



REQUERIMIENTOS AGROECOLÓGICOS DE CULTIVOS

2DA EDICIÓN

JOSÉ ARIEL RUIZ CORRAL, GUILLERMO MEDINA GARCÍA, IRMA JULIETA GONZÁLEZ ACUÑA,
HUGO ERNESTO FLORES LÓPEZ, GABRIELA RAMÍREZ OJEDA, CEFERINO ORTIZ TREJO,
KEIR FRANCISCO BYERLY MURPHY, RAMÓN ARMANDO MARTÍNEZ PARRA

DIRECTORIO INSTITUCIONAL

SECRETARÍA DE AGRICULTURA, GANADERÍA, DESARROLLO RURAL, PESCA Y ALIMENTACIÓN

LIC. ENRIQUE MARTÍNEZ Y MARTÍNEZ

Secretario

LIC. JESÚS AGUILAR PADILLA

Subsecretario de Agricultura

PROF. ARTURO OSORNIO SÁNCHEZ

Subsecretario de Desarrollo Rural

LIC. RICARDO AGUILAR CASTILLO

Subsecretario de Alimentación y Competitividad

ING. JAVIER GUIZAR MACÍAS

Delegado de la SAGARPA en Jalisco

INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES FORESTALES, AGRÍCOLAS Y PECUARIAS

DR. PEDRO BRAJCICH GALLEGOS

Director General

DR. SALVADOR FERNÁNDEZ RIVERA

Coordinador de Investigación, Innovación y Vinculación

MSc. ARTURO CRUZ VÁZQUEZ

Coordinador de Planeación y Desarrollo

LIC. LUIS CARLOS GUTIÉRREZ JAIME

Coordinador de Administración y Sistemas

LIC. JUAN DAVID ÁLVAREZ AGUILAR

Director General Adjunto de la Unidad Jurídica

CENTRO DE INVESTIGACIÓN REGIONAL DEL PACÍFICO CENTRO

DR. JOSE ANTONIO RENTERIA FLORES

Director Regional

DR. GERARDO SALAZAR GUTIÉRREZ

Director de Investigación

M.C. PRIMITIVO DÍAZ MEDEROS

Director de Planeación y Desarrollo

LIC. MIGUEL MÉNDEZ GONZÁLEZ

Director de Administración

M.C. RAMÓN HERNÁNDEZ VIRGEN

Jefe del Campo Experimental Centro Altos de Jalisco

REQUERIMIENTOS AGROECOLÓGICOS DE CULTIVOS

Dr. José Ariel Ruiz Corral

*Programa Agrometeorología y Modelaje
C.E. Centro Altos de Jalisco. CIRPAC.*

Dr. Guillermo Medina García

*Programa Agrometeorología y Modelaje
C.E. Zacatecas. CIRNOC*

Dra. Irma Julieta González Acuña

*Programa de Agrometeorología y Modelaje
C.E. Santiago Ixcuintla. CIRPAC.*

Dr. Hugo Ernesto Flores López

*Programa Manejo Integral de Cuencas
C.E. Centro Altos de Jalisco. CIRPAC.*

Biol. Gabriela Ramírez Ojeda

*Programa de Agrometeorología y Modelaje
C.E. Centro Altos de Jalisco. CIRPAC.*

M.C. Ceferino Ortiz Trejo

*Coordinación de Investigación, Innovación y Vinculación
Oficinas Centrales*

Dr. Keir Francisco Byerly Murphy

Ex-investigador. INIFAP.

Dr. Ramón Armando Martínez Parra

Ex-investigador. INIFAP.

Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias
Centro de Investigación Regional Pacífico Centro
Campo Experimental Centro Altos de Jalisco

Libro Técnico Núm. 3, ISBN: 978-607-37-0188-4
Noviembre 2013

REQUERIMIENTOS AGROECOLÓGICOS DE CULTIVOS

No está permitida la reproducción total o parcial de esta publicación, ni la transmisión de ninguna forma o por cualquier medio, ya sea electrónico, mecánico, fotocopia, por registro u otros métodos, sin el permiso previo y por escrito del titular.

Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias
Progreso Núm. 5, Col. Barrio Santa Catarina, Delegación Coyoacán
04010 México, D.F.
Tel. 55-38718700

Primera edición: Diciembre 1999
ISBN: 968-800-471-5
Segunda edición: Noviembre 2013
ISBN: 978-607-37-0188-4

Impreso en México

Libro Técnico Núm. 3, Noviembre, 2013

Campo Experimental Centro Altos de Jalisco
Km 8 Carretera Tepatitlán-Lagos de Moreno
47600 Tepatitlán de Morelos, Jalisco
Apartado Postal Núm. 56, Tepatitlán de Morelos, Jalisco
Tel. y Fax. 378-7820355

La presente publicación se terminó de imprimir en el mes de Noviembre de 2013 en los Talleres Gráficos de Prometo Editores, S. A. de C.V. Libertad 1457, Col. Americana, Guadajajara, Jalisco. CP. 44160 Tel: 01 (33) 38262782.

Su tiraje consta de 2000 ejemplares

La cita correcta de esta obra es:

Ruiz C., J.A., G. Medina G., I. J. González A., H.E. Flores L., G. Ramírez O., C. Ortiz T., K.F. Byerly M. y R.A. Martínez P. 2013. Requerimientos agroecológicos de cultivos. Segunda Edición. Libro Técnico Núm. 3. INIFAP. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias-CIRPAC-Campo Experimental Centro Altos de Jalisco. Tepatitlán de Morelos, Jalisco, México. 564 p.

CRÉDITOS FOTOGRÁFICOS:

Se agradece a los autores de las siguientes fotografías, su autorización para utilizadas en la ilustración de la presente obra.

IVÁN CALVO VILLEGAS (INTA, COSTA RICA): Acerola.

RUBÉN CHÁVEZ CAMACHO (INIFAP): Pitaya.

COOK ISLANDS NATURAL HERITAGE TRUST AND GERALD McCORMACK: Yuca.

JOSÉ GRAGEGA GRAGEDA (INIFAP): Ajo, calabacita, cártamo, fresa, naranja y tomate de cácara.

INTA (ARGENTINA): Lenteja.

LYNN KETCHUM (OREGON STATE UNIVERSITY): Avellana.

HECTOR MIGUEL OLIVARES SOTO (INIFAP): Zorzamora.

MARIO OROZCO SANTOS (INIFAP): Tamarindo, arándano, frambuesa y mandarina.

MERCEDES PÉREZ DE AZKUE (FONAIAP, VENEZUELA): Vainilla.

RAÚL RÍOS (INIFAP): Lechuga.

DAVID STANG (TROPICOS.ORG): Tomillo

CÉSAR VALENZUELA SOLANO (INIFAP): Olivo.

PABLO VERNAL (FAO LATINOAMERICA): Kiwi.

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	1
ACELGA	3
ACEROLA	6
AGAVE PULQUERO	9
AGAVE TEQUILERO	12
AGUACATE	16
AJO	21
AJONJOLÍ	25
ALCACHOFA	28
ALGODÓN	31
ALMENDRO	35
AMARANTO	39
ANÍS.....	44
APIO	46
ARÁNDANO	50
ARROZ	53
AVE DE PARAÍSO	57
AVELLANA	59
AVENA	62
BERENJENA	66
BETABEL	70
BRÓCOLI	74
CACAHUATE	78
CACAO	83
CAFÉ	87
CALABACITA	94
CALABAZA	97
CAMOTE	100
CANELA	105
CANOLA	107
CAÑA DE AZÚCAR	112
CARAMBOLO	117
CÁRTAMO	120
CEBADA	124
CEBOLLA	127
CEMPAZÚCHITL	132
CHABACANO	135
CHAYOTE	139
CHÍA	143
CHÍCHARO	145
CHICOZAPOTE	149
CHILE DE ÁRBOL	152
CHILE DULCE	154

CHILE HABANERO	161
CHIRIMOYA	164
CILANTRO	167
CIRUELA MEXICANA	170
CIRUELO EUROPEO	173
COCOTERO	178
COL	183
COLIFLOR	187
DURAZNO	190
ESPÁRRAGO	196
ESPINACA	199
FRAMBUESA	202
FRESA	206
FRIJOL	211
GARBANZO	218
GERBERA	223
GIRASOL	227
GLADIOLA	232
GRANADA	236
GUANÁBANA	238
GUAYABA	241
GUAYABA FRESA	245
HABA	247
HIERBABUENA	252
HIGO	254
HIGUERILLA	257
HULE	260
JACA	263
JAMAICA	267
JATROPHA	271
JÍCAMA	274
KIWI	278
LECHUGA	283
LENTEJA	286
LIMA	290
LIMÓN	293
LITCHI	297
MACADAMIA	301
MAÍZ	305
MAMEY	312
MANDARINA	314
MANGO	317

MANGOSTAN	321
MANZANO	324
MARACUYÁ	330
MELON	333
NANCHE	337
NARANJA	339
NOGAL	344
NOPAL	349
OKRA	355
OLIVO	359
ORÉGANO	363
PALMA DE ACEITE	366
PAPA	370
PAPAYA	376
PEPINO	380
PERA	384
PEREJIL	390
PIMIENTA	393
PIÑA	395
PISTACHO	400
PITAHAYA	403
PITAYA	406
PLÁTANO	408
RÁBANO	413
RAMBUTÁN	416
ROSA	419
SANDÍA	422
SORGO	426
SOYA	430
STEVIA	437
TABACO	441
TAMARINDO	446
TOMATE	450
TOMATE DE CÁSCARA	456
TOMILLO	459
TORONJA	461
TRIGO	464
VAINILLA	470
VID	472
YUCA	478
ZANAHORIA	482
ZARZAMORA	486
BIBLIOGRAFÍA	489

PRESENTACIÓN

Para satisfacer la demanda de alimentos de la población a nivel mundial, la FAO ha estimado que se requiere incrementar su producción en un 40% para 2020 y en un 100% para 2050, esto para poder alimentar 9 billones de personas. A nivel nacional, en México se requiere reducir la dependencia agroalimentaria del exterior con relación a varios cultivos, lo que además le cuesta al país miles de millones de dólares.

*La producción agroalimentaria depende del uso y manejo adecuado de los recursos del suelo y del clima para obtener la mejor productividad agrícola. Ante este escenario, el presente libro sobre **Requerimientos Agroecológicos de Cultivos** preparado por el Dr. Ariel Ruiz Corral y colaboradores, proporciona información, fiable y reciente sobre requerimientos climáticos, de suelo y nutricionales, así como del impacto del cambio climático, para 126 cultivos, que incluyen: granos alimenticios, hortalizas, frutales, cultivos agroindustriales, especias, hierbas aromáticas, frutos secos y flores.*

La presente obra ofrece amplia información sobre los requerimientos climáticos de los cultivos anteriores, tales como: temperatura, radiación solar, agua, humedad relativa y fotoperiodo, necesarios para la zonificación correcta de las diferentes especies agrícolas en regiones donde dichos requerimientos se satisfacen y los cultivos y variedades pueden expresar su potencial de rendimiento. La calidad y tipo de suelo es otro requerimiento básico para realizar una buena planeación agrícola de cultivos, a este respecto, el libro ofrece información sobre requerimientos de los cultivos referentes a pH, textura del suelo, profundidad, drenaje del suelo, exposición del terreno y niveles tolerables de salinidad y/o sodio del suelo. La obra proporciona asimismo información sobre las necesidades nutricionales de los cultivos, tanto de elementos mayores como de micronutrientes.

Ante los retos que presentan la variabilidad y el cambio climático manifestados con la presencia mas frecuente e intensa de sequías, excesos de humedad, temperaturas altas, heladas, vientos fuertes, etc., se requiere la práctica de una agricultura menos expuesta a tales riesgos climáticos y más basada en conocimientos científicos y en el uso racional y sustentable de insumos agrícolas. En respuesta a este reto, el libro ofrece valiosa información actualizada sobre la respuesta al cambio climático de las 126 especies incluidas, caracterizada por: 1) su respuesta a ambientes con mayores concentraciones de CO₂; 2) habilidad para capturar carbono; 3) respuesta a ozono; 4) resistencia a sequía; y 5) tolerancia a altas temperaturas, todos ellos importantes elementos a considerar en el diseño y puesta en marcha de programas agrícolas de adaptación al cambio climático.

*Por lo anterior, se considera que el libro **Requerimientos Agroecológicos de Cultivos**, es una obra de consulta indispensable para todos los profesionales de la agronomía, estudiantes, productores agrícolas, extensionistas agrícolas, planificadores agrícolas, instituciones estatales o federales responsables del desarrollo y producción agrícola, instituciones académicas y empresas agropecuarias y agroindustriales. La aplicación de la información contenida en este libro, contribuirá sin duda a reducir la dependencia agroalimentaria del exterior, y al beneficio de los productores agrícolas.*

Francisco Villalpando

Dr. en Agrometeorología

INTRODUCCIÓN

El conocimiento de las necesidades edafoclimáticas de los cultivos constituye una condición clave para desarrollar con éxito sistemas de producción agrícola.

Las condiciones ambientales ejercen una influencia determinante en el desarrollo y productividad de las especies de cultivo. Cuando se analiza el entorno ambiental de una parcela de producción, necesariamente se le debe considerar bajo la óptica de un sistema continuo suelo-planta-atmósfera, con la influencia de componentes climáticos, edáficos y de manejo del cultivo, así como sus interacciones.

Los insumos ambientales básicos para el crecimiento y desarrollo de las plantas son el dióxido de carbono, el agua, la luz y la temperatura.

El dióxido de carbono y la luz (radiación fotosintéticamente activa) son la materia prima para realizar la fotosíntesis, proceso mediante el cual la planta transforma la energía luminosa en energía química produciendo carbohidratos.

El agua es un elemento fundamental para la vida de las plantas, más de tres cuartas partes de sus tejidos es agua. La actividad celular se reduce al mínimo cuando el agua escasea de manera significativa en el ambiente. La productividad de los cultivos está estrechamente asociada a la disponibilidad de humedad en los ambientes de producción, ya que ésta juega un papel determinante en la transpiración y fotosíntesis de los cultivos al regular la actividad estomática; el agua además es el solvente primario en procesos fisiológicos por medio de los cuales gases, minerales y otros materiales entran a las células de la planta y son translocados a varias partes de la planta (Ulukan, 2008). Por último, la temperatura es determinante en la sucesión y velocidad de las reacciones bioquímicas que se llevan a cabo en los laboratorios internos de las plantas. Determina la adaptación, distribución, crecimiento y desarrollo de los cultivos. La temperatura además directamente afecta la fotosíntesis, respiración, la permeabilidad de la pared celular, la absorción de agua y nutrimentos, la transpiración, la actividad enzimática y la coagulación de proteínas (Dinesh y Reddy, 2012). Estos insumos ambientales básicos se alteran tanto por la influencia de factores como de elementos climáticos. El cambio climático también altera el suministro de los insumos ambientales para los cultivos.

Los tiempos actuales y en especial los futuros, imponen la necesidad de practicar una agricultura más productiva y con un menor nivel de riesgo. La estrategia más clara y precisa es aquella que implica la producción de cultivos en ambientes que provean condiciones que satisfagan los requerimientos agroecológicos de las plantas.

Lo anterior lleva a la necesidad de practicar una zonificación de cultivos que permita identificar áreas y épocas con diferente nivel de aptitud agroecológica, desde las marginales, en donde el cultivo difícilmente satisface sus necesidades ecológicas, hasta las óptimas, donde el cultivo satisface íntegramente tales exigencias. De aquí la importancia de contar con una caracterización de los requerimientos ambientales de los cultivos. La definición de estos requerimientos no es una tarea fácil, ya que implica cierto nivel de especificidad, pues pueden ser caracterizados en función de la especie, el genotipo o determinada etapa fenológica.

Aun cuando en esta obra se priorizó la información a nivel de especie y etapa fenológica, la información a nivel genotípica, cuando estuvo disponible, también fue incluida, sobre todo en cultivos donde la diversidad de genotipos es reducida.

Otro factor que puede influir en la variación de los requerimientos ambientales de los cultivos es la aclimatación. Todas las plantas presentan requerimientos ambientales acordes a la región o regiones donde se han originado. De acuerdo con este criterio, los cultivos se pueden agrupar de manera general en tropicales, subtropicales y templados. Cuando las especies vegetales son trasladadas de su lugar de origen para ser cultivadas en otras áreas, con frecuencia tiene lugar un proceso de aclimatación mediante el cual la especie se adapta a las nuevas condiciones ambientales. Sin embargo, este proceso por lo general tiene implicaciones relacionadas con una variación de los requerimientos agroecológicos de la especie. Es así como un cultivo tropical por ejemplo, puede adaptarse a ambientes subtropicales e incluso templados.

Con base en lo anterior, queda claro que la caracterización de los requerimientos ambientales es un tema de constante actualización. No obstante estas puntualizaciones, en el contexto del presente trabajo se consideró que la caracterización de los requerimientos agroecológicos de los cultivos aún a nivel de especie es de gran utilidad, ya que representa un punto de partida para cumplir en primera instancia con tal objetivo. La presente publicación, incluye las monografías sintéticas para 126 cultivos, considerados entre los de mayor importancia económica para la agricultura. Cada monografía consta de cuatro temas: características generales, requerimientos climáticos, requerimientos de suelo y características de respuesta al cambio climático.

El primero tema incluye nombre científico, familia, nombres comunes, origen, distribución, adaptación, ciclo vegetativo y tipo fotosintético. El segundo trata los requerimientos de fotoperíodo, altitud, precipitación, humedad ambiental, temperatura y luz; en algunos casos se incluye una descripción del viento como factor de riesgo climático.

El tercer tema trata acerca de los requerimientos de textura, profundidad del suelo, salinidad, pH, pendiente, exposición de terreno, drenaje y fertilidad en términos de requerimientos nutricionales de los cultivos.

El cuarto tema se refiere a las características de respuesta al cambio climático. Esta sección se incluye para contribuir a la bases de conocimiento que se requieren para el diseño de medidas de adaptación al cambio climático por parte de los sistemas de producción. Incluye las características: respuesta a ambientes enriquecidos de CO₂, captura de carbono, respuesta a ozono, resistencia a sequía y tolerancia a altas temperaturas.

Como podrá verse en el interior de este documento, las monografías por cultivo fueron desarrolladas con diferente nivel de detalle, principalmente como consecuencia de la información disponible en cada especie. Esto refleja el grado de avance que se tiene por especie con relación a esta tarea y, por tanto, se constituye como un diagnóstico para la identificación de aquéllos cultivos en los que aún hace falta realizar investigación al respecto.

Es la intención de los autores, que la presente publicación se constituya como una fuente de información confiable con relación a los requerimientos agroecológicos de los cultivos, y, sea de utilidad y contribuya a incrementar el nivel de conocimiento de las relaciones que el clima guarda con la adaptación, crecimiento, desarrollo y producción de los cultivos.

ACELGA



CARACTERÍSTICAS DESCRIPTIVAS

Nombre científico:	<i>Beta vulgaris</i> L. Var. Cicla.
Nombres comunes:	Acelga.
Familia:	Chenopodiaceae.
Origen:	Región Mediterránea e Islas Canarias (Vavilov, 1951).
Distribución:	Latitudinalmente se encuentra en condiciones óptimas entre los 30° LN y 10° LS, pudiéndose encontrar a los 45° y 60° (FAO, 2000).
Adaptación:	Se adapta a regiones con clima tropical subhúmedo y seco (Aw), estepario o semiárido (BS), subtropical húmedo (Cf), subtropical con veranos secos (Cs), subtropical con inviernos secos (Cw), templado oceánico (Do), templado continental (Dc), templado con inviernos húmedos (Df) y templado con inviernos secos (Dw) (FAO, 2000).
Ciclo de madurez:	Bianual. El cultivo tiene un ciclo vegetativo de 50-150 días (FAO, 2000).
Tipo fotosintético:	C ₃ .

REQUERIMIENTOS CLIMÁTICOS

Altitud:	Se le ha cultivado hasta cerca de los 3500 m de altitud.
Fotoperíodo:	Especie de día largo (más de 14 horas luz) (FAO, 2000).

Radiación (luz):	Presenta un bajo requerimiento de luz solar. No requiere de excesiva luminosidad (Yuste, 1997a).
Temperatura:	La acelga se hiela cuando se presentan temperaturas menores a -5°C, deteniéndose su desarrollo cuando las temperaturas bajan de 5°C. El desarrollo se da con temperaturas entre 7 y 30-35°C. El rango térmico óptimo va de 15 a 25°C. La temperatura de germinación es de 5°C como mínimo, 27-33°C como temperatura máxima, con un óptimo de 18-22°C (Yuste, 1997a). Temperatura óptima de 15 a 25°C, tolerando temperaturas mínimas de 5°C y máximas de 35°C (FAO, 2000). Desarrolla satisfactoriamente en climas templados y fríos con temperatura promedio de 13 a 20°C (Martínez <i>et al.</i> , 2003).
Precipitación (agua):	En condiciones de temporal, esta hortaliza puede desarrollar bajo un rango de precipitación acumulada anual de 500 a 1000 mm, aunque el óptimo son 800 mm (FAO, 2000).
Humedad relativa:	Le favorecen sitios con alta humedad relativa (UNALM, 2000). Para conservación después de cosecha, se requiere humedad relativa entre el 80 y 90% (Martínez <i>et al.</i> , 2003). Las condiciones de conservación en cámara frigorífica son 0°C y 90-95% de humedad relativa (Yuste, 1997a).

REQUERIMIENTOS EDÁFICOS

Profundidad de suelo:	Se puede desarrollar en suelos desde 20 cm de profundidad, aunque le son óptimos los que tienen una profundidad de 50 a 150 cm (FAO, 2000).
Textura:	Preferentemente suelos con texturas medias, aunque puede desarrollarse sobre suelos pesados y ligeros (FAO, 2000).
Drenaje:	Le son favorables suelos con buen drenaje (FAO, 2000).
pH:	Óptimo de 6 a 6.5, con valores extremos de 5.5 y 8.3 (FAO, 2000).
Salinidad/Sodicidad:	Presenta moderada tolerancia a sales (4-10 dS m ⁻¹), aunque la condición óptima para el cultivo es de <4 dS m ⁻¹ (FAO, 2000).
Fertilidad y química del suelo:	Aunque tolera suelos con fertilidad moderada, esta especie prefiere altos niveles de fertilidad (FAO, 2000).

CARACTERÍSTICAS DE RESPUESTA AL CAMBIO CLIMÁTICO

Respuesta a ambientes enriquecidos de CO₂:	La fotosíntesis aumenta entre 40 y 130% cuando la concentración de CO ₂ se incrementa en 300 ppm (Romanova <i>et al.</i> , Ignatova <i>et al.</i> , Burkart <i>et al.</i> ; citados por CSCDGC, 2013).
--	---

Captura de carbono:	Una producción de 3.67 kg m ² en fresco (Comese <i>et al.</i> , 2009), con un contenido de humedad de 90.3% (Costa <i>et al.</i> , 2003) produce 2.8 t ha ⁻¹ de materia seca. Con el factor de conversión a carbono (0.47% de materia seca; Montero <i>et al.</i> , 2004), se estima una captura de 1.316 t ha ⁻¹ año ⁻¹ de carbono.
Respuesta a ozono:	El ozono produce lesiones cloróticas, muy delimitadas, internerviales, que se aprecian inicialmente en la parte apical de las hojas más viejas. No traspasan al envés de la hoja y no evolucionan a necrosis. En estados avanzados se observa una clorosis generalizada de las hojas que puede llegar a enmascarar las lesiones observadas inicialmente (Sanz <i>et al.</i> , 2001).
Resistencia a sequía:	Existen diferencias significativas entre genotipos con relación a la susceptibilidad a la sequía, por lo que es factible contar con variedades tolerantes a la sequía (Ober y Luterbacher, 2002) para hacer frente al cambio climático.
Tolerancia a altas temperaturas:	No sobrevive en ambientes con temperaturas que superen los 33°C.

ACEROLA



Fotografía con la autorización de Iván Calvo Villegas (INTA, Costa Rica)

CARACTERÍSTICAS DESCRIPTIVAS

Nombre científico:	<i>Malpighia glabra</i> L. = <i>Malpighia puniceifolia</i> L.
Nombres comunes:	Acerolo, semeruco, cereza colorada, cereza de Las Antillas, cereza de Barbados.
Familia:	Malpighiaceae.
Origen:	Sur de México (región bañada por el mar de Las Antillas), América Central y zona septentrional de Sudamérica (Mezadri <i>et al.</i> , 2006). Del sur de Estados Unidos (Texas) y las Antillas hasta Brasil y Bolivia (Chízar <i>et al.</i> , 2009). Originaria de las Indias Occidentales, América Tropical y la región que va desde las tierras bajas de México al Sureste de Texas (Orduz y Rangel, 2002).
Distribución:	30° LN a 35°LS (Anderson, 2007).
Adaptación:	La acerola es típica de zonas áridas y boscosas, zonas de clima tropical y subtropical (Orduz y Rangel, 2002; Mezadri <i>et al.</i> , 2006). Es un cultivo de trópico seco (Calvo, 2007). Se adapta a condiciones de trópico húmedo y trópico seco (FAO, 2000).
Ciclo de madurez:	Esta especie es una planta perenne con un ciclo de producción de 270 a 365 días (FAO, 2000).
Tipo fotosintético:	C ₃ .

REQUERIMIENTOS CLIMÁTICOS

Altitud:	150-1100 msnm; sin embargo los frutos con mayor concentración de ácido ascórbico (Vitamina C) se producen en altitudes inferiores a los 1000 m (Calvo, 2007). 0-600 msnm (Chízar, 2009).
Fotoperíodo:	Existen cultivares de día largo (>14 h), neutro (12-14 h) y corto (<12 h) (FAO, 2000).
Radiación (luz):	Requiere sitios con buena luminosidad (FAO, 2000).
Temperatura:	El rango ideal de temperatura diurna se encuentra entre los 15 y 32°C, mientras que las temperaturas nocturnas no deben ser inferiores a 15°C (Calvo, 2007). No tolera temperaturas de menos de 7°C por largos periodos de tiempo (Orduz y Rangel, 2002). La temperatura óptima está entre 24 y 30°C, con un rango de 5-34°C. La temperatura letal mínima en plantas jóvenes es de -1°C (FAO, 2000). La temperatura más alta de congelación es -1.4 °C (FAO, 2006).
Precipitación (agua):	Requiere una precipitación anual entre 1200 y 2000 mm (Calvo, 2007). El rango de precipitación anual acumulada va de los 700 a los 2400 mm, con un valor óptimo de 1300 a 2000 mm (FAO, 2000). Rango de 1200 a 1600 mm (De Assis <i>et al.</i> , 2008). Desarrolla bien con 1000 a 2000 mm de precipitación al año (Orduz y Rangel, 2002).
Humedad relativa:	Requiere de un 85 a 90% de humedad relativa como condición óptima para almacenamiento (Siller <i>et al.</i> , 2002).
Viento:	Un factor importante a considerar a la hora de cultivar acerolo, es evitar aquellos lugares muy expuestos a fuertes vientos, lo cual obliga a considerar una serie de aspectos durante la planificación de la futura siembra, ya que el arbusto puede sufrir quebraduras en tronco y/o ramas, así como caída de flores y frutos. Es recomendable la siembra de árboles rompe-vientos para aquellas zonas expuestas a estas condiciones, o que las pueden sufrir en ciertas épocas del año (Calvo, 2007).

REQUERIMIENTOS EDÁFICOS

Profundidad de suelo:	Requiere de suelos con profundidad mayor a 50 cm, pero le resultan óptimos los mayores a 150 cm (FAO, 2000).
Textura:	Prefiere suelos de fertilidad media y de tipo arcillo-arenosos, debido a su capacidad de retención de humedad (Calvo, 2007).

Drenaje:	Los son favorables suelos con buen drenaje (FAO, 2000).
pH:	El pH del suelo debe estar preferentemente entre 4.5 y 6.5 (Calvo, 2007). El rango de pH está entre 5 y 8, con un óptimo de 5.5 a 7.5 (FAO, 2000).
Salinidad/Sodicidad:	Es poco tolerante a la presencia de sales en el suelo, ya que éstas deben estar por debajo de 4 dS m ⁻¹ (FAO, 2000).
Fertilidad y química del suelo:	Responde a la aplicación de fertilizantes, se recomienda determinar fórmula, dosis y épocas de aplicación para diferentes suelos, tomando en cuenta su análisis. En general la acerola prefiere suelos de fertilidad media (Calvo, 2007). El uso de materia orgánica es deseable, especialmente en suelos arenosos (Orduz y Rangel, 2002).

CARACTERÍSTICAS DE RESPUESTA AL CAMBIO CLIMÁTICO

Respuesta a ambientes enriquecidos de CO₂:	Las concentraciones elevadas de CO ₂ suprimen el desarrollo de pudriciones. La atmósfera modificada que se genera dentro del mismo empaque ha resultado un éxito para este producto. Las atmósferas benéficas generalmente se encuentran dentro de los siguientes intervalos: 3 a 10% O ₂ , 10 a 15% CO ₂ . Si la concentración de O ₂ es menor del 1%, puede producir depresiones en la piel o picado y sabores desagradables. Si la concentración de CO ₂ es mayor del 30% puede producir pardeamiento de la piel y sabores desagradables (FAO, 2006).
Captura de carbono:	Presenta buen potencial para la captura de carbono (Bellefontaine <i>et al.</i> , 2007). Sin embargo, en ambientes no muy favorables, como en montes espinosos tropicales su producción de materia seca puede reducirse a niveles tan bajos como 923 kg ha ⁻¹ (Virguez <i>et al.</i> , 2006) lo que equivale a 434 kg ha ⁻¹ de carbono, considerando un factor de conversión materia seca-carbono de 0.47 (Montero <i>et al.</i> , 2004).
Resistencia a sequía:	Algunos arbustos soportan hasta 3 meses sin riego, experimentando, sin embargo, pérdida de follaje y en algunos casos floración raquítica, sin llegar a presentar mortalidad (Calvo, 2007). La acerola tolera la sequía pero su floración es inducida en presencia de humedad cada 20 días desde abril a noviembre (Oliva <i>et al.</i> , 2009).
Tolerancia a altas temperaturas:	Le resultan muy dañinas las temperaturas por arriba de 34°C (FAO, 2000), sobre todo con una duración por más de 2 horas.

AGAVE PULQUERO



CARACTERÍSTICAS DESCRIPTIVAS

Nombre científico:	<i>Agave salmiana</i> Otto.
Nombres comunes:	Agave, Agave pulquero, maguey.
Familia:	Agavaceae.
Origen:	Altiplano mexicano (Flores <i>et al.</i> , 2009; Reynoso <i>et al.</i> , 2012).
Distribución:	18-25° LN.
Adaptación:	Regiones subtropicales semiáridas templadas y semicálidas. Climas secos BS ₁ a BS ₀ (Aguirre <i>et al.</i> , 2001).
Ciclo de madurez:	Semiperenne.
Tipo fotosintético:	CAM.

REQUERIMIENTOS CLIMÁTICOS

Altitud:	1,200 a 2,500 m (Flores <i>et al.</i> , 2009). Puede cultivarse con éxito desde los 1,000 a 2,250 m (Aguirre <i>et al.</i> , 2001).
Fotoperíodo:	El fotoperíodo de las zonas productoras va de 10.5 a 13.5 h.

Radiación (luz):	Prefiere días soleados la mayor parte del año. La evaluación estacional de la actividad fotosintética de los agaves como <i>Agave tequilana</i> ha revelado valores fotosintéticos altos, pero en general, los agaves dependen más de la temperatura nocturna que de la luz (Ruiz, 2007).
Temperatura:	El régimen térmico puede ser de templado a semicálido extremo, con temperatura promedio de 16 a 22°C. La temperatura mínima en el invierno, menor o igual a -12°C, puede dañar la punta de la hoja, pero puede recuperarse; en la primavera o verano tolera temperaturas promedio de 26°C o temperaturas diarias de hasta 35°C (Aguirre <i>et al.</i> , 2001). Puede tolerar temperaturas de hasta -15°C (Jacquemin, 2000, 2001).
Precipitación (agua):	En las regiones productoras del altiplano mexicano se produce con una precipitación anual de 350 a 1000 mm anuales (Flores <i>et al.</i> , 2009). Requiere una precipitación de 320 a 720 mm anuales, con 90 a 95% de la lluvia en el verano y el resto en invierno (Aguirre <i>et al.</i> , 2001).
Humedad relativa:	Prospera en regiones con atmósfera seca a moderadamente seca en la mayor parte del año (Flores <i>et al.</i> , 2009).

REQUERIMIENTOS EDÁFICOS

Profundidad de suelo:	Los agaves se pueden desarrollar adecuadamente en suelos delgados o profundos (FAO, 1994). Esta especie puede crecer en pisos de valle rocosos, laderas de cerro, abanicos aluviales (Aguirre <i>et al.</i> , 2001).
Textura:	Los agaves prefieren suelos de textura media, por ejemplo suelos francos, franco-arenosos o franco-arcillosos. Aunque en zonas con baja precipitación prefieren suelos con mayor retención de humedad, es decir suelos de textura pesada (FAO, 1994), como arcillosos o limo-arcillosos.
Drenaje:	Requiere suelos con drenaje bueno a excelente (FAO, 1994).
pH:	Los agaves prosperan en un rango de pH de 6.0 a 8.0 (FAO, 1994; Porta <i>et al.</i> , 1998). No son recomendables suelos con problemas de acidez o alcalinidad (FAO, 1994).
Exposición del terreno:	En regiones de altitud superior a 1800–2000 m, no se recomienda plantar agave en las partes bajas de ladera, donde comúnmente, se presentan asentamientos de aire muy frío (Flores <i>et al.</i> , 2009).
Pendiente del terreno:	De 0 a 15 % (CP, 1982).
Salinidad/Sodicidad:	El género <i>Agave</i> presenta una ligera a intermedia tolerancia a sales (FAO, 1994). No tolera suelos con problemas de sales o sodio (Aguirre <i>et al.</i> , 2001).

CARACTERÍSTICAS DE RESPUESTA AL CAMBIO CLIMÁTICO

Respuesta a ambientes enriquecidos de CO₂:	Al incrementarse el contenido de CO ₂ en la atmósfera en 300 ppm, la fotosíntesis se incrementa entre 30 (cámara de ambiente controlado) y 49% (cámaras abiertas en campo) (Nobel, 1996; Nobel <i>et al.</i> , 1996).
Captura de carbono:	Después de 4.5 meses de crecimiento a 730 μmol CO ₂ mol ⁻¹ , las plantas de <i>A. salmiana</i> produjeron 55% más hojas desdobladas y 52% más biomasa fresca que cuando se cultivaron a 370 μmol CO ₂ mol ⁻¹ . También ocurrió substancialmente más fijación de CO ₂ durante el periodo tarde-noche, resultando en 59% más de absorción neta diaria de CO ₂ (Nobel <i>et al.</i> , 1996). La tasa de fijación de CO ₂ de <i>A. salmiana</i> es de 29 μmol m ⁻² s ⁻¹ (Nobel, 1998).
Resistencia a sequía:	El tipo fotosintético CAM, hace del genero <i>Agave</i> una planta resistente a la sequía (Nobel, 1998). La pérdida de agua en plantas de <i>A. mapisaga</i> es de 230 moles de agua m ⁻² s ⁻¹ en 24 horas, y la eficiencia en el uso de agua es de 3 a 4 veces mayor que en cultivos de maíz o frijol (José y García, 2000).
Tolerancia a altas temperaturas:	Tolera temperaturas diarias de hasta 35°C (Aguirre <i>et al.</i> , 2001).

AGAVE TEQUILERO



CARACTERÍSTICAS DESCRIPTIVAS

Nombre científico:	<i>Agave tequilana</i> Weber Var. Azul.
Nombres comunes:	Agave, agave azul, maguey tequilero, agave tequilero.
Familia:	Agavaceae.
Origen:	Norteamérica (Nobel, 1998).
Distribución:	5-25° LN.
Adaptación:	Regiones subtropicales semiáridas templadas, semicálidas y cálidas (Ruiz <i>et al.</i> , 1997).
Ciclo de madurez:	Semiperenne.
Tipo fotosintético:	CAM.

REQUERIMIENTOS CLIMÁTICOS

Altitud:	1000 a 2400 m.
Fotoperíodo:	El fotoperíodo observado en las áreas productoras va de 10.5 a 13.6 horas.
Radiación (luz):	Prefiere días soleados la mayor parte del año. La evaluación estacional de la actividad fotosintética del <i>Agave tequilana</i> ha revelado valores fotosintéticos altos, pero esto depende más de la temperatura nocturna que de la luz (Ruiz, 2007).

- Temperatura:** Presenta una pobre tolerancia a las bajas temperaturas. La absorción celular se reduce a la mitad cuando las temperaturas descienden al nivel de -6°C . El agave que es menos tolerante a bajas temperaturas (*Agave sisalana*) reduce a la mitad su absorción celular a -6.4°C y los dos agaves más tolerantes (*Agave parryi* y *Agave utahensis*) reducen su absorción celular a -19°C . Por esta razón *Agave tequilana* probablemente no puede ser cultivado en regiones donde ocasionalmente ocurren temperaturas de -7°C o inferiores. Por otro lado, la hoja de este agave puede tolerar temperaturas de hasta 55°C (Nobel *et al.*, 1998). Trece de las 19 especies de agave que han sido examinadas a la fecha, presentan mayor tolerancia a las bajas temperaturas que *Agave tequilana* (Nobel, 1988; Nobel *et al.*, 1998). El agave presenta un Q_{10} (Incremento fraccional de la respiración por cada incremento de 10°C en la temperatura del aire) promedio de 2.17 al pasar de 5 a 15°C , 2.55 al pasar de 15 a 25°C y 2.67 de 25 a 35°C (Nobel *et al.*, 1998). La temperatura base de desarrollo de agave es de 11°C , requiriendo 85 unidades calor para la emisión de una hoja en agaves de 1 año y 45 unidades calor en agaves de 7 años (Flores *et al.*, 1999). La temperatura óptima nocturna es de 11 a 21°C , subóptima de -1 a 11°C , supraóptima de 21 a 28°C y marginal menor a -1°C y mayor de 28°C (Ruiz, 2007).
- Precipitación (agua):** En las regiones productoras más importantes de agave, localizadas en el estado de Jalisco, México, la precipitación anual va de 700 a 1000 mm (Ruiz *et al.*, 1997; Flores *et al.*, 2002). Las zonas con potencial agroecológico óptimo tienen un rango de precipitación de 600 a 1500 mm anuales, las subóptimas de 1500 a 2000 mm anuales y las marginales tienen una precipitación menor que 600 y mayores que 1800 mm anuales (Ruiz, 2007).
- Humedad relativa:** Prospera en regiones con atmósfera seca a moderadamente seca en la mayor parte del año.

REQUERIMIENTOS EDÁFICOS

- Profundidad de suelo:** Los agaves pueden desarrollar adecuadamente en suelos delgados a profundos (FAO, 1994).
- Textura:** Los agaves prefieren suelos de textura media, por ejemplo suelos francos, franco-arenosos o franco-arcillosos. Aunque en zonas con baja precipitación prefieren suelos con mayor retención de humedad, es decir suelos de textura pesada (FAO, 1994), como arcillosos o limo-arcillosos.
- Drenaje:** Requiere suelos con drenaje bueno a excelente (FAO, 1994).

Exposición del terreno:	Dado que el <i>Agave tequilana</i> frecuentemente se cultiva en terrenos de ladera, es conveniente procurar no plantar en terrenos de ladera norte, sobre todo en regiones donde las heladas de tipo advectivo son frecuentes. En regiones de altitud superior a 1800–2000 m, tampoco se recomienda plantar agave en las partes bajas de ladera, donde comúnmente, se presentan asentamientos de aire muy frío.
Pendiente del terreno:	No es recomendable realizar plantaciones de agave en terrenos completamente planos, ya que en terrenos que se anegan, el cultivo corre el riesgo de presentar enfermedades fungosas. El máximo de pendiente recomendable para plantaciones es 15 %, (CP, 1982), siempre que no se ponga en riesgo el suelo por erosión, por lo que deberá tomarse en cuenta la realización de obras encaminadas a la conservación del suelo.
pH:	Los agaves prosperan en un rango de pH de 6.0 a 8.0 (FAO, 1994; Porta <i>et al.</i> , 1999). No son recomendables suelos con problemas de acidez o alcalinidad (FAO, 1994). El pH (CaCl ₂) en valores de referencia para el diagnóstico diferencial integrado, representa condiciones adecuadas para el agave cuando mantiene un valor de 5.89 a 7, es bajo cuando es menor a 3.5 y alto cuando supera el valor de 9.87 (Uvalle <i>et al.</i> , 2007).
Salinidad/Sodicidad:	El género <i>Agave</i> presenta una ligera a intermedia tolerancia a sales (FAO, 1994). La conductividad eléctrica en valores de referencia para el diagnóstico diferencial integrado, se encuentra en condiciones de suficiencia para <i>A. tequilana</i> cuando tiene un valor entre 1.20 y 1.41 dS m ⁻¹ , y es alta cuando su valor es mayor que 4 dS m ⁻¹ (Uvalle <i>et al.</i> , 2007).
Fertilidad y química del suelo:	Las condiciones suficientes de Nitrógeno nítrico para tejido vegetal están en el rango de 210 a 297.5 ppm, deficientes cuando es menor que 62.5 ppm y excesivo cuando este elemento supera las 500 ppm; para el Fósforo es suficiente en el rango de 0.25 a 0.36 ppm, deficiente menor a 0.08 ppm y excesivo superior a 0.60 ppm; para Potasio el rango de suficiencia va de 2.52 a 3.57 ppm, deficiente menor que 0.75 ppm y excesivo superior a 6.0 ppm (Uvalle y Vélez, 2007).

CARACTERÍSTICAS DE RESPUESTA AL CAMBIO CLIMÁTICO

Respuesta a ambientes enriquecidos de CO₂:	El incremento de la fotosíntesis por efecto de un aumento de 300 ppm en la concentración de CO ₂ atmosférico, se ha documentado en un rango de 30 a 75%, para las especies <i>A. salmiana</i> , <i>A. deserti</i> y <i>A. vilmoriniana</i> , con valores predominantes entre 30 y 50% de incremento (Nobel y Hartsock, 1986; Szarek <i>et al.</i> , 1987; Graham y Nobel, 1996; Nobel, 1996; Nobel <i>et al.</i> , 1996), por lo que para <i>A. tequilana</i> se podría esperar un incremento en la fotosíntesis entre 30 y 50%.
--	---

Captura de carbono:	<p>El agave mantiene ganancia de carbono en invierno cuando ya no hay humedad en el suelo, por efecto de sus hojas suculentas (Ruíz, 2007).</p> <p>La succulencia del tejido fotosintético, junto con la asimilación de CO₂ durante el día y la noche, son determinantes para mantener la ganancia de carbono en <i>A. tequilana</i> durante el año, en particular durante el periodo seco del año. Los mayores valores de asimilación neta diaria de CO₂ coinciden con temperaturas frescas día/noche y alta irradiancia. La asimilación nocturna de CO₂ es acompañada por asimilación positiva de CO₂ durante el día. Ambas muestran una mayor relación con la temperatura que con la humedad relativa (Pimienta <i>et al.</i>, 2006).</p> <p>Con una densidad de plantación de 2800 plantas ha⁻¹, se producen 91.1 kg planta⁻¹ (Montañez <i>et al.</i>, 2011); de ellos sólo 7.73% (Enríquez <i>et al.</i>, 2013) es biomasa, por lo que se tienen 19.718 t ha⁻¹ de materia seca. Con el factor de conversión a carbono de 0.47 (Montero <i>et al.</i>, 2004) se obtienen 9.267 t ha⁻¹ de carbono capturado.</p>
Resistencia a sequía:	<p>El tipo fotosintético CAM, hace del <i>A. tequilana</i> una planta resistente a la sequía (Nobel, 1998).</p> <p><i>Agave tequilana</i> soporta condiciones extremas de sequía ($\Psi_{\text{suelo}} = -25$ MPa) (Pimienta <i>et al.</i>, 2006).</p>
Tolerancia a altas temperaturas:	<p>Es un cultivo muy tolerante a altas temperaturas, ya que la hoja de este agave puede tolerar temperaturas de hasta 55°C (Nobel <i>et al.</i>, 1998).</p>

AGUACATE



CARACTERÍSTICAS DESCRIPTIVAS

Nombre científico:	<i>Persea americana</i> Mill., <i>Persea gratissima</i> Gaerth.
Nombres comunes:	Aguacate, ahuate, palta, cura, pagua, abacate, ahuate.
Familia:	Lauraceae.
Origen:	Sur de México y América Central (Ibar, 1983). Su centro de origen es América, y su distribución natural va desde México hasta Perú, pasando por Centro América, Colombia, Venezuela y Ecuador (Bernal y Díaz, 2005).
Distribución:	30°LN a 30°LS (Benacchio, 1982). 32° LN a 36°LS (Cockerell y Sancho, 1991).
Adaptación:	Climas tropicales, subtropicales, mediterráneo y semidesértico (Aragón, 1995). Climas cálidos y húmedos, así también subhúmedos como tropicales y subtropicales (SDR; citado por Coria <i>et al.</i> , 2009).
Ciclo de madurez:	Perenne.
Tipo fotosintético:	C ₃ .

REQUERIMIENTOS CLIMÁTICOS

- Altitud:** Raza antillana: 0-500 m, raza guatemalteca: 500-1500 m, raza mexicana: 1000-2500 m (Benacchio, 1982).
Raza antillana: 0-500 m, raza guatemalteca: 500-1000 m, raza mexicana: 1000-1900 m (Ibar, 1983).
Raza antillana: desde el nivel del mar hasta los 1000 m, raza guatemalteca: entre los 1000 y 2000 m, raza mexicana: alturas mayores de 2000 m (Orduz y Rangel, 2002).
Raza guatemalteca: 1000-2000 m, raza mexicana: alturas superiores a los 1700 m (Bernal y Díaz, 2005).
En áreas donde el aguacate es nativo, la raza antillana prospera desde el nivel del mar hasta los 800 m; la raza guatemalteca desde el nivel del mar hasta los 1200 m y la raza mexicana de los 950 hasta los 2200 m (Sánchez, 1999; Coria *et al.*, 2009).
- Fotoperíodo:** Se comporta como planta de día corto (FAO, 2000).
- Radiación (luz):** El aguacate requiere de mucha insolación (Benacchio, 1982).
- Temperatura:** Rango 10 a 35°C, con un óptimo para fotosíntesis de 25 a 30°C. Sin embargo, las exigencias de temperatura varían dependiendo de la raza; para la raza mexicana la media óptima es de 20°C con una mínima invernal no inferior a -4°C, para la raza guatemalteca la media óptima está entre 22 y 25°C, con una mínima invernal no inferior a -2°C y para la raza antillana la media óptima oscila entre 24 y 26°C, con una mínima invernal no inferior a 0°C (Benacchio, 1982; Ibar, 1983).
Las temperaturas mínimas no deberían llegar a -5°C (Aragón, 1995).
La viabilidad de la semilla se afecta a temperaturas sostenidas inferiores a 15°C (Juscafresa, 1983).
La variedad Hass es sensible a heladas y puede presentar daños visibles cuando se expone a -2.2°C por cuatro o más horas. La presencia de temperaturas por debajo de 10°C en plena floración puede afectar gran parte de las flores polinizadas en las últimas horas al interferir con la fertilización (INIFAP, 1996).
La temperatura mínima letal para las razas mexicana, guatemalteca y antillana es: -9°, -6° y -4°C, respectivamente (Morin, 1967).
El límite inferior de temperatura para el crecimiento y desarrollo se encuentra a los 10°C (Whiley y Winston, 1987; Zamet, 1990), mientras que el límite superior se ubica en 33°C (Sedgley, 1977; Agraman, 1983).
Temperaturas superiores a 33-35°C, tienen un efecto detrimental sobre la polinización al causar esterilización del polen (Jasso, 1989).
Temperaturas mayores que 42°C son consideradas como eventos catastróficos para el cultivo (Gafni, 1984).

Para la sucesión de las etapas de floración y fructificación se requieren temperaturas de 12 a 13°C (Oppenheimer, 1978).

Las temperaturas extremas para el amarre de frutos son 12-17°C y 28-30°C (Whiley y Winston, 1987).

La variedad Hass puede soportar temperaturas de hasta -1°C por periodos cortos de tiempo (Guardiazabal, 1990). La raza mexicana soporta temperaturas de hasta 2.2°C, teniendo como temperaturas óptimas de 5 a 17°C; para la raza guatemalteca las temperaturas óptimas van de 4 a 19°C, mientras que la raza antillana se adapta a temperaturas de 18 a 26°C (Bernal y Díaz, 2005).

Precipitación (agua):

Raza antillana: 1800-2000 mm anuales; raza guatemalteca: 1000-1500 mm anuales; raza mexicana: 800-1000 mm anuales. El aguacate prefiere una distribución más o menos uniforme de la precipitación a través del año; en los regímenes de lluvias de verano, por lo menos se debería cuidar que la humedad atmosférica no fuera baja en los meses secos (Ibar, 1983).

Se requieren 800 a 1000 mm anuales para la raza mexicana, 1000 a 1500 mm para la raza guatemalteca y 1300 a 2000 mm anuales para la raza antillana. El aguacate aguanta periodos cortos de sequía (Benacchio, 1982), por lo que al cultivarse fuera de las zonas tropicales húmedas, deberá suministrarse riego. El exceso de agua le es perjudicial.

Se cultiva sin riesgo en zonas con precipitaciones de 665 a 2000 mm por año (Orduz y Rangel, 2002).

Para cultivos nativos de la raza antillana se requieren de 1100 a 3350 mm, para la raza guatemalteca 800 a 3400 mm y para la raza mexicana 650 a 2200 mm (Sánchez, 1999; Coria *et al.*, 2009).

De acuerdo con Allen *et al.* (2006), los coeficientes de cultivo para las etapas inicial, intermedia y final de desarrollo en plantas que llegan a alcanzar una altura de 3 m, son 0.6, 0.85 y 0.75, respectivamente.

Humedad relativa:

Requiere de una humedad ambiental relativamente alta, aún durante la época de secas (Ibar, 1983).

La humedad ambiental debe ser baja para evitar enfermedades fungosas (Benacchio, 1982).

No debe superar el 60% de humedad relativa, humedades altas inducen la proliferación de enfermedades en hojas, tallos y frutos (Coria *et al.*, 2009).

REQUERIMIENTOS EDÁFICOS

Profundidad de suelo:

Requiere suelos moderadamente profundos, ya que puede cultivarse en terrenos accidentados u ondulados (Ibar, 1983).

Prefiere suelos profundos (FAO, 1994).

No necesita de un suelo muy profundo, porque posee raíces superficiales (Coria *et al.*, 2009).

Textura:	<p>Prefiere suelos francos a franco-arcillo-limosos. Se puede cultivar bajo riego en suelos relativamente pesados y en zonas con baja precipitación, siempre que se asegure un buen drenaje de suelo (Benacchio, 1982).</p> <p>Se adapta a diversos tipos de suelo, desde los arenosos y sueltos hasta los limosos y compactos, pero las condiciones óptimas serían un suelo franco de consistencia media, húmica y rica en materia orgánica (Ibar, 1983).</p> <p>Requiere suelos de textura media con un contenido de materia orgánica de 2.5 a 5% (Bisonó, 2008).</p>
Drenaje:	<p>Es preferible realizar las plantaciones en terrenos ligeramente accidentados u ondulados, que permitan una buena ventilación, pero que no representen riesgo por heladas en regiones poco cálidas (Ibar, 1983).</p> <p>Requiere de buen drenaje, es una especie muy sensible a asfixia radical (Coria <i>et al.</i>, 2009).</p>
pH:	<p>La raza mexicana desarrolla mejor en un pH de 6 a 7.5, mientras que las razas antillana y guatemalteca lo hacen en un pH de 6 a 7.</p> <p>Crece en un rango de pH de 4.8 a 7.5, siendo el óptimo para la raza mexicana 7 a 7.5, y, para las razas guatemalteca y antillana 6 a 7 (Benacchio, 1982).</p> <p>El aguacate se desarrolla en un rango de pH de 4.3 a 8.3, siendo el óptimo alrededor de 5.6 (FAO, 1994).</p> <p>El rango óptimo es de 6.5 a 7.5 (Bisonó y Hernández, 2008).</p> <p>Se adapta bien a suelos con un pH entre 5 y 7 (Orduz y Rangel, 2002).</p>
Salinidad/Sodicidad:	<p>La salinidad del suelo no debe pasar del 0.5 por mil. El aguacate es muy susceptible al exceso de sodio y le son suficientes concentraciones de 40% de caliza, por lo que no debe cultivarse en terrenos calizos (Ibar, 1983).</p> <p>El aguacate no tolera salinidad (Benacchio, 1982).</p> <p>Los portainjertos de la raza antillana son los más tolerantes a la salinidad, mientras que los portainjertos de la raza mexicana son los más susceptibles (INIFAP, 1996).</p> <p>Presenta gran sensibilidad a la salinidad (SDR, 2005; Coria <i>et al.</i>, 2009).</p>
Fertilidad y química del suelo:	<p>El aguacate tiene una absorción de nutrimentos por tonelada de fruto cosechada de la siguiente manera: 11, 2, 20, 0.2, 0.8 y 0.8 kg de N, P, K, Ca, Mg y S. En tanto que la extracción para estos mismos elementos es de 2.8, 0.4, 4.5, 0.1, 0.2 y 0.3 kg por tonelada de fruto cosechada (IFA, 1992; Salazar, 2002).</p> <p>Requiere que el total de sólidos disueltos sea menor de 850 ppm; que el contenido de sodio sea menor de 3 meq L⁻¹; los cloruros en proporciones menores de 107 ppm y el boro en cantidades menores a 0.7 ppm. En tanto el contenido de fósforo es suficiente en el rango de 0.25 a 0.36 ppm (Bisonó, 2008).</p>

CARACTERÍSTICAS DE RESPUESTA AL CAMBIO CLIMÁTICO

Respuesta a ambientes enriquecidos de CO₂:	Un incremento de 20 y 40% del CO ₂ durante dos horas, ocasiona una reducción del 25 y 43% del nivel del β-ATP en frutos climatéricos (Lange y Kader, 1997a). La producción de etileno es completamente inhibida en frutos preclimatéricos expuestos a ambientes enriquecidos de CO ₂ , mientras que en frutos parcialmente maduros, la producción de etileno es parcialmente inhibida (Lange y Kader, 1997b).
Captura de carbono:	37-55 t CO ₂ total ha ⁻¹ año ⁻¹ (Kerckhoffs y Reid, 2007).
Respuesta a ozono:	Produce acetaldehído y etanol en respuesta al estrés causado por déficit de agua, enfriamiento, congelación y exposición al ozono (Kimmerer y Kozlowski, 1982).
Resistencia a sequía:	Requiere de una humedad ambiental relativamente alta, aún durante la época de secas, para no padecer sequía (Ibar, 1983).
Tolerancia a altas temperaturas:	Las temperaturas mayores que 42°C son desfavorables para el cultivo (Gafni, 1984). La producción de etileno en frutos maduros de aguacate tipo "Hass" disminuye significativamente a temperaturas entre 25 y 30°C, es mínima a 35°C, y desaparece a 40°C. La tasa de respiración de los frutos decrece hasta que se alcanzan los 40°C. La calidad de frutos maduros es excelente cuando este proceso de maduración se lleva a cabo a 20, 25 y 30°C, es regular a 35°C, y es anormal e inaceptable a 40°C (Eaks, 1978).

AJO



CARACTERÍSTICAS DESCRIPTIVAS

Nombre científico:	<i>Allium sativum</i> L.
Nombres comunes:	Ajo.
Familia:	Liliaceae.
Origen:	Asia Central (Huerres y Caraballo, 1988).
Distribución:	50°LN a 45°LS (Benacchio, 1982).
Adaptación:	Regiones templadas, trópicos y subtropicos con una estación fresca definida.
Ciclo de madurez:	140-160 días (Benacchio, 1982).
Tipo fotosintético:	C ₃ .

REQUERIMIENTOS CLIMÁTICOS

Altitud:	600-1800 m (Benacchio, 1982).
-----------------	-------------------------------

Fotoperíodo:

Fotoperíodos cortos, después de la inducción floral mediante bajas temperaturas, favorecen la iniciación de la inflorescencia, mientras que fotoperíodos largos la limitan. Sin embargo, las temperaturas de crecimiento modifican significativamente este efecto fotoperiódico, por ejemplo, si el ajo crece a 9°C, un fotoperíodo de 16 horas no inhibe la diferenciación floral (Tagaki, citado por Nakamura, 1985). Es una especie de día largo, pero hay cultivares de día corto (Benacchio, 1982).

Condiciones de almacenamiento que incluyan un fotoperíodo largo por más de dos semanas inducen dormancia en brotes axilares, mientras que bajas temperaturas y un fotoperíodo corto inducen su brotación (Kamenetsky *et al.*, 2004)

Radiación (Luz):

Prefiere condiciones de cielos despejados con alta intensidad lumínica, aunque también desarrolla aceptablemente en zonas con nublados frecuentes (FAO, 2000).

Altas intensidades de luz reducen la longitud de las hojas, el tamaño de las células de la epidermis y el índice estomático; por el contrario, el grosor de la hoja se incrementa, dando como resultado una ganancia en el peso seco por unidad de área (Rahim y Fordham, 1991).

Temperatura:

La temperatura umbral mínima para crecimiento está entre 4 y 8°C, mientras que la temperatura crítica de helada es de -1°C. En etapas tempranas de desarrollo le son favorables temperaturas de entre 8 y 16°C para la brotación y la formación de bulbos. Después de la inducción de bulbos, temperaturas de entre 18 y 20°C son favorables para el crecimiento del bulbo; la temperatura máxima durante este periodo no debe ser superior a los 30°C (Santibáñez, 1994). Para el logro de buenos rendimientos, la media óptima está alrededor de los 18°C, con una máxima que no debe superar los 26°C. Para una buena germinación, los “dientes” que se utilizan como material de propagación deberían mantenerse, el mes antes de la siembra, a temperaturas de 0-10°C (Benacchio, 1982).

El punto de congelación es de -5°C, alcanzándose el crecimiento cero a 5°C; la mínima, óptima y máxima para desarrollo son 6, 10-20 y 35°C. Para brotación las temperaturas mínima, óptima y máxima son 6, 20-22 y 30°C (Yuste, 1997a).

Las bajas temperaturas promueven la iniciación floral, mientras que altas temperaturas la inhiben y promueven el desarrollo del bulbo. Para diversas combinaciones de fotoperíodo y temperatura, existen diferentes respuestas en cuanto a floración y formación de bulbos (Nakamura, 1985).

Precipitación (agua):	Generalmente se cultiva bajo riego pero puede prosperar en regiones con una precipitación anual entre 450 y 1000 mm. Es una especie bastante tolerante a la sequía, sin embargo, no le debe faltar el agua en las etapas de germinación y formación de bulbos. Debe contar con un periodo seco en la etapa de maduración (Benacchio, 1982). De acuerdo con Allen <i>et al.</i> (2006), los coeficientes de cultivo para las etapas inicial, intermedia y final de desarrollo en plantas de 30 cm de altura son 0.7, 1.00 y 0.7, respectivamente.
Humedad relativa:	Este cultivo prefiere una atmósfera seca (Benacchio, 1982; Santibáñez, 1994). Las condiciones de conservación en cámara frigorífica son -1 a 0°C y 70-75% de humedad relativa (Yuste, 1997a).

REQUERIMIENTOS EDÁFICOS

Profundidad de suelo:	No requiere suelos profundos (Benacchio, 1982), siendo suficientes 40-60 cm de suelo, siempre y cuando el suelo presente buen drenaje.
Textura:	No desarrolla bien en suelos pesados y compactos (Huerres y Caraballo, 1988). Prospera en suelos francos, franco-arcillosos y franco-arcillo-limosos (Benacchio, 1982).
Drenaje:	Requiere buen drenaje, ya que no tolera encharcamientos (Benacchio, 1982)
pH:	Crece en un pH entre 5 y 7.5 y es moderadamente tolerante a la acidez. (Benacchio, 1982).
Salinidad/Sodicidad:	Puede prosperar en suelos calcáreos (Benacchio, 1982) y es moderadamente tolerante a la salinidad.
Fertilidad y química del suelo:	Para producir una tonelada de ajo se requieren por hectárea de 18.96 a 23 Kg de Nitrógeno, 2.64 a 3.4 Kg de Fósforo, 1.6 a 3 Kg de Calcio, 0.47 a 0.66 Kg de Mg, 0.01 a 0.015 Kg de Mn y 0.066 a 0.15 Kg de Na (Minard, 1978). De Potasio se requieren 9.5 a 10.5 Kg ha ⁻¹ y de Fósforo 3.1 a 3.6 Kg (Castellanos <i>et al.</i> , 2001ab). De Azufre se requieren 0.57 Kg ha ⁻¹ (Kieserite, citado por Reveles <i>et al.</i> , 2009). Los requerimientos de Nitrógeno por hectárea para producir 1 tonelada de ajo son: 13.6 a 17.8 Kg (Lipinzki y Gaviola, 1997).

CARACTERÍSTICAS DE RESPUESTA AL CAMBIO CLIMÁTICO

Respuesta a ambientes enriquecidos de CO₂:	El incremento en 600 ppm del CO ₂ atmosférico, ha reportado un efecto de incremento de 22% en la fotosíntesis y de 60% en la producción de biomasa de <i>A. cepa</i> , especie emparentada con el ajo (Jasoni <i>et al.</i> , 2004; CSGDGC, 2013).
Captura de carbono:	Si el rendimiento de ajo es de 7.5 t ha ⁻¹ , la cantidad de carbón capturado por hectárea es de 2.8 t ha ⁻¹ (Kim <i>et al.</i> , 2009).
Respuesta a ozono:	Las afectaciones por O ₃ sobre el ajo pueden considerarse severas en la época invernal (diciembre a febrero). Los efectos del gas contaminante se reflejan en síntomas en las hojas de tamaño variable y diferente coloración, pudiendo causar necrosis total (tizón) en las plantas expuestas en el campo (Brenner <i>et al.</i> , 1988).
Resistencia a sequía:	<p>Cuando el agua disponible para el ajo se abate entre 40 y 50% de sus necesidades, hay modificaciones fisiológicas que dan por resultado una reducción del rendimiento y de la calidad de los bulbos obtenidos. La fisiología de la planta se afecta al reducirse los contenidos de clorofila total (10%), clorofila a (16%), clorofila b (9%), carotenoides totales (10%) y antocianinas (24%) y la permeabilidad de la membrana celular se reduce en 36% (Bideshki y Arvinb, 2010).</p> <p>La reducción de rendimiento fluctúa entre 14 y 28%, dependiendo de la variedad, y etapa en la que ocurre el déficit hídrico (Lipinski y Gaviola, 2008; Bideshki y Arvinb, 2010), por ejemplo, el cultivar Lican registró la mayor reducción de rendimiento cuando el déficit hídrico ocurrió en la etapa de crecimiento vegetativo inicial, mientras que en el cultivar Nieve las etapas críticas fueron la de crecimiento vegetativo rápido y llenado de bulbo; y en el cultivar Unión, fue la etapa de crecimiento vegetativo rápido (Lipinski y Gaviola, 2008).</p> <p>Cuando el déficit ocurre en la maduración del bulbo, afecta principalmente el rendimiento y no la calidad, pero si ocurre durante la formación del bulbo y maduración, se afectan tanto el rendimiento como la calidad, manifestada en un menor tamaño del bulbo (Fabreiro <i>et al.</i>, 2003).</p> <p>En cuanto a la calidad del bulbo, Bideshki y Arvinb (2010) y Huez <i>et al.</i> (2009) reportan que la falta de agua reduce los siguientes parámetros: el diámetro del bulbo (25%), la longitud del bulbo (21%), el número de dientes (6%), la longitud del diente (10%), el diámetro del diente (20%), el peso del diente (24%) y los grados Brix del diente (7%).</p> <p>El ajo es una especie bastante tolerante a la sequía, sin embargo, no le debe faltar el agua en las etapas de germinación y formación de bulbos. Debe contar con un periodo seco en la etapa de maduración (Benacchio, 1982).</p>
Tolerancia a altas temperaturas:	Las altas temperaturas estimulan la formación del bulbo, pero la floración y producción de semillas sólo son posibles cuando los bulbos se someten a bajas temperaturas (FAO, 2007).

AJONJOLÍ



CARACTERÍSTICAS DESCRIPTIVAS

Nombre científico:	<i>Sesamum indicum</i> L.
Nombres comunes:	Ajonjolí, sésamo, benne.
Familia:	Pedaliaceae.
Origen:	África (Egipto) (González, 1984)
Distribución:	40°LN a 35°LS (Benacchio, 1982)
Adaptación:	Trópico cálido semiárido (González, 1984). Áreas tropicales cálido-secas (Purseglove, 1987)
Ciclo de madurez:	90-120 días libres de heladas (Baradas, 1994; Oplinger <i>et al.</i> , 1997). 80-150 días (Benacchio, 1982).
Tipo fotosintético:	C ₃ .

REQUERIMIENTOS CLIMÁTICOS

Altitud:	0-600 m (Benacchio, 1982).
Fotoperíodo:	Especie de día corto, aunque existen algunos cultivares de día largo. El fotoperíodo crítico es 12 horas o menos (Baradas, 1994). Es sensible al fotoperíodo (Oplinger <i>et al.</i> , 1997).
Radiación (Luz):	Exige mucha insolación (Benacchio, 1982).

Temperatura:	<p>Temperatura óptima de 25 a 27°C (Oplinger <i>et al.</i>, 1997). La germinación se inhibe por debajo de los 10°C y el crecimiento se reduce por debajo de los 18-20°C (Baradas, 1994; Oplinger <i>et al.</i>, 1997).</p> <p>Las bajas temperaturas durante la floración pueden causar la esterilidad del polen y la caída de frutos. Arriba de los 40°C se reducen la fertilidad y la formación de cápsulas (Baradas, 1994).</p> <p>Por debajo de 16°C, la emergencia de radículas de semillas germinadas se reduce al 37% y ninguna plántula se establece (Langham, 2007).</p> <p>Temperaturas entre 25 y 27°C promueven una germinación rápida (Weiss, 1971).</p>
Precipitación (agua):	<p>500-1200 mm anuales (Benacchio, 1982).</p> <p>Prospera en regiones con una precipitación anual entre 500 y 1100 mm (Purseglove, 1987).</p> <p>Requiere una precipitación mínima de 500 a 660 mm en la estación de crecimiento, para rendimientos razonables y no tolera excesos de agua (Oplinger <i>et al.</i>, 1997).</p> <p>Para plantas con una altura promedio de 1 m, el coeficiente de cultivo (Kc) para las etapas inicial, intermedia y tardía es 0.35, 1.1 y 0.25, respectivamente (Allen <i>et al.</i>, 2006).</p>
Humedad relativa:	<p>Atmósferas muy húmedas le son desfavorables (Aragón, 1995).</p>

REQUERIMIENTOS EDÁFICOS

Profundidad de suelo:	<p>35 cm (Aragón, 1995).</p> <p>Prospera en suelos de mediana profundidad (FAO, 1994).</p>
Textura:	<p>Migajón arenoso, migajón arcilloso (Benacchio, 1982).</p> <p>Migajón arenoso (Aragón, 1995).</p> <p>Desarrolla en suelos de textura media a pesada (FAO, 1994).</p> <p>Requiere suelos de textura media (Oplinger <i>et al.</i>, 1997).</p>
Drenaje:	<p>Requiere suelos con buen drenaje (Benacchio, 1982; Oplinger <i>et al.</i>, 1997).</p>
pH:	<p>Crece en un pH de entre 5 y 5.8, siendo el óptimo un valor de 6 a 6.6 (Benacchio 1982).</p> <p>De acuerdo con Aragón (1995), el rango de pH para esta especie es de 7.5 a 8.5, con posibilidades de desarrollarse en condiciones de acidez ligera.</p> <p>Desarrolla bajo un rango de pH de 5.5 a 8.0, siendo el óptimo alrededor de 6.8 (FAO, 1994).</p>
Salinidad/Sodicidad:	<p>Medianamente tolerante a la salinidad del suelo (Aragón, 1995).</p> <p>Puede tolerar hasta 10,000 ppm de sales solubles, aunque la tolerancia difiere mucho entre variedades (Benacchio, 1982).</p> <p>Presenta ligera tolerancia a la salinidad (FAO, 1994).</p>

Fertilidad y química del suelo:

Es un cultivo sensible al sodio intercambiable, ya que tolera menos de 15% de SAR (Porta *et al.*, 1999). Es muy poco tolerante a la salinidad (Oplinger *et al.*, 1997).

Requiere de suelos fértiles: 90 kg de N ha⁻¹, 22 kg de P₂O₅ ha⁻¹ y 22 kg de K₂O ha⁻¹ (Oplinger *et al.*, 1997). Son recomendables 75 kg N y 45 kg P₂O₅ ha⁻¹, ya que en estas cantidades el N y el P incrementan recíprocamente su nivel de absorción por parte de la planta. El ajonjolí responde pobremente a la fertilización con potasio, por lo que no deben aplicarse cantidades mayores a 22.5 kg ha⁻¹ (Shehu *et al.*, 2010).

CARACTERÍSTICAS DE RESPUESTA AL CAMBIO CLIMÁTICO

Resistencia a sequía:

Puede tolerar sequía una vez establecido el cultivo por su sistema radical muy extensivo, y, requiere de un periodo seco durante la maduración (Baradas, 1994; Oplinger *et al.*, 1997).

Aunque esta planta es tradicionalmente considerada resistente a la sequía, no cabe duda de que esta situación afecta los rendimientos. Se ha demostrado que los rendimientos del ajonjolí aumentan a medida que la precipitación total aumenta hasta alcanzar los 600 mm, más allá de los cuales se observa una disminución de los mismos (García *et al.*, 1973).

Tolerancia a altas temperaturas:

Arriba de los 40°C se reducen la fertilidad y la formación de cápsulas (Baradas, 1994).

El ajonjolí es una planta de alta adaptabilidad; sin embargo su cultivo da los mejores resultados en las regiones donde altas temperaturas, abundante luminosidad y una precipitación suficiente le aseguran las mejores condiciones (Ministerio de Agricultura y Ganadería, 1991).

ALCACHOFA



CARACTERÍSTICAS DESCRIPTIVAS

Nombre científico:	<i>Cynara scolymus</i> L.
Nombres comunes:	Alcachofa, alcací, alcachofera, alcacil, alcacilera, alcarcil, alcaulera, cardo, alcachofero.
Familia:	Compositae.
Origen:	Originaria del sur de Europa y Asia Central (Gianconi y Escaff, 2004).
Distribución:	Los países en donde se cultiva son: Italia, España, Argentina, Francia, Egipto, Marruecos, China, Estados Unidos, Argelia, Turquía, Chile, Grecia, Túnez, México, Irán, Perú, Siria, Israel y Chipre (SYA, 2011).
Adaptación:	Se adapta a las zonas con climas de tipo tropical subhúmedo y seco (Aw), estepario o semiárido (Bs), subtropical con veranos secos (Cs) y templado oceánico (Do) (FAO, 2000).
Ciclo de madurez:	Perenne, el ciclo vegetativo dura como mínimo 210 días y como máximo 270 días (FAO, 2000).
Tipo fotosintético:	C ₃ .

REQUERIMIENTOS CLIMÁTICOS

Altitud:	Desde el nivel del mar hasta los 2000 m (FAO, 2000).
-----------------	--

Fotoperíodo:	Hay cultivares de día corto, día largo y día neutro (FAO, 2000).
Radiación (Luz):	Puede desarrollarse bajo condiciones de buena luminosidad al estar los cielos despejados o bajo condiciones de nubosidad (FAO, 2000).
Temperatura:	<p>La alcachofa es muy sensible a cambios de temperaturas en la etapa de formación de la cabezuela, siendo las mejores condiciones temperaturas entre 15.6 y 18.3°C. Temperaturas bajo cero pueden dañar la alcachofa irreversiblemente y temperaturas arriba de 24°C la tornan fibrosa y el crecimiento vegetativo se detiene. Durante la etapa de crecimiento vegetativo la planta necesita una temperatura mínima de 8°C. La temperatura óptima en esta etapa es de 20-23°C (CIREN, 1988).</p> <p>El rango de temperatura óptima para el desarrollo de esta especie es de 15-25°C, con valores extremos de 5 y 30°C (FAO, 2000).</p> <p>Es una especie que crece bien con temperaturas diurnas de 24°C y temperaturas nocturnas de 13°C. La temperatura adecuada es de 7-29°C con periodos libres de heladas. Temperaturas por debajo de 3.8°C ponen en peligro a la planta (SYA, 2011).</p> <p>La temperatura de congelación es de -4°C, mientras que la mínima, óptima y máxima para desarrollo son en ese orden 6-8, 18-25 y 30°C (Yuste, 1997a).</p>
Precipitación (agua):	<p>Como valores óptimos requiere de 900 a 1200 mm anuales, aunque puede llegar a desarrollarse en zonas donde llueve anualmente desde 300 hasta 1500 mm (FAO, 2000).</p> <p>Para plantas con una altura promedio de 70 cm, el coeficiente de cultivo (Kc) para las etapas inicial, intermedia y tardía es 0.5, 1 y 0.95, respectivamente (Allen <i>et al.</i>, 2006).</p>
Humedad relativa:	Las condiciones de conservación en cámara frigorífica son -1 a 0°C y 85-95% de humedad relativa (Yuste, 1997a).

REQUERIMIENTOS EDÁFICOS

Profundidad de suelo:	Requiere de suelos con profundidad media, es decir con 50 a 150 cm de profundidad (FAO, 2000).
Textura:	<p>El sistema radicular es fuerte y profundo por lo que puede adaptarse a una gran cantidad de tipos de suelos, prefiriendo los arenosos (SYA, 2011).</p> <p>Para el desarrollo óptimo se recomiendan suelos con texturas medias o ligeras, pudiéndose desarrollar con dificultad en suelos con texturas pesadas (FAO, 2000).</p>
Drenaje:	No tolera encharcamientos por lo que necesita de suelos con buen drenaje (FAO, 2000).

pH:	El cultivo se adapta bien a suelos con pH entre 6.4 y 6.8, presentando cierta tolerancia en un rango de 5.6 a 8.4 (CI-REN, 1988). Mínimo de 5.5, óptimo de 6-6.5 y máximo de 8.3 (FAO, 2000).
Salinidad/Sodicidad:	Presenta cierta tolerancia a la salinidad pero sales en exceso ocasionan necrosis en las brácteas internas y facilitan la proliferación de enfermedades (SYA, 2011). Poco tolerante a la salinidad (<4 dS m ⁻¹) (FAO, 2000).
Fertilidad y química del suelo:	Se estima que las extracciones de la alcachofa referentes a elementos mayores por hectárea, son del siguiente orden: 220-230 kg N, 50-100 kg de P ₂ O ₅ , 500-750 kg de K ₂ O (Yuste, 1997a).

CARACTERÍSTICAS DE RESPUESTA AL CAMBIO CLIMÁTICO

Captura de carbono:	Bajo una densidad de plantación de 0.7 plantas m ⁻² , los valores de carbono y CO ₂ por planta para las distintas partes de ésta son: 117.1 y 429.4 g, respectivamente, en raíz; 155 y 568.3 g en tallo; 171.6 y 629.2 g en hojas; 61.8 y 226.6 g en inflorescencia; para un total por planta de 506 g C y 1,854 g CO ₂ (Mota, 2011).
Respuesta a ozono:	En la alcachofa, el ozono produce lesiones de color rojizo parduzco entre los nervios, que afectan a todo el haz de la hoja y se distribuyen por toda la superficie. No afecta al envés hasta que la hoja no está muy afectada y comienza a secarse. Son las hojas más viejas las que presentan los síntomas. Cuando las hojas están sombreadas, o son zonas sombreadas de la hoja, se reduce notablemente la aparición de síntomas (Sanz <i>et al.</i> , 2001).
Resistencia a sequía:	Aunque existen reportes de que puede desarrollar desde 300 mm de precipitación (FAO, 2000), la alcachofa se considera más bien un cultivo de regiones más húmedas.
Tolerancia a altas temperaturas:	La alcachofa presenta afectaciones con temperaturas por arriba de los 30°C (FAO, 2000).

ALGODÓN



CARACTERÍSTICAS DESCRIPTIVAS

Nombre científico:	<i>Gossypium hirsutum</i> L.
Nombres comunes:	Algodón.
Familia:	Malvaceae.
Origen:	África Tropical, América Tropical, Asia Suroriental, Australia (Benacchio, 1982; González, 1984). Nativa del sur de México y Guatemala (Robles, 1991).
Distribución:	42°LN a 32° LS (Benacchio, 1982). 40°LN a 30° LS (Aragón, 1995).
Adaptación:	Regiones áridas y semiáridas con climas cálidos y semicálidos (Aragón, 1995).
Ciclo de madurez:	135-180 días (Benacchio, 1982).
Tipo fotosintético:	C ₃ .

REQUERIMIENTOS CLIMÁTICOS

Altitud:	0-600 m (Benacchio, 1982). Las regiones más prosperas están situadas de 0 a 500 msnm; cuando se siembra a más de 1000 m el rendimiento y la calidad de la fibra se ven afectados (Robles, 1991).
-----------------	---

Fotoperíodo:	<p>Especie de día neutro, aunque algunos cultivares prefieren el día corto (Benacchio, 1982; Baradas, 1994). Existen variedades de fotoperíodo corto y largo, pero en general las variedades cultivadas son indiferentes al fotoperíodo (Robles, 1991).</p>
Radiación (Luz):	<p>Requiere días soleados, los cuales son especialmente importantes durante la floración. La intensidad de luz óptima es 32.3-86.1 klux (Baradas, 1994).</p>
Temperatura:	<p>Temperatura mínima y máxima umbrales de 12.8°C y 30°C, respectivamente (Fry, 1983). Para apertura de bellotas se requiere por lo menos una temperatura de 15°C (Young <i>et al.</i>, 1980). Rango 10-35°C, óptimo para fotosíntesis 25-30°C. La temperatura mínima para buenos rendimientos no debe bajar de 18°C y la temperatura del suelo durante germinación debe ser igual o mayor que 21°C. No responde al termoperíodo y prefiere noches cálidas (Benacchio, 1982). Requiere de 27 a 43°C para el desarrollo de bellota (Baradas, 1994). Temperaturas menores que 15°C causan lentitud en la germinación, temperaturas próximas a los 30°C facilitan una normal y rápida emergencia de las plántulas. Cuando la temperatura es mayor que los 40°C la germinación se ve un poco afectada (Robles, 1991). Cuando la planta se expone a temperatura de 5°C por 4 días, se produce una hinchazón de plástidos y los cloroplastos se desorganizan (Wang, 1990).</p>
Precipitación (agua):	<p>700 a 1300 mm de agua por ciclo de cultivo (Baradas, 1994). Requiere 450-600 mm de agua por ciclo de cultivo y desarrolla en zonas con precipitación anual de 500-1800 mm (Benacchio, 1982). En condiciones de una evapotranspiración de 5 a 6 mm día⁻¹, la absorción de agua comienza a reducirse, afectando el rendimiento, cuando el agotamiento del agua del suelo excede del 65% (Doorenbos y Kassam, 1979). 750-1500 mm de lluvia anual (Aragón, 1995). En México y otros países, se ubica donde se tienen más de 700 mm de lluvia anual. La lluvia es un factor decisivo, ya que no deben coincidir épocas de lluvias en el periodo de la maduración, porque ocasionan pérdidas y manchado de las fibras de las semillas (Robles, 1991). Para plantas con una altura promedio de 1.2 a 1.5 m, el coeficiente de cultivo (Kc) para las etapas inicial, intermedia y tardía es 0.35, 1.15-1.2 y 0.5-0.7, respectivamente (Allen <i>et al.</i>, 2006).</p>
Humedad relativa:	<p>Resiste atmósferas secas, siempre que no falte humedad en el suelo (Benacchio, 1982).</p>

REQUERIMIENTOS EDÁFICOS

Profundidad de suelo:	Requiere suelos profundos con buen drenaje (Aragón, 1995). Alrededor del 70 a 80% del total del agua absorbida por el cultivo, procede de los primeros 0.9 m de profundidad de suelo, que es donde se encuentra más del 90% del peso total de raíces (Doorenbos y Kassam, 1979).
Textura:	Migajones (Aragón, 1995). Franco-arcilloso, franco-limoso, preferentemente no calcáreo (Benacchio, 1982).
Drenaje:	Requiere de suelos con buen drenaje (FAO, 2000).
pH:	6-7.5 (Benacchio, 1982). Su rango de pH va de 4.8 a 7.5, con un óptimo de 5.6 (FAO, 1994).
Salinidad/Sodicidad:	Es tolerante tanto a la salinidad (Aguilar, 2013) como a la alcalinidad (Benacchio, 1982). Las disminuciones de rendimiento para distintos valores de conductividad eléctrica son los siguientes: 0% para 7.7 dS m ⁻¹ ; 10% para 9.6 dS m ⁻¹ ; 25% para 13 dS m ⁻¹ ; 50% para 17 dS m ⁻¹ y 100% para 27 dS m ⁻¹ (Doorenbos y Kassam, 1979; Ayers y Westcot, 1985). Se considera medianamente tolerante a la salinidad (FAO, 1994).
Fertilidad y química del suelo:	Para la producción de una paca de 227 kg se requieren las siguientes cantidades de nutrimentos (Kg): N 22-29; P 10; K 18 (Herrera <i>et al.</i> , 1988; Herrera <i>et al.</i> , 2010). La extracción de Ca, Mg, S y Fe para la producción de 1 t ha ⁻¹ de fibra, es la siguiente: 105, 36, 29 y 9 kg ha ⁻¹ (ICA, 2013).

CARACTERÍSTICAS DE RESPUESTA AL CAMBIO CLIMÁTICO

Respuesta a ambientes enriquecidos de CO₂:	Plantas de algodón crecidas a 640 ±15 μbar de presión parcial de CO ₂ , fueron dos veces superiores en peso seco y 1.6 en área foliar en comparación con plantas crecidas en CO ₂ ambiente. En ambas condiciones de CO ₂ , el peso seco y el área foliar disminuyeron en proporción similar a como disminuyó el nutrimento Nitrógeno. La eficiencia en el uso del agua se duplicó en algodón en el tratamiento de elevado CO ₂ . Sin embargo, este incremento en la eficiencia del uso del agua se debió primariamente a una reducción en la transpiración de la planta en algunos tratamientos, y, a una asimilación incrementada de nutrimentos en otros tratamientos (Wong, 1979).
--	---

Captura de carbono:	El algodón produce en promedio 5.8 t ha ⁻¹ de materia seca (Bagiotto <i>et al.</i> , 2012), de los cuales, según el factor de conversión a carbono señalado por Montero <i>et al.</i> (2004) de 0.47, sólo 2.726 t ha ⁻¹ son de carbono capturado.
Respuesta a ozono:	Las variedades de hábito determinado son más susceptibles que las variedades de hábito indeterminado, ya que éstas parecen tener una mayor flexibilidad en la modificación de los patrones de ramificación. Los daños en variedades determinadas afectan el rendimiento.
Resistencia a sequía:	El algodón se considera resistente a sequía.
Tolerancia a altas temperaturas:	Se considera una especie bastante tolerante a altas temperaturas, ya que se adapta a regiones áridas y semiáridas con climas cálidos (Aragón, 1995), y además requiere de temperaturas entre 27 a 43°C para el desarrollo de bellota (Baradas, 1994). Existen variedades de algodón como AGC 375 y AGC 208, las cuales por arriba de 40°C, muestran relativamente bajo nivel de daño celular (alta termoestabilidad de la membrana celular) y alto rendimiento fotosintético y alto rendimiento de semilla de algodón (Karademir <i>et al.</i> , 2012).

ALMENDRO



CARACTERÍSTICAS DESCRIPTIVAS

Nombre científico:	<i>Prunus amygdalus</i> Batsch = <i>Prunus dulcis</i> (Mill.) D.A. Webb.
Nombres comunes:	Almendro.
Familia:	Rosaceae.
Origen:	Oeste de Asia (Westwood, 1978).
Distribución:	15° a 45°LN y LS. Estados Unidos es el principal país productor de almendras seguido por España e Italia y otros 18 países localizados en el Medio Oriente, Europa, Asia, América del Sur y Oceanía.
Adaptación:	Regiones templadas y subtropicales con invierno definido pero no muy intenso, ya que el almendro se considera una especie de bajo a mediano requerimiento de frío (Díaz, 1987). El almendro puede cultivarse entre los 30° y 45° de latitud, abarcando climas templados, cálidos y subtropicales, con temperaturas medias anuales entre 8 y 15° C y mínimo riesgo de heladas (López, citado por Nortes, 2008).
Ciclo de madurez:	Perenne. Su ciclo productivo dura entre 220 y 240 días (CF, 2008).
Tipo fotosintético:	C ₃ .

REQUERIMIENTOS CLIMÁTICOS

- Altitud:** Más de 1600 m.
- Fotoperíodo:** Existen cultivares de día corto y de día largo (FAO, 1994). Días largos y días cortos son esenciales en algún momento del ciclo de vida del almendro (CIREN, 1989a).
- Radiación (Luz):** Prefiere días soleados (FAO, 1994). Para un crecimiento normal y una fructificación regular, el almendro requiere de luz. Es una especie que no se presta bien a plantaciones densas y reacciona perdiendo muchas hojas y envejeciendo rápidamente. El marco de plantación ha de tener en cuenta este factor que, en condiciones de deficiencia, se traduce en una falta de lignificación de los tallos y del endocarpio de los frutos. El comportamiento de los tallos interiores se traduce en una etiolización y una desecación de los brotes, causadas por la sombra, resultante de la alta densidad del follaje (Khlifi *et al.*, 2011).
- Temperatura:** El rango térmico para crecimiento es de 10 a 45°C con un óptimo de 25°C (FAO, 1994). En general el almendro presenta un requerimiento de frío de 100 a 700 HF. Algunos ejemplos de cultivares y sus requerimientos de frío son: Sonora 275, Nonparelli 325, Texas 400 y Primarski 700 (Díaz, 1987). La temperatura media óptima durante el periodo estival va de 20 a 26°C (Yuste, 1997b). Las fechas de floración del almendro no parecen depender de un cierto nivel termométrico, sino que están asociadas principalmente a la acumulación de horas-frío, y también a los grados-día de calor acumulados desde noviembre o diciembre. La dependencia con ambos parámetros es directa, lo que implica una tendencia al atraso de la floración en respuesta a las altas acumulaciones tanto de horas-frío como de grados-día de calor (Guijarro, 2006). Por otro lado, la mayoría de los cultivares de almendra presentan un requerimiento de horas frío de 400-600 unidades, mientras que el rango de requerimiento de calor es desde 5500 a 9300 unidades grado Celsius (Alonso *et al.*, 2005).
- Precipitación (agua):** Se considera una especie tolerante a la sequía, que se puede cultivar sin riego (Yuste, 1997b). Bajo condiciones de temporal, precisa de 200 a 1470 mm durante el ciclo de producción, con un óptimo de 750 mm (FAO, 1994). Se puede producir en seco a partir de un régimen pluviométrico de 300 mm anuales, aunque la rentabilidad se asegura a partir de los 600 mm anuales (Coniglio, 2008). De acuerdo con Allen *et al.* (2006), para plantas con una altura promedio de 5 m, antes de perder la hoja, en huertos sin cobertura vegetal, los coeficientes de cultivo para las etapas inicial, intermedia y final de desarrollo, son 0.4, 0.9 y 0.65, respectivamente.
- Humedad relativa:** Prefiere una atmósfera seca.

REQUERIMIENTOS EDÁFICOS

- Profundidad de suelo:** Soporta suelos poco profundos (Yuste, 1997b). Prospera en suelos delgados (FAO, 1994). Se debe realizar un desfonde profundo (70-90 cm), seguido de laboreos cruzados, para favorecer el desarrollo de raíces y la entrada del agua de lluvia, además de poder aplicar el abonado de fondo (20-40 t ha⁻¹ de estiércol bien humificado para mejorar la estructura del suelo) entre 65 y 90 cm (según la compactación del suelo) (CF, 2008).
- Textura:** Prefiere suelos de textura media (FAO, 1994). Se adapta bien a suelos pobres, secos y pedregosos, aunque prefiere los ligeros, profundos y fértiles. Es uno de los frutales que más resiste los suelos calcáreos, pero es muy sensible a la asfixia radicular por anegamiento (Coniglio, 2008).
- Drenaje:** Requiere suelos con buen drenaje (FAO, 1994). Sin nivel freático a menos de 110 cm (CF, 2008). Se le considera un drenaje moderadamente bueno a aquella condición sin nivel freático, en donde el almendro esta sin limitación, mientras que el drenaje se considera imperfecto cuando el nivel freático está a 110 cm, en donde el almendro tiene una limitación leve. Suelos con niveles freáticos ya sea a 50 o 25 cm se les considera con drenaje pobre o muy pobre, respectivamente, por lo que deben ser excluidos (CI-REN, 1989a).
- Exposición de terreno:** La orientación Norte-Sur permite que la hilera de plantas reciba durante más tiempo la luz solar por ambas caras del seto de los árboles (Lemus, 2008). El almendro es un frutal que se puede cultivar desde una pendiente de 0% hasta 35% (CF, 2008; Durán *et al.*, 2012). Es un frutal rústico que vive en terrenos pobres, en laderas margosas, en suelos cascajosos, en los calcáreos del terciario y aprovecha tierras donde no llegan los demás frutales (Acerete, 1949).
- pH:** El pH debe estar en el rango de 5.5 a 8.5, con un óptimo de 7.3 (FAO, 1994). Precisa la presencia de caliza en el suelo (Yuste, 1997b). Entre 5.5 y 9.0 (CF, 2008). De acuerdo con CIREN (1989a), el pH mínimo tolerado es de 4.3, el rango óptimo es de 5.8-8.7, mientras que el máximo tolerado es de 9.3.
- Salinidad/Sodicidad:** A valores de conductividad eléctrica de 1.5, 2, 2.8, 4.1 y 6.8 dS m⁻¹, corresponde una reducción en el rendimiento de 0, 10, 25, 50 y 100% (Ayers y Westcot, 1985). Presenta baja tolerancia a la salinidad (Gostinçar, 1997). Sin embargo, es bastante resistente a la presencia de cloruros (Yuste, 1997b). De acuerdo con CIREN (1989a) el almendro presenta un valor tolerado de conductividad eléctrica de 1.6 dS m⁻¹ y un valor crítico de conductividad eléctrica de 4.1 dS m⁻¹.

Fertilidad y química del suelo:

La información que existe sobre las extracciones de nutrientes y los contenidos foliares en almendro es escasa. En países como España se recomienda la siguiente fertilización anual por árbol: 650 unidades de nitrógeno (N), 280 unidades de fósforo (P_2O_5) y 390 unidades de potasio (K_2O). Se recomienda repartir lo máximo posible el Nitrógeno y el Potasio durante la primavera y el verano, y aplicar el Fósforo a finales del invierno o principios de la primavera (Coniglio, 2008).

CARACTERÍSTICAS DE RESPUESTA AL CAMBIO CLIMÁTICO**Captura de carbono:**

En almendros, el riego deficitario permite al árbol asimilar la máxima cantidad de CO_2 mientras que pierde la mínima cantidad de agua, manifestándose, por tanto, como un mecanismo conservador de agua (Torrecillas *et al.*, 1988).

Respuesta a ozono:

La reducción en la tasa de asimilación neta de CO_2 esta linealmente relacionada con la concentración de ozono ambiental. Exposiciones largas a ozono están linealmente relacionadas con reducciones en la fotosíntesis y el área transversal del fruto de almendro y otros frutales. La reducción de la fotosíntesis causada por concentraciones $>200 \mu g m^{-3}$ de ozono provoca la reducción de los carbohidratos hacia los sumideros, resultando en una reducción del crecimiento de la planta. En las hojas se puede observar clorosis y motas amarillentas en la superficie del follaje antiguo de los árboles, así como una acelerada velocidad en la caída de las hojas, seguida de rotura de las hojas y una senescencia temprana o prematura (Reich y Amundson, 1985; Delgado, 2004).

Resistencia a sequía:

En condiciones de secano, la isoyeta de 200 mm anuales se considera el umbral pluvial de vulnerabilidad del cultivo por estrés hídrico (CMAJA, 2013).

Tolerancia a altas temperaturas:

El máximo térmico absoluto del almendro es $40^\circ C$, por lo que es poco probable que las altas temperaturas, resultado del cambio climático, provoquen daños al almendro debido a la tolerancia de la especie a estos extremos climáticos (CMAJA, 2013).

AMARANTO



CARACTERÍSTICAS DESCRIPTIVAS

- Nombre científico:** *Amaranthus hypochondriacus* L. (National Academy of Sciences, citado por Alejandre y Gómez, 1986).
Amaranthus paniculatus L. (Martínez, 1979).
Amaranthus caudatus y *Amaranthus cruentus*.
- Nombres comunes:** Amaranto, alegría, huauhtli.
Hierba de olla popular (Martin y Telek, 1979).
- Familia:** Amaranthaceae (Martínez, 1979; Mapes, 1986).
- Origen:** Suroeste de Estados Unidos y Norte de México (Sauer, citado por Alejandre y Gómez, 1986).
A. hypochondriacus es originario de México, *A. cruentus* es originario de Guatemala y el sureste de México, y *A. caudatus* tiene su origen en América del Sur.
- Distribución:** 35° LN a 30° LS (Sauer, citado por Granados y López, 1990).
16° a 28° LN en la República Mexicana (Reyna, 1986).
Se cultiva en varias partes del mundo: en América (desde Canadá hasta la Argentina, siendo Perú importante), Asia (Tailandia, India, China), África (Kenia) y en Europa (Polonia) aún en la parte septentrional (Syen-Erik *et al.*, 2002).
- Adaptación:** Zonas cálidas, semicálidas, templadas, secas (Reyna, 1986).
Una de sus mayores ventajas es la adaptabilidad a distintas zonas de producción y ambientes con amplia variación: zonas templadas, tropicales y subtropicales (Lee *et al.*, 2008).
- Ciclo de madurez:** 4 a 5 meses (Gómez, 1986).

Tipo fotosintético: C₄.

REQUERIMIENTOS CLIMÁTICOS

- Altitud:** 100-2842 m (Reyna, 1986).
Desde el nivel del mar hasta los 3000 m.
- Fotoperíodo:** Es sensible al fotoperíodo (Olufolaji *et al.*, 2010).
Existen cultivares de día corto y de día largo (FAO, 1994).
- Radiación (luz):** Prefiere días soleados (FAO, 1994).
- Temperatura:** La temperatura media anual óptima para el desarrollo, crecimiento y rendimiento del amaranto, oscila entre 13.7 y 28.9°C (Reyna, 1986).
La temperatura base o umbral mínima de desarrollo es de 6°C (Merrien, citado por Reyna, 1986).
El umbral mínimo para crecimiento es de 7°C, con un máximo de 47°C y un óptimo de 25°C (FAO, 1994).
Con una temperatura base de 6°C, el requerimiento térmico (en unidades calor o grados-día de desarrollo) del amaranto es de 35 para la etapa siembra-emergencia, 704 para la etapa emergencia-inicio de floración y de 889 para la etapa inicio de floración-madurez fisiológica. El requerimiento térmico global siembra-madurez fisiológica es de 1629 unidades calor (Díaz *et al.*, 2004).
- Precipitación (agua):** Su requerimiento hídrico en términos de agua utilizada en evapotranspiración durante el ciclo siembra-madurez, es de 385 mm; por etapas este valor se distribuye de la siguiente manera: 8 mm en la etapa de desarrollo de siembra a emergencia, 167 mm de emergencia a inicio de floración y 210 mm de inicio de floración a madurez fisiológica (Díaz *et al.*, 2004).
Desarrolla en forma adecuada con precipitaciones anuales de 469 a 1347 mm, distribuidos principalmente de Junio a Octubre (Reyna, 1986). Sin embargo, se le ha reportado en regiones con precipitación anual de hasta 200 mm (FAO, 1994).
La precipitación anual más aceptable para el cultivo es la que oscila entre 400 y 1000 mm; sin embargo esta especie se puede establecer desde los 300 hasta 2000 mm.
- Humedad relativa:** Prefiere una atmósfera moderadamente húmeda.

REQUERIMIENTOS EDÁFICOS

- Profundidad de suelo:** Requiere de un mínimo de 30 cm de suelo arable.
Es suficiente un suelo de mediana profundidad (FAO, 1994).
- Textura:** Desarrolla en suelos de textura arenosa, media y arcillosa (Duncan *et al.*; citados por Morales *et al.*, 1986).

	<p>Prefiere suelos de textura pesada (FAO, 1994), pero como la mayoría de las especies le es muy favorable un suelo de textura franca.</p> <p>Tolera suelos de mediana y aún baja calidad.</p>
Drenaje:	<p>Requiere suelos con buen drenaje (Duncan <i>et al.</i>, citados por Morales <i>et al.</i>, 1986).</p>
pH:	<p>Desarrolla en suelos desde muy ácidos hasta muy alcalinos (Duncan <i>et al.</i>; citados por Morales <i>et al.</i>, 1986).</p> <p>Rango de 4.0 a 8.5, con un óptimo de 7.0 (FAO, 1994).</p> <p>Precisa la presencia de caliza en el suelo (Yuste, 1997a).</p>
Salinidad/Sodicidad:	<p>Se considera muy tolerante a sales (Duncan <i>et al.</i>; citados por Morales <i>et al.</i>, 1986).</p> <p>Presenta mediana tolerancia a la salinidad (FAO, 1994).</p> <p>Es un cultivo tolerante a la salinidad (Olufolaji <i>et al.</i>, 2010).</p>
Fertilidad y química del suelo:	<p>Responde a niveles elevados de nitrógeno. Se han obtenido hasta 7.8 kg de amaranto por kg de nitrógeno. El fósforo incrementa el número de hojas por planta (Makus, 1992).</p> <p>La aplicación de Na (NaCl) a plantas deficientes de <i>A. tri-color</i> L. aumenta la asimilación de CO₂ y de NO₃⁻, produciendo un incremento en su tasa de crecimiento debido a la reducción de NO₃⁻ y la producción de proteína (Sánchez <i>et al.</i>, 2007).</p>

CARACTERÍSTICAS DE RESPUESTA AL CAMBIO CLIMÁTICO

Respuesta a ambientes enriquecidos de CO₂:	<p>La biomasa en raíces y brotes se incrementa en ambiente de elevado CO₂ (860 µL L⁻¹) con relación a CO₂ ambiente (360 µL L⁻¹). Para cultivos de <i>A. cruentus</i> desarrollados en medios conteniendo cesio a razón de 0, 100, 300, 500 y 1000 mg Cs kg⁻¹, el CO₂ elevado (860 µL L⁻¹) produce un incremento en la concentración de cesio tanto en brotes como en raíces, que asciende a 118, 28, 21, 14 y 17% en brotes, y 126, 6, 11, 17 y 22% en raíces, respectivamente. Las poblaciones de bacterias, actinomicetos, hongos y microbios de la rizósfera también se incrementan con el CO₂ elevado (Song <i>et al.</i>, 2012).</p> <p>Según Ziska y Bunce (1997), al incrementarse el CO₂ en el aire de 375 ppm a 681 ppm, la producción de biomasa en <i>A. hypochondriacus</i> se incrementa en aproximadamente 13%, con aumentos en área foliar (cm²), peso de hojas (g), peso de tallo (g) y peso de raíces (g), a razón de 4%, 5.7%, 17.2% y 17.1%, respectivamente. En cambio, la arvense <i>Amaranthus retroflexus</i> obtiene incrementos en la tasa de asimilación de CO₂ de 30%. Esto es una respuesta como la de las plantas C₃.</p> <p>Se esperaría que cultivos C₄ como el amaranto se beneficien de ambientes enriquecidos de CO₂ bajo sequía pero no tanto en condiciones óptimas de humedad (Leakey, 2009). El amaranto es poco eficiente a altas concentraciones de CO₂ (Pagano <i>et al.</i>, 2010; Mota <i>et al.</i>, 2011).</p>
--	--

- Captura de carbono:** El amaranto es una planta muy eficiente en la fijación de CO_2 (FAO, 2007).
Según la especie, se pueden obtener de 15 a 23 t ha^{-1} de biomasa (Rivelli *et al.*, 2008). Si se toma en cuenta que el carbono secuestrado es de aproximadamente 0.47% de la biomasa (Montero *et al.*, 2004), la magnitud del carbono secuestrado es entre 8.5 y 10.8 t C ha^{-1} , en 4.5 meses.
A densidades de 375 mil plantas ha^{-1} , se pueden obtener 57 t ha^{-1} de biomasa, lo que representa una captura de C de 27 t ha^{-1} , en aproximadamente 6 meses (Torres *et al.*, 2006), por lo que se considera al amaranto una planta altamente eficiente.
Su mecanismo de fijación de carbono (C_4) es de los más eficientes (Mota *et al.*, 2011).
- Respuesta a ozono:** Las plantas C_4 , en su etapa de desarrollo, son más susceptibles que las plantas C_3 a la exposición al ozono (Möcker *et al.*, 1996).
Harward y Treshow (1975) citan información sobre *Chenopodium album*, que puede ser útil ya que el amaranto es una especie de quelite cultivado: Bajo exposiciones de 30 pphm, durante 3 horas diarias, 5 días a la semana, en el periodo de estación de crecimiento, la planta mostró daños poco significativos en crecimiento.
- Respuesta a radiación UV-B:** Este cultivo es potencialmente sensible a los rayos UV-B, ya que éstos inhiben el crecimiento y la acumulación de biomasa y alteran los patrones de distribución de biomasa. Una dosis de NPK por encima de la recomendada minimiza los efectos adversos de UV-B (Suruchi *et al.*, 2009).
- Resistencia a sequía:** Se considera una especie tolerante a la sequía. Durante los periodos de sequía intraestival, puede tolerar una sequía de 5 a 30%. Macroclimáticamente se puede afirmar que el amaranto es una planta con grandes perspectivas de éxito aún en regiones áridas y regiones con presencia de siniestros climáticos (Reyna, 1986).
Se han obtenido cosechas aún en sitios con climas secos (clima B del sistema Köppen), caracterizados por escasa precipitación durante el año, lo que señala que el amaranto al ser de ciclo fotosintético C_4 , es altamente eficiente en el uso del agua, lo que favorece la formación de mayores cantidades de biomasa (Alejandre y Gómez, 1981).
Requiere 60% del agua en comparación al trigo o la cebada, por lo tanto el amaranto es un cultivo ideal para las regiones secas.
El amaranto es altamente resistente a sequía bajo altas concentraciones de CO_2 (Leakey, 2009).
Resistente a sequía (Olufolaji *et al.*, 2010).
Por su mecanismo fotosintético, hace un uso más eficiente del agua consumida para formar biomasa, en comparación con las plantas C_3 (Mota *et al.*, 2011).

Tolerancia a altas temperaturas:

Ante déficit hídrico, presenta ventajas adaptativas por su reservorio de CO₂, de tal forma que el proceso fotosintético continua aún ante un cierre imprevisto de estomas (Pagano *et al.*, 2010; Mota *et al.*, 2011).

En regiones muy secas se requieren riegos suplementarios (FAO, 2007).

Por su metabolismo fotosintético puede tolerar condiciones de alta temperatura (Pagano *et al.*, 2010; Mota *et al.*, 2011).

ANÍS



CARACTERÍSTICAS DESCRIPTIVAS

Nombre científico:	<i>Pimpinella anisum</i> L.
Nombres comunes:	Anís, anís verde, anís común, simiente dulce, matalahúga, pimpinela.
Familia:	Umbelliferae.
Origen:	Asia Occidental (sur del Mar Negro), Grecia, Egipto (Arvy y Gallouin, 2007). Originario de la zona de la costa oriental del mar Mediterráneo, Asia menor y Egipto. El anís que crece espontáneamente solo puede ser encontrado en unas pocas islas del mar Egeo (FAO, 2007).
Distribución:	20-25° a 45-50° LN y LS (FAO, 2000).
Adaptación:	Climas templado, templado-cálido y seco (Muñoz, 2002).
Ciclo de madurez:	Anual.
Tipo fotosintético:	C ₃ .

REQUERIMIENTOS CLIMÁTICOS

Altitud:	Del nivel del mar hasta los 1000 m (Muñoz, 2002).
Fotoperíodo:	Puede comportarse como una especie de días cortos (<12 horas luz), días neutros (12-14 horas luz) y días largos (>14 horas luz) (FAO, 2000).

Radiación (luz):	Prefiere exposiciones al sol.
Temperatura:	El rango térmico óptimo va de los 18 a los 26°C, con temperaturas mínima umbral de 5°C y máxima umbral de 30°C (FAO, 2000).
Precipitación (agua):	El rango de precipitación óptima anual es de 900-1300 mm, pudiéndose presentar el cultivo en zonas con precipitación de 600 a 1700 mm anuales (FAO, 2000).
Humedad relativa:	Es una planta propia de ambientes húmedos. En climas sub-húmedos se advierte su presencia prácticamente durante la temporada de lluvias.

REQUERIMIENTOS EDÁFICOS

Profundidad de suelo:	Suelos con profundidad de 50-150 cm (FAO, 2000).
Textura:	Prefiere suelos ligeros, silíceo-calcáreos, sueltos (Muñoz, 2002).
Drenaje:	Requiere buen drenaje (Muñoz, 2002).
pH:	6.5-7 (FAO, 2000).
Salinidad/Sodicidad:	Baja tolerancia a la salinidad (FAO, 2000).
Fertilidad y química del suelo:	Requiere suelos ricos en materia orgánica (Arvy y Gallouin, 2007). Se recomiendan 60 unidades de N, 80 unidades de P y 100 unidades de K por hectárea (Verdugo, 1999).

CARACTERÍSTICAS DE RESPUESTA AL CAMBIO CLIMÁTICO

Resistencia a sequía:	No resiste las sequías.
Tolerancia a altas temperaturas:	Temperaturas muy altas ocasionan un exceso de transpiración y provocan estrés en la planta.

APIO



CARACTERÍSTICAS DESCRIPTIVAS

Nombre científico:	<i>Apium graveolens</i> L. Var. Dulce (Mill.) Pers.
Nombres comunes:	Apio.
Familia:	Apiaceae (Umbelliferae).
Origen:	Regiones templadas de Europa y Asia (González, 1984).
Distribución:	45°LN a 40°LS.
Adaptación:	Regiones o estaciones templadas y subtropicales semicálidas y semifrías.
Ciclo de madurez:	Bianual.
Tipo fotosintético:	C ₃ .

REQUERIMIENTOS CLIMÁTICOS

Altitud:	1000-2500 m (Benacchio, 1982).
Fotoperíodo:	El apio ha sido clasificado como una planta de día neutro (Spector; Vince-Prue; citados por Pressman y Sachs, 1985). Planta de día corto-largo, con requerimiento de bajas temperaturas durante periodos de días cortos, necesidad de vernalización y requerimiento fotoperiódico cuantitativo (Pressman y Negbi, 1980).

	<p>Aun cuando la acumulación de frío sea alta, el apio no florece hasta que el fotoperíodo es mayor a 12 h (Favaro, 1995).</p>
Radiación (luz):	<p>Requiere días soleados, pero sin descuidar un buen abastecimiento de humedad al suelo, para que no se produzcan daños al tallo.</p> <p>Las semillas de apio se caracterizan por ser de las llamadas fotoblásticas positivas, es decir que necesitan de luz para germinar. Sin embargo, este requerimiento no es absoluto, sino que tiene lugar cuando la temperatura es superior a los 18°C, aproximadamente, dependiendo del cultivar. En condiciones de luz, los mayores porcentajes de germinación se obtienen alrededor de los 22°C, mientras que en condiciones de oscuridad los mayores porcentajes de germinación se obtienen a temperaturas de 15°C o ligeramente inferiores. Las variedades que requieren una alta acumulación de horas frío para florecer son las más exigentes en cuanto a necesidad de luz (Favaro, 1995).</p>
Temperatura:	<p>Especie tolerante al frío. Las plantas jóvenes soportan temperaturas de -4 a -5°C y las plantas adultas toleran temperaturas de hasta -9°C (Elías y Castellvi, 1996).</p> <p>La germinación se logra entre los 5 y 30°C, siendo el óptimo 21°C (Harrington, citado por Castaños, 1993).</p> <p>Temperaturas del suelo entre 35 y 37°C reducen drásticamente el crecimiento de plántulas de apio, mientras que a 38°C la germinación de semillas de apio es cero (Guzman, 1964).</p> <p>El apio requiere de un periodo de vernalización a temperaturas bajas (<14-16°C) para la inducción de la floración. En condiciones de vernalización subóptimas (baja acumulación de unidades frío) la aparición de los escapos florales se retrasa, lo que indicaría un requerimiento de fotoperíodo más largo para florecer. Durante el periodo de vernalización, la ocurrencia de temperaturas nocturnas altas puede provocar una desacumulación de unidades frío (Favaro, 1995).</p> <p>La semilla requiere un tratamiento de pre-germinación que consiste en mantener húmedas las semillas a 20°C durante 2-3 días. El punto de congelación se encuentra a 0°C, el crecimiento cero a 8°C y el crecimiento óptimo a 18-25°C. La mínima y la máxima para desarrollo son 9-10°C y 30°C, respectivamente.</p>
Precipitación (agua):	<p>Se cultiva básicamente bajo condiciones de riego. Tiene altas exigencias de agua, aunque el exceso de humedad, también puede ser perjudicial (Yuste, 1997a).</p> <p>De acuerdo con Allen <i>et al.</i> (2006), los coeficientes de cultivo para las etapas inicial, intermedia y final de desarrollo en plantas de 60 cm de altura son 0.7, 1.05 y 1.00, respectivamente.</p>
Humedad relativa:	<p>Prefiere atmósferas moderadamente húmedas.</p>

Las condiciones de conservación en cámara frigorífica son 0°C y 90-95% de humedad relativa; esto permite su conservación por varias semanas (Yuste, 1997a).

REQUERIMIENTOS EDÁFICOS

Profundidad de suelo:	Prefiere suelos profundos (Yuste, 1997a), aunque 50 cm suelen ser suficientes, si se cuenta con buen abastecimiento de humedad y drenaje en el suelo.
Textura:	Le son favorables suelos de textura ligera como los francos y franco-arenosos (Yuste, 1997a).
Drenaje:	Prefiere suelos con buen drenaje (Yuste, 1997a)
pH:	El pH óptimo oscila entre 6.8 y 7.2 (Yuste, 1997a).
Salinidad/Sodicidad:	Es una planta sensible a la salinidad (Yuste, 1997a). De acuerdo con Ayers y Westcot (1985) el apio mantiene el 100% de su potencial de rendimiento cuando la conductividad eléctrica no supera los 1.8 dS m ⁻¹ ; sin embargo a 3.4, 5.8, 9.9 y 18 dS m ⁻¹ , este cultivo reduce su rendimiento en 10, 25, 50 y 100%.
Fertilidad y química del suelo:	Las cantidades (kg ha ⁻¹) de elementos minerales requeridas para una producción estimada de 87 t ha ⁻¹ de hojas y pecíolos son: nitrógeno 206, fósforo 154, potasio 240, calcio 316, magnesio 24, sodio 12. El apio extrae por hectárea 130 kg de N, 50 kg de P ₂ O ₅ y 200 kg de K ₂ O (Yuste, 1997a). Un cultivo de apio que produce 67 t de materia verde por hectárea, extrae 313 kg de N, 80 kg de P y 711 kg de K (Favaro, 1995).

CARACTERÍSTICAS DE RESPUESTA AL CAMBIO CLIMÁTICO

Respuesta a ambientes enriquecidos de CO₂:	Un nivel de 718 µl l ⁻¹ de CO ₂ produce pecíolos más largos en el apio, un contenido de nitrógeno reducido y por tanto una relación C:N más alta tanto en hojas como en pecíolos. No obstante, el incremento de CO ₂ no afecta el contenido de agua ni de carbono en la planta. La relación C:N más alta no se asocia en apio con un incremento en las concentraciones de furanocumarinas lineales potencialmente perjudiciales (Reitz <i>et al.</i> , 1997). El incremento de CO ₂ causa la disminución de la concentración de N, P, K, Mg y B en el meristemo de las plántulas; mientras que a nivel de raíces reduce el N y K, incrementa el Mg, y no altera la concentración de P, Ca y B (Tremblay <i>et al.</i> , 1988).
--	---

Captura de carbono:	<p>Cuando el nivel de CO₂ se eleva 600 ppm por arriba de la concentración ambiente, la producción de materia seca se eleva en 29% (Tremblay <i>et al.</i>, 1987; CSCDGC, 2013).</p> <p>Una plantación comercial bajo fertirrigación produce 10 t ha⁻¹ de materia seca (Rincón <i>et al.</i>, 2002), de los cuales aproximadamente 4.7 t ha⁻¹ son carbono capturado, aplicando el factor de conversión materia seca-carbono de 0.47 (Montero <i>et al.</i>, 2004).</p>
Respuesta a ozono:	<p>La velocidad de respiración del apio cortado fresco es retardada por el tratamiento con ozono (Zhang <i>et al.</i>, 2005).</p>
Resistencia a sequía:	<p>En respuesta a la sequía, el número y tamaño de las hojas se reducen, la reducción del área foliar puede llegar hasta 60%; en consecuencia el rendimiento y calidad del producto comercializable disminuyen severamente (Pascale <i>et al.</i>, 2003; Cun <i>et al.</i>, 2007). A nivel fisiológico, en las plantas con estrés hídrico el contenido de agua total, el potencial osmótico y el potencial de presión de hojas y raíces son menores que en las plantas sin estrés hídrico; se presenta un ajuste osmótico, se reduce la tasa de asimilación neta, el contenido de materia seca es mayor por efecto de la menor agua en los tejidos, la elasticidad de la membrana se reduce y hay cambios en el contenido mineral de las hojas, el contenido de nitrógeno, fósforo, potasio, cloro y sodio son menores en plantas estresadas y el contenido de calcio aumenta (Pascale <i>et al.</i>, 2003).</p>
Tolerancia a altas temperaturas:	<p>No se considera un cultivo tolerante a altas temperaturas, ya que el apio es una especie que se originó en regiones templadas. Temperaturas por arriba de 30°C le son perjudiciales (Yuste, 1997a).</p>

ARÁNDANO



CARACTERÍSTICAS DESCRIPTIVAS

Nombre científico:	<i>Vaccinium</i> sp.
Nombres comunes:	Arándano.
Familia:	Ericaceae.
Origen:	Norteamérica, Europa Central, Eurasia, América del Sur (García y García, 2011).
Distribución:	30°-70° LN y 30°-55° LS (FAO, 2000).
Adaptación:	Regiones climáticas templadas y húmedas de tipo atlántico (Paredes, 2010).
Ciclo de madurez:	Perenne.
Tipo fotosintético:	C3.

REQUERIMIENTOS CLIMÁTICOS

Altitud:	600 a 2500 m (Paredes, 2010).
Fotoperíodo:	Las condiciones ambientales estimulantes para la inducción floral son días con 8 horas de fotoperíodo (óptimo) y se anula la inducción floral con días de 16 horas de luz (Hall <i>et al.</i> ; citados por Pescie y López, 2007).
Radiación (luz):	Crece a plena luz aunque soporta sombra.

Temperatura:	Las variedades cultivadas necesitan estar sometidas a bajas temperaturas durante un periodo de tiempo variable para romper la dormancia. Esta necesidad de horas-frío se para los grupos agronómicos: altos requerimientos, más de 800 HF (<i>V. corymbosum</i> y <i>V. angustifolium</i>); requerimientos medios, 400-600 HF (<i>V. ashei</i>) y bajos requerimientos, con menos de 400 HF (cruzamiento entre <i>V. corymbosum</i> , <i>V. darrowi</i> y <i>V. ashei</i>). Las temperaturas altas, superiores a 28-30°C, pueden afectar negativamente al fruto, ocasionando arrugamientos y quemaduras (García y García, 2011). En periodo invernal puede soportar hasta -30°C, mientras que en verano, si las temperaturas suben por encima de los 28°C, los frutos pueden sufrir daños. La flor puede soportar hasta -2 y -3°C (Paredes, 2010). Las necesidades de frío invernal varían entre 700 y 1500 horas por debajo de 7°C. Durante la temporada invernal, los arándanos soportan temperaturas muy bajas, hasta -28°C, mientras que durante la floración, temperaturas por debajo de -5°C pueden dañar las flores (Salinero y Sabarís, 2013).
Precipitación (agua):	De 1200 a 1400 mm (Paredes, 2010).
Humedad relativa:	85-90%.

REQUERIMIENTOS EDÁFICOS

Profundidad de suelo:	La profundidad efectiva del suelo debe ser como mínimo de 0.60 m (Paredes, 2010).
Textura:	Suelos de textura ligera, con buen drenaje y abundante materia orgánica, superior al 3% (García y García, 2011). Suelos franco-arenosos, francos y en menor medida los franco-arcillosos, ricos en materia orgánica y sin capas freáticas superficiales (Paredes, 2010).
Drenaje:	Requiere de suelos con buen drenaje (García y García, 2011).
pH:	El pH es un factor crítico para el cultivo, exige valores ácidos, con un intervalo óptimo entre 4.5 y 5.5 (García y García, 2011), aunque Salinero y Sabarís (2013) opinan que el óptimo de pH está entre 4.3 y 4.8.
Salinidad/Sodicidad:	Tiene baja tolerancia a la salinidad (FAO, 2000).
Fertilidad y química del suelo:	Generalmente el arándano requiere poca fertilidad y es sensible a excesos de fertilización (Vidal, 2007).

CARACTERÍSTICAS DE RESPUESTA AL CAMBIO CLIMÁTICO

- Respuesta a ambientes enriquecidos de CO₂:** En un ambiente enriquecido a 566 $\mu\text{mol mol}^{-1}$ CO₂, el arándano *Vaccinium myrtillus* L. incrementó su biomasa entre 13 y 88%, dependiendo de la disponibilidad de agua y nitrógeno. Para una condición de humedad constante con bajo nitrógeno el incremento de biomasa fue de 82%, mientras que bajo esta misma condición hídrica pero alto nitrógeno el incremento fue de 88%. Con baja humedad y bajo nitrógeno la biomasa se incrementó sólo en 13%; en tanto que con baja humedad y alto nitrógeno el incremento fue de 67%. Finalmente para alta humedad con bajo y alto nitrógeno, los aumentos en la biomasa fueron de 50 y 64%, respectivamente (Arp *et al.*, 1998). En condiciones de 560 ppm CO₂, la fotosíntesis de *V. myrtillus* L. se incrementó y la densidad estomática en hojas disminuyó (Beerling y Woodward, 1996; CSCDGC, 2013).
- Respuesta al incremento de lluvia:** El incremento continuo de precipitación durante siete años en Suecia, produjo una reducción en la producción de ramas de *V. vitis-idaea*, mientras que en *V. uliginosum* incrementó el grosor de la hoja, y, en *V. myrtillus* redujo la floración y la producción de frutos (Phoenix *et al.*, 2001).
- Respuesta a radiación UV-B:** La reducción de un 15% de la capa de ozono provocaría la estimulación de producción de frutos en *V. myrtillus*, sin efecto sobre la fenología reproductiva (Gwynn *et al.*, 1997). *V. myrtillus* muestra reducción en crecimiento, incremento en el grosor de la hoja e incremento en la floración y producción de frutos bajo un ambiente incrementado en radiación UV-B. En tanto, *V. uliginosum* y *V. vitis-idaea* muestran resistencia a la radiación UV-B (Phoenix *et al.*, 2001).
- Resistencia a sequía:** Este cultivo es muy sensible a la sequía del terreno y a la asfixia por encharcamiento, debido a su sistema radicular que es poco profundo.
- Tolerancia a altas temperaturas:** Durante la maduración del fruto las temperaturas por encima de los 28-30°C junto con vientos secos, provocan el arrugamiento y quemaduras de las bayas (Salinero y Sabarís, 2013).

ARROZ



CARACTERÍSTICAS DESCRIPTIVAS

Nombre científico:	<i>Oriza sativa</i> L.
Nombres comunes:	Arroz.
Familia:	Poaceae (Gramineae).
Origen:	China (González, 1984).
Distribución:	45° LN a 40° LS (Purseglove, 1985).
Adaptación:	Regiones tropicales y subtropicales.
Ciclo de madurez:	100-130 días (Benacchio, 1982).
Tipo fotosintético:	C ₃ .

REQUERIMIENTOS CLIMÁTICOS

Altitud:	Desde el nivel del mar (incluso por debajo de éste, donde se cultiva con contenedores) hasta los 3000 m en los Himalayas (Purseglove, 1985). 0-2000 m, con rango óptimo de 0 a 500 m (Benacchio, 1982).
Fotoperíodo:	Planta de día corto, con un fotoperíodo crítico de 12-14 horas. La sensibilidad al fotoperíodo varía entre genotipos. El fotoperíodo crítico para las variedades más sensibles es de 10 horas. Casi todas las variedades presentan mayor precocidad en ambientes de días cortos (Baradas, 1994). Existen variedades insensibles al fotoperíodo (Purseglove, 1985).

Radiación (Luz):	Requiere radiación directa durante la mayor parte de su ciclo, con una intensidad de luz óptima de 32.3-86.1 klux (Baradas, 1994). Los nublados durante la etapa reproductiva y de maduración afectan significativamente el rendimiento. La etapa más crítica de la planta va de los 15 días antes de la floración hasta la cosecha, en donde para altos rendimientos se requieren más de 400 cal cm ⁻² día ⁻¹ (Benacchio, 1982).
Temperatura:	Rango 18-40°C. Para la germinación se requieren de 18 a 40°C, para la emergencia y establecimiento 25-30°C, para el amacollamiento 25-31°C, para la floración 30-33°C y para la maduración 20-29°C (Baradas, 1994). Para el Noreste de China y variedades de tipo japónica, el arroz se da en zonas en las que se tiene por lo menos una temperatura promedio diaria de 10°C durante 110 días y una temperatura media diaria de 20°C o más durante 30 días para la etapa reproductiva (Gao <i>et al.</i> , 1987).
Precipitación (agua):	Cuando se cultiva bajo condiciones de temporal, requiere 1000-4000 mm anuales. Requiere de suelos húmedos e inundados. Para buenos rendimientos se necesitan 200-300 mm de lluvia bien distribuidos por mes. La etapa más crítica son los 10 días anteriores a la floración (Benacchio, 1982). Para plantas con una altura promedio de 1 m, el coeficiente de cultivo (Kc) para las etapas inicial, intermedia y tardía es 1.05, 1.2 y 0.6-0.9, respectivamente (Allen <i>et al.</i> , 2006).
Humedad relativa:	Le favorece una humedad atmosférica alta (Benacchio, 1982).

REQUERIMIENTOS EDÁFICOS

Profundidad de suelo:	> 60 cm. La máxima profundidad de las raíces es de alrededor de 1m cuando no hay una capa compacta en el subsuelo (Doorenbos y Kassam, 1979).
Textura:	Prefiere suelos arcillo-limosos o franco-arcillosos, preferentemente no calcáreos (Benacchio, 1982).
Drenaje:	Requiere pobre drenaje (Benacchio, 1982).
pH:	5.2-8.0 (Benacchio, 1982). El pH óptimo está entre 5.5 y 6.0 (Doorenbos y Kassam, 1979). El rango óptimo de pH es de 5.5 a 6.5 en suelo seco y de 7.0 a 7.2 en suelo inundado.
Salinidad/Sodicidad:	Especie tolerante a salinidad (Benacchio, 1982). Las disminuciones de rendimiento debidas a distintos niveles de salinidad son: 0% para una conductividad eléctrica de 3.0 dS m ⁻¹ ; 10% para 3.8 dS m ⁻¹ ; 25% para 5.1 dS m ⁻¹ ; 50% para 7.2 dS m ⁻¹ y 100% para 11 dS m ⁻¹ (Ayers y Westcot, 1985).

Fertilidad y química del suelo:

El consumo de nutrientes (kg ha^{-1}) por parte de un cultivo de arroz con una producción de biomasa de 33.21 t ha^{-1} , es el siguiente: N 304, P 71.1, K 559.1, Ca 56.8, Mg 49.6, S 28.8, Cu 0.76, Fe 9.06, Mn 23.59, Zn 2.0, B 0.24 (Amador y Bernal, 2012).

La extracción promedio de nutrientes (kg) por tonelada de grano producido es la siguiente: N 15, P 3.0, K 3.0, Ca 0.16, S 1.0, B 0.008 (Cruzate y Casas, 2009).

CARACTERÍSTICAS DE RESPUESTA AL CAMBIO CLIMÁTICO

Respuesta a ambientes enriquecidos de CO_2 :

Bajo una concentración de CO_2 de 627 ppm en ambiente controlado, el rendimiento del arroz se incrementa 23%, producto de aumentos en la panícula y el número de granos, más un incremento modesto en el peso de grano. En experimentos FACE (Enriquecimiento de la concentración de CO_2 al aire libre) el incremento de rendimiento es sólo del 12% (Ainsworth, 2008).

A 700 ppm de CO_2 , el rendimiento del arroz se incrementa 50% (Baker, 2004).

Bajo condiciones de CO_2 elevado, el contenido de almidón en el grano se incrementa un 3% con relación al cultivo de arroz en CO_2 ambiente, por lo que se incrementa también la firmeza en el grano cocido (Reinke, 1993; Uprety *et al.*, 2010)

La condición de elevado dióxido de carbono también produce una reducción en el contenido de nitrógeno (Lieffering *et al.*, 2004) y de proteína en el grano (Uprety y Reddy, citados por Uprety *et al.*, 2010).

Captura de carbono:

La estrategia más común para prevenir la formación de metano en humedales para el cultivo de arroz, es disminuir el periodo de inundación, de modo que la materia orgánica esté menos protegida de la mineralización y puedan ser emitidos CO_2 y N_2O o NH_4 . Por estas razones, parecería muy difícil, por el momento, manejar simultáneamente la producción de arroz en tierras húmedas y la captura de carbono (FAO, 2007).

Produce $4,200 \text{ kg ha}^{-1}$ de materia seca (Toufiq, 2004), los que convertidos a carbono (factor de conversión 0.47; Montero *et al.*, 2004) dan como resultado que el arroz puede capturar aproximadamente 1974 kg ha^{-1} de carbono.

Respuesta a ozono:

Cuando se expone el arroz a 62 ppb O_3 , el rendimiento disminuye 14%, debido a que el ozono reduce fotosíntesis, biomasa, índice de área foliar, número de granos y peso de grano (Ainsworth, 2008).

El rendimiento del arroz es reducido por el ozono en un rango de 20 a 100 nl l^{-1} . El efecto detrimental del ozono en la materia seca total es particularmente evidente después del embuche. El ozono también afecta la partición de la materia orgánica en la planta. Dentro de los componentes del rendimiento, el peso de 1000 granos es significativamente reducido por el O_3 (Kobayashi *et al.*, 1995).

A una exposición de 35-75 ppb de ozono durante 4-8 horas diarias en promedio, durante la estación de crecimiento, las pérdidas en rendimiento son de 3 a 47% (Emberson *et al.*, 2009).

Resistencia a sequía:

La sequía disminuye el rendimiento del grano porque se reduce la longitud y el peso de las panículas, el número de granos llenos por panícula y el peso de los granos; aumentan granos vanos (Quispe *et al.*, 1994).

Tolerancia a altas temperaturas:

Las temperaturas elevadas eliminan las ganancias que pudieran tenerse en rendimiento, derivadas de un incremento de CO₂ (Ainsworth, 2008).

AVE DE PARAÍSO



CARACTERÍSTICAS DESCRIPTIVAS

Nombre científico:	<i>Strelitzia reginae</i> Banks.
Nombres comunes:	Ave de paraíso.
Familia:	Strelitziaceae.
Origen:	África del sur (Vidalie, 2001).
Distribución:	0-30°LN y LS.
Adaptación:	Climas húmedos, cálidos y tropicales (FO, 2010).
Ciclo de madurez:	Perenne. La emergencia floral y del tallo floral en promedio es en 186 días, con un rango de variación de 173 a 240 días (Criley y Kawabata, citados por López <i>et al.</i> , 2005).
Tipo fotosintético:	C ₃ .

REQUERIMIENTOS CLIMÁTICOS

Altitud:	A partir del nivel del mar hasta los 1300-2000 m (FO, 2010).
Fotoperíodo:	Planta de días largos, su régimen fotoperiódico general son 13 horas de día/11 horas de noche (Vidalie, 2001).
Radiación (luz):	Las plantas requieren la luz solar con sombreado parcial durante el verano, la cantidad de sombra recomendada es del 20%. Requiere de 4-6 horas luz por día a plena exposición solar (FO, 2010).

Temperatura:	La fisiología de la floración todavía no está completamente entendida, sugiriéndose temperaturas de 10 a 15°C en la noche y de 15 a 30°C durante el día; la mejor temporada para la producción de flores es cuando se tienen temperaturas de 15 a 20°C (Krogt, citado por López <i>et al.</i> , 2005). Se hiela a los -3°C, necesitando una temperatura nocturna invernal de 12 a 14°C. La inducción floral se realiza entre los 13 y 16°C; por encima de los 20°C se inhibe (Vidalie, 2001). Resiste temperaturas de 5°C. Su temperatura óptima de cultivo parece estar comprendida entre los 15 y 30°C (Odrizola y Albertos, 1972).
Precipitación (agua):	Entre 1000 y 1500 mm anuales (FO, 2010).
Humedad relativa:	60 a 90%.

REQUERIMIENTOS EDÁFICOS

Profundidad de suelo:	Requiere de suelos muy profundos, está dotada de raíces principales y secundarias con crecimiento muy desarrollado (López <i>et al.</i> , 2005).
Textura:	Se desarrolla en suelos sílicos-arcillosos, humíferos y profundos (Vidalie, 2001). Este cultivo requiere de suelos limosos con bajo porcentaje en arcillas y ricos en materia orgánica (López <i>et al.</i> , 2005).
Drenaje:	Es exigente de un suelo con buen drenaje (Vidalie, 2001).
pH:	Requiere un pH de 7 o ligeramente inferior (Vidalie, 2001). El pH ideal está entre 6 y 7 (Odrizola y Albertos, 1972). Se considera que el pH óptimo es de 6.2 a 6.4, pero prospera con valores de 6 a 7.
Salinidad/Sodicidad:	Como la mayoría de las plantas, prefiere un ambiente edáfico no salino.
Fertilidad y química del suelo:	La nutrición de estas plantas se basa en materia orgánica y mezcla de fertilizantes químicos como el tratamiento 15-30-15 (N-P-K) en una dosis de 30 g planta ⁻¹ , cuando tiene una edad de 2 a 3 años, y, una dosis de 60 g planta ⁻¹ en plantas mayores (López <i>et al.</i> , 2005).

CARACTERÍSTICAS DE RESPUESTA AL CAMBIO CLIMÁTICO

Resistencia a sequía:	Una vez arraigada, la planta tolera moderadamente la sequía.
Tolerancia a altas temperaturas:	Por arriba de 30°C, la planta ya no está en condiciones de confort ambiental y comienza a haber afectaciones para la planta.

AVELLANA



Fotografía: Con la autorización de Lynn Ketchum (Oregon State University)

CARACTERÍSTICAS DESCRIPTIVAS

Nombre científico:	<i>Corylus avellana</i> L.
Nombres comunes:	Avellana, avellano.
Familia:	Betulaceae.
Origen:	Asia Menor, Europa y toda la Región Mediterránea.
Distribución:	Se distribuye entre los 40° LN y 40° LS
Adaptación:	Regiones subtropicales semicálidas y templadas.
Ciclo de madurez:	Perenne.
Tipo fotosintético:	C ₃ .

REQUERIMIENTOS CLIMÁTICOS

Altitud:	La altitud apropiada está entre los 600 y los 1900 m, aunque el rango de mayor distribución de esta especie va de 1370 a 1580 msnm.
Fotoperíodo:	Responde tanto a días cortos (<12 horas luz), días neutros (12-14 horas luz), como a días largos (>14 horas luz) (FAO, 2000).
Radiación (luz):	Se considera una condición sin limitaciones la que provee más de 110 (Kcal/cm ² /año), por debajo de este valor la disponibilidad de radiación comienza a ser limitante (Lemus, 2004). La planta de avellana crece en condiciones de media sombra (Gilman, 2007), aunque la vitalidad de la raíz puede verse reducida hasta en 17% cuando las plántulas se desarrollan con un 15% de luz. Con un 100% de luz solar la vitalidad de las plántulas es de 8% (Karolewski <i>et al.</i> , 2010).

Temperatura:	<p>Las temperaturas medias anuales deben oscilar entre 12 y 16°C, las temperaturas máximas de tolerancia son 35 a 36°C, mientras que las temperaturas mínimas van de -8 a -10°C o inferiores (Cruzat y Villegas, 2010).</p> <p>Una condición térmica sin limitaciones, es aquella que establece una temperatura media anual > 12°C y una temperatura de verano > 15°C; un periodo libre de heladas > 5 meses, un periodo térmico vegetativo > 6 meses, una acumulación anual de horas frío > 800 (Medel, citado por Lemus, 2004).</p> <p>Las flores femeninas se congelan a -12°C, mientras que las masculinas a -9°C (Medel, citado por Lemus, 2004).</p>
Precipitación (agua):	<p>La precipitación deseada es de 800 a 1000 mm anuales, bien distribuidos durante el año, con un aporte cercano al 25% en el periodo de verano (Cruzat y Villegas, 2010).</p> <p>Una condición pluvial sin limitaciones consiste en precipitación anual > 800 mm, precipitación de primavera-verano > 600 mm, y un periodo seco menor a dos meses (Medel, citado por Lemus, 2004).</p>
Humedad relativa:	<p>La humedad relativa óptima para el avellano está entre 70 y 80% durante todo el periodo vegetativo. Sin embargo, existe una amplia variabilidad en la capacidad de adaptación de los diferentes cultivares a esta condición climática.</p>

REQUERIMIENTOS EDÁFICOS

Profundidad de suelo:	<p>60-150 cm (Medel, citado por Lemus, 2004).</p> <p>El avellano requiere un terreno profundo, blando, de naturaleza silíceo-calcáreo-arcillosa o calcáreo-silíceo-arcillosa y de subsuelo permeable.</p>
Textura:	<p>Esta especie se adapta a casi todos los tipos de suelo, excepto los que no tienen capacidad de retención de humedad y los que son excesivamente compactos. La planta no crece bien en terrenos arenosos o pedregosos, en los cuales sufre por falta de humedad, o en terrenos arcillosos, donde sufre por el estancamiento del agua (Grau, 2003). Prefiere suelos de textura media (Medel, citado por Lemus, 2004).</p>
Drenaje:	<p>El avellano es una planta muy sensible a los excesos de humedad, por lo que en terrenos donde el subsuelo es impermeable, se deberá corregir esta condición con oportunos trabajos de drenaje, antes de realizar la plantación (Grau, 2003).</p>
pH:	<p>El pH puede variar entre 6 y 8, aunque se ha observado buena adaptación a pH entre 5.5 y 6.2 (Grau, 2003). Su rango es de 5.5 a 7.5, aunque su óptimo está entre 6.8 y 7.2 (Medel, citado por Lemus, 2004).</p>
Salinidad/Sodicidad:	<p>El avellano es una planta que tolera pobremente la salinidad en el suelo.</p>

Fertilidad y química del suelo:

No aplicar nitrógeno en árboles menores de 2 años. Aplicar entre 113 y 150 g de nitrógeno por árbol en árboles de avellana de 3 a 5 años; entre 150 y 227 g árbol⁻¹ en árboles de 6 a 7 años y entre 227 y 340 g árbol⁻¹ en árboles de 8 a 10 años. En árboles maduros, la más eficiente absorción del nitrógeno aplicado al suelo, ocurre durante el crecimiento activo en primavera. En árboles con 1.8% o menos de nitrógeno foliar en agosto, aplicar 1.360 kg árbol⁻¹; en árboles con 1.8 a 2.2% aplicar entre 0.907 y 1.360 kg árbol⁻¹; en árboles con 2.2 a 2.5% aplicar entre 0.680 y 0.907 kg árbol⁻¹. No aplicar nitrógeno cuando la hoja presente 2.5% o más de este elemento. En relación con el potasio, aplicar entre 3.630 y 4.536 kg árbol⁻¹ cuando el árbol tenga 0.5% o menos de potasio foliar, y aplicar entre 2.721 y 3.630 kg árbol⁻¹ en situaciones de 0.5 – 0.7% de potasio en la hoja. No aplicar potasio cuando la hoja contenga 0.7% o más. Otros requerimientos nutricionales de los árboles de avellana incluyen fósforo, azufre, calcio, magnesio, manganeso, hierro, cobre, boro y zinc (Olsen, 2001).

CARACTERÍSTICAS DE RESPUESTA AL CAMBIO CLIMÁTICO**Respuesta a ambientes enriquecidos de CO₂:**

Incrementos en la concentración del CO₂ atmosférico en los últimos setenta años han sido acompañados por una disminución en la densidad estomatal de las hojas de *C. avellana*. El número de estomas por mm² en 1927 fue de 225, mientras que en 1994-1995 fue de 113±24 estomas por mm² (Beerling y Kelly, 1997).

Captura de carbono:

No hay registros de los principales compuestos de almacenamiento y transporte de carbono en avellana.

Respuesta a ozono:

Los efectos del ozono se manifiestan a través de bronceado en las hojas con un punteado visible resultante de la necrosis celular en los tejidos asimilativos. El estrés oxidativo en el apoplasta por efecto del ozono se manifiesta por protrusiones en forma de filamentos en las paredes de la célula (Vollenweider *et al.*, 2003).

C. avellana no mostró lesiones inducidas por ozono bajo un contexto experimental (VanderHeyden *et al.*, 2001).

Resistencia a sequía:

C. avellana puede desarrollar normalmente aún en condiciones de sequía severa (Tinner y Lotter, 2001).

Tolerancia a altas temperaturas:

En Eslovenia, alrededor del 75% de las fenofases manifiestan una tendencia hacia una aparición más temprana y una duración de la floración más corta en P2, lo cual se debe a cambios de temperatura de hasta +0.3°C por década entre 1969 y 2007. Un incremento en la temperatura del aire de 1°C causa una aceleración en el hojeadado de 2.5 a 3.9 días-grado, con la floración mostrando una alta sensibilidad, ya que ese incremento de 1°C promueve la floración masculina en 7.0 a 8.8 días-grado y la floración femenina en 6.3 a 8.9 días-grado (Crepinsek *et al.*, 2011).

AVENA



CARACTERÍSTICAS DESCRIPTIVAS

Nombre científico:	<i>Avena sativa</i> L.
Nombres comunes:	Avena.
Familia:	Poaceae (Gramineae).
Origen:	Región mediterránea (González, 1984).
Distribución:	40° LN a 40° LS (Benacchio, 1982)
Adaptación:	Zonas frías y templadas (González, 1984), como cultivo de verano y, zonas semicálidas como cultivo de invierno (Aragón, 1995), siempre que haya una temporada de invierno más o menos definida.
Ciclo de madurez:	110-275 días (FAO, 1994). 3-4.5 meses (Aragón, 1995).
Tipo fotosintético:	C ₃ .

REQUERIMIENTOS CLIMÁTICOS

Altitud:	Más de 1500 m en zonas tropicales y subtropicales y desde el nivel del mar en zonas templadas. 1000 a 3000 m (Aragón, 1995).
-----------------	---

Fotoperíodo:	Existen cultivares indiferentes a la duración del día, pero de manera natural la avena se considera una especie de día largo (FAO, 1994). Existe considerable diversidad entre el género <i>Avena</i> con respecto a la respuesta fotoperiódica. Sin embargo, todas las formas estudiadas muestran que la floración es acelerada por días largos, por lo cual las especies de Avena deben ser consideradas como plantas de día largo (Griffiths; Wiggans y Frey; citados por Shands y Cisar, 1985).
Radiación (Luz):	Requiere condiciones intermedias de luminosidad (FAO, 1994).
Temperatura:	El rango térmico de desarrollo está entre 5 y 30°C, con un óptimo de 17.5°C (FAO, 1994). Al igual que el trigo, requiere de un periodo de vernalización en las primeras etapas de desarrollo, para lograr una buena floración. Es durante el periodo de vernalización cuando se comporta como una especie tolerante al frío, condición que desaparece en las etapas posteriores. La vernalización a 2-5°C por 1 a 7 semanas acelera la emergencia de panículas y produce un mayor número de panículas por planta (Frimmel; citado por Shands y Cisar, 1985). Las altas temperaturas en las etapas iniciales de crecimiento inhiben la iniciación floral más que el fotoperíodo y producen plantas que forman panículas pobremente desarrolladas (Shands y Cisar, 1985). El régimen térmico diario, ejerce una importante influencia sobre la fenología de la avena, así como en el nivel de productividad de materia seca. Por ejemplo bajo un régimen de temperatura diurna/nocturna de 28°C/23°C, para la variedad <i>Jaycee</i> , los días a emergencia de panícula fueron en promedio 34, mientras que para un régimen de 13°C/13°C, esta etapa requirió 55 días. Sin embargo, se observó que bajo este último régimen se obtuvo un mayor número de espigas y de materia seca, con lo que se deduce que la avena prefiere regímenes térmicos más bien frescos que cálidos, por lo menos hasta la etapa de iniciación floral (Peterson y Schrader; citados por Shands y Cisar, 1985). Tolera heladas (Aragón, 1995).
Precipitación (agua):	Requiere de 400 a 1300 mm por ciclo y tolera sequías no prolongadas (Aragón, 1995). En temporal, se requiere que se acumulen de 250 a 770 mm durante el ciclo de desarrollo, siendo el óptimo 500 mm (FAO, 1994). Para plantas con una altura promedio de 1 m, el coeficiente de cultivo (Kc) para las etapas inicial, intermedia y tardía es 0.3, 1.15 y 0.25, respectivamente (Allen <i>et al.</i> , 2006).
Humedad relativa:	Prefiere atmósferas relativamente secas, ya que la alta humedad relativa es un importante factor promotor de enfermedades.

REQUERIMIENTOS EDÁFICOS

Profundidad de suelo:	Desarrolla bien en condiciones de mediana profundidad (FAO, 1994), que implican una profundidad efectiva de 40-60 cm. > 30 cm (SEP, 1986).
Textura:	Prefiere suelos arcillo-limosos o franco-arcillosos, preferentemente no calcáreos, con buena retención de humedad (Benacchio, 1982). Produce en cualquier tipo de textura, aunque la óptima es la limosa (SEP, 1986).
Drenaje:	Requiere suelos con buen drenaje (FAO, 1994).
pH:	El óptimo de pH está entre 5.5 y 7.5 (Ignatieff; citado por Moreno, 1992; Spurway; Ojeda; citados por Vázquez, 1996). Desarrolla en un rango de pH de 4.5 a 7.5, con un óptimo de 6.0 (FAO, 1994). El óptimo de pH está alrededor de 7.0 (Aragón, 1995).
Salinidad/Sodicidad:	Presenta ligera tolerancia a la salinidad (FAO, 1994). Es un cultivo considerado tolerante a la salinidad (Hanson <i>et al.</i> , 2006) con un umbral de conductividad eléctrica para daño en el cultivo probablemente entre 6 y 8 dS m ⁻¹ .
Fertilidad y química del suelo:	Este cultivo absorbe aproximadamente 23 kg de N, 7.5 kg P ₂ O ₅ , 6.2 kg de K ₂ O, 2.0 kg de S y un poco más de 1 kg de Mg y Ca por cada tonelada de grano producida (Lazcano, 2001).

CARACTERÍSTICAS DE RESPUESTA AL CAMBIO CLIMÁTICO

Respuesta a ambientes enriquecidos de CO₂:	Un incremento de CO ₂ de 600 μmol mol ⁻¹ incrementa en promedio (observaciones de tres variedades de avena) 18.7% la tasa de fotosíntesis, 7% la conductancia estomática, 102% el índice de área foliar, 475% la biomasa en fresco y 375.7% la biomasa en base seca (Bhatt <i>et al.</i> , 2010). El rendimiento de variedades escandinavas de avena se incrementa 7% a 700 ppm de CO ₂ , en comparación con un ambiente de 380 ppm. El número promedio de semillas se incrementa 11%; el peso promedio de la semilla se reduce 20%; la calidad de las semillas no es afectada (Johannesen <i>et al.</i> , 2005).
Captura de carbono:	Bajo una densidad de plantación de 128 plantas m ⁻² , los valores en gramos de carbono y gramos de CO ₂ por planta, para raíz, parte aérea y total de planta son: 0.1 y 0.37; 2.8 y 10.27; y, 3.0 y 10.63, respectivamente (Mota, 2011).
Respuesta a ozono:	Se han registrado daños atribuibles al ozono en la avena, observándose lesiones irregulares, bifaciales y necróticas en hojas de este cultivo (Ramírez, 1999).

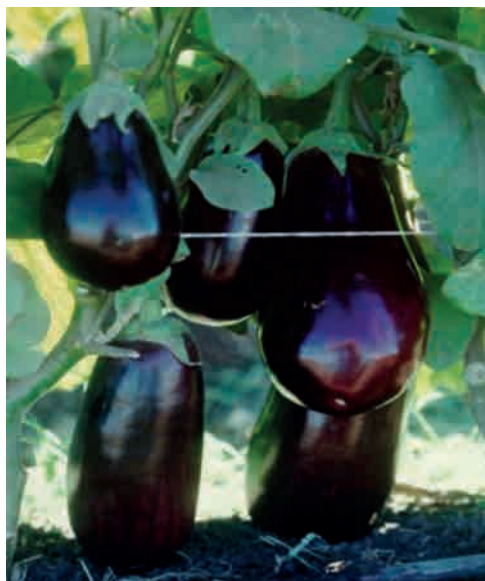
Resistencia a sequía:

Existe variabilidad genética que establece diferencias en cuanto a tolerancia a la sequía por parte de los genotipos de avena disponibles para siembra en el mundo. La productividad promedio, el promedio geométrico de la productividad, el índice de tolerancia al estrés y la media armónica son parámetros que pueden ser utilizados por los mejoradores genéticos para seleccionar variedades de avena tolerantes a sequía. Las variedades Tarahumara y Brusher son de las que tienen mayor valor en cuanto a estos parámetros, por lo que pueden ser consideradas como tolerantes a sequía (Zaheri y Bahraminejad, 2012). La avena tolera sequías, pero no prolongadas (Aragón, 1995).

Tolerancia a altas temperaturas:

Temperaturas por arriba de 30°C son perjudiciales para la avena, la cual es una planta más bien adaptada a condiciones de temperaturas frescas que cálidas (Peterson y Schrader; citados por Shands y Cisar, 1985).

BERENJENA



CARACTERÍSTICAS DESCRIPTIVAS

Nombre científico:	<i>Solanum melongena</i> L. Var. <i>esculentum</i> Nees.
Nombres comunes:	Berenjena, flor de huevo, nana.
Familia:	Solanaceae.
Origen:	Asia tropical (González, 1984). India (Benacchio, 1982).
Distribución:	40° LN a 40° LS (Benacchio, 1982).
Adaptación:	Zonas tropicales y subtropicales, por debajo de los 1600 msnm (González, 1984).
Ciclo de madurez:	70 días luego del trasplante (Benacchio, 1982). 75-150 días (Baradas, 1994).
Tipo fotosintético:	C ₃ .

REQUERIMIENTOS CLIMÁTICOS

Altitud:	0-800 m (Benacchio, 1982). En los trópicos, desarrolla bien hasta una altitud de 900 m (Purseglove, 1987).
Fotoperíodo:	Insensible al fotoperíodo (Baradas, 1994).

Radiación (Luz):	Requiere alta iluminación (Yuste, 1997a), con un óptimo de intensidad luminosa entre 32.3 y 86.1 klux (Baradas, 1994).
Temperatura:	La temperatura de congelación es 0°C. La temperatura óptima para crecimiento es de 22 a 27°C, con una temperatura umbral mínima para desarrollo de 13-15°C y una temperatura umbral máxima de desarrollo de 40°C. La temperatura de crecimiento cero es 10-12°C y la temperatura nocturna óptima va de 17 a 22°C. Las temperaturas mínima y máxima para germinación son 15 y 35°C, respectivamente, con un óptimo de 20 a 25°C. La temperatura óptima para floración se ubica entre 20 y 30°C (Yuste, 1997a). Rango, 10-35°C, con un óptimo para fotosíntesis de 25-30°C. La oscilación diaria de temperatura debería ser de 9 a 10°C. Se adapta bien a temperaturas medias superiores a 22°C pero por debajo de los 30°C (Benacchio, 1982). Las temperaturas diurnas deberían ubicarse en el rango de 25 a 35°C, mientras que las nocturnas entre 20 y 27°C (Baradas, 1994). Las temperaturas nocturnas óptimas van de 15 a 18°C, mientras que las diurnas óptimas oscilan entre 22 y 26°C. El cero fisiológico se ubica en 9-10°C (Ibar y Juscafresa, 1987).
Precipitación (Agua):	Se produce preferentemente bajo riego, requiriendo de 340 a 515 mm por ciclo de producción, pero también puede prosperar en regiones con una precipitación anual entre 600 y 1200 mm (Benacchio, 1982). De acuerdo con Allen <i>et al.</i> (2006), los coeficientes de cultivo para las etapas inicial, intermedia y final de desarrollo en plantas que llegan a alcanzar una altura de 80 cm, son 0.6, 1.05 y 0.9, respectivamente.
Humedad relativa:	Requiere condiciones medias de humedad ambiental (Yuste, 1997a), esto es entre 40 y 70% de humedad relativa. El óptimo se ubica entre 60 y 70% de humedad relativa (Ibar y Juscafresa, 1987). Las condiciones de conservación en cámara frigorífica son 5 a 10°C y 90-95% de humedad relativa (Yuste, 1997a).

REQUERIMIENTOS EDÁFICOS

Profundidad de suelo:	Requiere suelos profundos (Yuste, 1997a), por lo general mayores a 1 m.
Textura:	Suelos francos, franco-arcillosos pero bien drenados (Benacchio, 1982). Prospera en suelos de textura areno-arcillosa (Yuste, 1997a). La textura más favorable es la arcillo-arenosa, de consistencia media (Ibar y Juscafresa, 1987).
Drenaje:	Requiere terrenos con buen drenaje (Yuste, 1997a). No tolera encharcamientos (Benacchio, 1982).

pH:	El rango óptimo de pH va de 6.0 a 7.0 (Yuste, 1997a). 6.0-7.5 (Benacchio, 1982). Rango óptimo, 6.0 a 7.0 (Ibar y Juscafresa, 1987). El óptimo de pH está entre 6.0 y 7.0 (Ignatieff, citado por Moreno, 1992).
Salinidad/Sodicidad:	Es moderadamente tolerante a la salinidad (Ibar y Juscafresa, 1987).
Fertilidad y química del suelo:	Para un rendimiento estimado de 40 ton ha ⁻¹ la berenjena absorbe las siguientes unidades de nutrimentos: Nitrógeno 75 (fruto) y 207 (planta total); Fósforo 27 (fruto) y 46 (planta total); Potasio 108 (fruto) y 340 (planta total); Calcio 12 (fruto); Magnesio 4 (fruto); Azufre 5 (fruto) (IFA, 1992).

CARACTERÍSTICAS DE RESPUESTA AL CAMBIO CLIMÁTICO

Respuesta a ambientes enriquecidos de CO₂:	Un incremento de 300 ppm de CO ₂ sobre la concentración actual, produce un incremento de 41% en el rendimiento de la berenjena (Idso, 2013). Se reporta un incremento 13-21% en la producción comercial acumulada de septiembre a julio con una concentración de CO ₂ de 500 ppm, en comparación con el testigo (sin incremento de CO ₂). En tanto para una concentración de 800 ppm el incremento es de 15 a 26%. Las diferencias entre 500 y 800 ppm no se reportan estadísticamente significativas (Baixauli <i>et al.</i> , 2013). Las plantas de berenjena en elevado CO ₂ (700 ppm) se manifiestan como eficientes en el uso del agua bajo condiciones de estrés hídrico (Sarker y Hara, 2009). Bajo estas condiciones (elevado CO ₂ y estrés hídrico) las plantas de berenjena disminuyen la conductancia estomática y la tasa de transpiración, pero incrementan la proporción neta de fotosíntesis foliar, aún cuando el ancho y longitud de los estomas disminuye (Sarker y Hara, 2011).
Respuesta a ozono:	Las lesiones inducidas por ozono aparecen entre los nervaduras, comenzando por la zona apical de las hojas más viejas. Los síntomas son necrosis irregulares bronceadas (incluso digitadas en algunas ocasiones) que no traspasan hacia el envés de la hoja, excepto en estados muy avanzados del daño, en los que la hoja además de las lesiones, presenta una clorosis generalizada. En plantas muy afectadas se observa una pérdida importante de las hojas de más edad (Sanz <i>et al.</i> , 2001).
Resistencia a sequía:	Puede tolerar sequía (Baradas, 1994). La berenjena es un cultivo catalogado como moderadamente sensible al estrés hídrico (Lovelli <i>et al.</i> , 2007). En respuesta a la falta de agua la planta sufre cambios en su fisiología, morfología y distribución de biomasa, baja el rendimiento y calidad de los frutos.

Tolerancia a altas temperaturas:

En condiciones de estrés hídrico, disminuyen el contenido relativo de agua y el potencial de agua de las hojas, llegando este último a ser de tres a seis veces menor que en las plantas sin estrés (Sarker y Hara, 2009).

En condiciones de baja disponibilidad de agua, la planta incrementa la temperatura de las hojas en 3-4°C, se reduce el contenido de clorofila (Kirnak *et al.*, 2001), la tasa fotosintética, la conductancia estomática, la conductividad hidráulica de las raíces y la transpiración (Sarker y Hara, 2009; Saker y Hara, 2011); además, hay una menor absorción de nutrimentos (N, P, K) y movimiento de ellos dentro de la planta (Kirnak *et al.*, 2001).

Respecto a los cambios anatómicos, Sarker y Hara (2009) reportan que las plantas bajo estrés hídrico reducen la densidad de estomas en 3 y 5% en las caras adaxial y abaxial respectivamente y el tamaño de los estomas. La estructura de la raíz no se modificó por el estrés hídrico, pero ocasionó la formación y acumulación de suberina en las células de la raíz que obstruyen la conductividad hidráulica.

Como respuesta general a la sequía, hay una reducción en el crecimiento de la planta; Kirnak *et al.* (2001) asentaron que cuando la humedad del suelo llega a 40% de capacidad de campo, la altura de la planta se reduce en 46%, el diámetro del tallo en 51%, el peso total en 43% y la tasa relativa de expansión de las hojas en 75%. La relación raíz-tallo es 2.1 veces mayor en plantas estresadas, lo que muestra que el estrés hídrico modifica la distribución de la biomasa en la planta, asignando más recursos hacia la raíz. A consecuencia de todos los cambios que ocurren en la planta por falta de agua, el rendimiento de frutos comercializables y la calidad de los frutos obtenidos son significativamente menores (Kirnak *et al.*, 2001; Lovelli *et al.*, 2007).

Las plantas transgénicas acumulantes de poliaminas han mostrado tener niveles superiores de tolerancia a estrés abiótico derivado de altas temperaturas, bajas temperaturas, sequía, metales pesados y salinidad (Prabhavathi y Rajam, 2007).

BETABEL



CARACTERÍSTICAS DESCRIPTIVAS

Nombre científico:	<i>Beta vulgaris</i> L. subsp. <i>vulgaris</i> var. <i>altissima</i> .
Nombres comunes:	Betabel, remolacha.
Familia:	Chenopodiaceae.
Origen:	Asia (Benacchio, 1982). Región mediterránea (Santibáñez, 1994).
Distribución:	40°LN a 40°LS (Doorenbos y Kassam, 1979).
Adaptación:	Regiones de clima templado o subtropical con invierno definido (González, 1984).
Ciclo de madurez:	Es una planta bianual, que para la producción de azúcar se maneja como cultivo anual (Santibáñez, 1994). Es una planta bianual que durante el primer año desarrolla la raíz y en el segundo florece. Su ciclo de cultivo alcanza los 210-215 días, aunque hay variedades que se recolectan a los 90-100 días (Yuste, 1997a). El ciclo de crecimiento para producción va de 160 a 200 días (Doorenbos y Kassam, 1979). 65-80 días (Benacchio, 1982). 160-240 días (FAO, 1994).
Tipo fotosintético:	C ₃ .

REQUERIMIENTOS CLIMÁTICOS

Altitud:	600 a 3000 m (Benacchio, 1982).
Fotoperíodo:	Planta de día largo (Doorenbos y Kassam, 1979). Se considera planta de día largo, aunque hay cultivares de día neutro (Benacchio, 1982). Es una planta de día largo (Lexander, 1985).
Radiación (luz):	Requiere de abundante insolación, ya que en áreas sombreadas se reducen mucho los rendimientos (Benacchio, 1982).
Temperatura:	El rango térmico para desarrollo es de 10 a 30°C, con un óptimo entre 18 y 22°C (Doorenbos y Kassam, 1979). La temperatura base para germinación está entre 2 y 5°C (Gummerson, 1986). Es una especie bien adaptada al frío, su rango térmico es 5-30°C. La temperatura media para un buen rendimiento está entre los 15 y 21°C. Por debajo de los 12°C no hay crecimiento. Temperaturas altas son perjudiciales al cultivo y disminuyen mucho su contenido de azúcar (Benacchio, 1982). Su rango térmico de crecimiento es de 5-35°C, con un óptimo de 20°C (FAO, 1994). Temperaturas nocturnas entre 8 y 10°C promueven un alto contenido de azúcar en las raíces; sin embargo si las temperaturas son más bajas que este nivel y los días son largos, se induce la floración, lo cual disminuye la concentración de azúcares en las raíces (Stout, 1946). El punto de congelación se encuentra entre -5 y -7°C; la temperatura base para crecimiento es 5-7°C, mientras que el óptimo para crecimiento es de 22-25°C. La temperatura máxima para desarrollo es 30-35°C. La germinación se da entre los 5 y 35°C, siendo la temperatura óptima 20-25°C (Yuste, 1997a). Las plantas de esta especie requieren vernalización entre cerca de 0°C y 10-15°C. El óptimo está alrededor de 8°C en luz y 2-4°C en oscuridad (Curth, citado por Lexander, 1985).
Precipitación (agua):	Las necesidades de agua para el periodo vegetativo van de 550 a 750 mm. En condiciones en que la evapotranspiración máxima es de 5 a 6 mm día ⁻¹ , puede agotarse del 50 al 60% del agua total disponible en el suelo, sin reducir la absorción de agua por parte del cultivo (Doorenbos y Kassam, 1979). Conviene cultivar esta especie bajo riego, ya que es muy exigente en humedad. Requiere de 1000 a 1500 mm. El periodo más crítico es cuando las raíces tienen un diámetro de 5 cm (Benacchio, 1982). Si se cultiva bajo temporal, se debe acumular durante el periodo de crecimiento de 500 a 900 mm, con un óptimo de 650 mm (FAO, 1994). Para plantas con una altura promedio de 40 cm, el coeficiente de cultivo (Kc) para las etapas inicial, intermedia y tardía es 0.5, 1.05 y 0.95, respectivamente (Allen <i>et al.</i> , 2006).

Humedad relativa: Prefiere una atmósfera con condiciones intermedias de humedad. Las condiciones de conservación en cámara frigorífica son 0°C y 90-95% de humedad relativa (Yuste, 1997a).

REQUERIMIENTOS EDÁFICOS

Profundidad de suelo: En suelos profundos, el cultivo puede desarrollar un sistema radical penetrante y profundo, pero normalmente el 100% del agua se extrae a partir de la primera capa de suelo con un espesor de 0.7 a 1.2 m (Doorenbos y Kassam, 1979).

Textura: Se recomiendan suelos francos para este cultivo (Benacchio, 1982). Son aptos suelos de textura media a ligeramente pesada y que sean desmenuzables (Doorenbos y Kassam, 1979).

Drenaje: Requiere suelos bien drenados (FAO, 1994).

pH: Su rango de pH es de 6.0 a 8.0, con un óptimo de 7.0 a 7.5 (Benacchio, 1982). El óptimo va de 6.5 a 8.0 (Ignatieff; citado por Moreno, 1992).

Su rango de pH está entre 6.0 y 7.0, con un óptimo de 6.5 (FAO, 1994). Valores de pH inferiores a 5.5, son desfavorables para el desarrollo (Doorenbos y Kassam, 1979).

Salinidad/Sodicidad: Es un cultivo de alta tolerancia a la salinidad (Aguilar, 2013). Excepto en las etapas iniciales, una vez que se ha establecido el cultivo, éste es tolerante a la salinidad. La disminución del rendimiento es de 0% para 7 dS m⁻¹; 10% para 8.7 dS m⁻¹; 25% para 11 dS m⁻¹; 50% para 15 dS m⁻¹ y 100% para 24 dS m⁻¹. Durante el periodo inicial la conductividad eléctrica no debe exceder de 3 dS m⁻¹ (Doorenbos y Kassam, 1979; Ayers y Westcot, 1985).

Fertilidad y química del suelo: La cantidades de nutrimentos (kg ha⁻¹) que son absorbidas por este cultivo para un rendimiento estimado de 70-90 toneladas son: 250 de Nitrógeno, 90 de Fósforo, 580 de Potasio, 50 de Azufre, 120 de Sodio, 50 de Calcio y 60 de Magnesio (Draycott y Christenson, 2003).

CARACTERÍSTICAS DE RESPUESTA AL CAMBIO CLIMÁTICO

Respuesta a ambientes enriquecidos de CO₂: A niveles elevados de CO₂ (550 ppm), se mejora el intercambio de CO₂ en la parte aérea de la planta (Burkart *et al.*, 2009) y la tasa neta de fotosíntesis también se incrementa (Romanova *et al.*, 2002) con respecto a la concentración actual de este gas en la atmósfera.

Concentraciones elevadas de CO₂ (600 y 700 μmol mol⁻¹) incrementan el rendimiento de biomasa en 21%, de raíz en 26% y el área foliar con respecto a las plantas que crecen en CO₂ ambiente. En ambiente de CO₂ elevado, el contenido de glicina betaina disminuye 13% y 16% para plantas con N suficiente y N restringido, respectivamente. El contenido de α-amino-N se reduce en 24 y 16% para N alto y N bajo (Demmers *et al.*, 1998).

Captura de carbono:	El betabel en general experimenta una pérdida de carbón en el agroecosistema ya que la mayor parte de la biomasa del cultivo es removida al cosechar los tubérculos. La pérdida de carbón varía dependiendo de muchos factores. Al respecto, Dersch y Böhm (2001) reportan 2.4 t ha ⁻¹ ; Moureaux <i>et al.</i> (2006) señalan 19.45 kg C ha ⁻¹ d ⁻¹ y Overstreet (2009) consigna 1.6 y 1.15 t ha ⁻¹ bajo el sistema de labranza convencional y en franjas, respectivamente.
Respuesta a ozono:	El betabel es un cultivo moderadamente susceptible al ozono (Mills <i>et al.</i> , 2007). La alta concentración de ozono (62 nl l ⁻¹) en el aire provoca daños en el follaje, se forman áreas necróticas blanquecinas (De Temmerman <i>et al.</i> , 2007), y el grado de daño es dependiente del genotipo (Menser, 1974). El rendimiento se reduce en 6% y el contenido de azúcares en el bulbo disminuye en 9%. El ozono tiene poca influencia en la calidad de la planta de betabel (De Temmerman <i>et al.</i> , 2007).
Resistencia a sequía:	Para enfrentar la sequía, el betabel utiliza las siguientes estrategias: 1) cambia la distribución de la biomasa, reduciendo la parte aérea e incrementando la biomasa radical. El crecimiento de la raíz en respuesta a la sequía se da principalmente en un aumento de la biomasa de raíces fibrosas, lo que da oportunidad a la planta de obtener más agua; y 2) realiza un ajuste osmótico acumulando solutos en el citoplasma y vacuolas para crear condiciones osmóticas favorables que le ayudan a sobrevivir, más que para sostener el crecimiento para la planta. Los solutos que se han detectado son la glicina betaina; en condiciones de sequía la planta aumenta de 1.5 a 4 veces la concentración de glicina betaina tanto en la parte aérea como en la raíz (Shaw <i>et al.</i> , 2002). Con la sequía, la prolina también se incrementa en todos los órganos de la planta y la glucosa en el bulbo, además en las hojas da lugar a movimiento de cationes univalentes (K ⁺ , Na ⁺) y divalentes (Ca ²⁺ , Mg ²⁺) (Choluj <i>et al.</i> , 2008).
Tolerancia a altas temperaturas:	Las altas temperaturas tienen un efecto negativo en el cultivo, un incremento de 3°C disminuye la biomasa aérea en 11%; y la de la raíz en 7%. Las altas temperaturas no afectan la concentración de glicina betaina pero si la de sucrosa. A altas temperaturas, el crecimiento de las hojas es más rápido que a temperatura ambiente, por lo que las plantas alcanzan más rápidamente la máxima área foliar y la mayor intercepción de luz. Las altas temperaturas aceleran el desarrollo y crecimiento en las fases tempranas del ciclo pero al final reducen el rendimiento debido a la senescencia anticipada de la planta y al alto costo de respiración (Demers <i>et al.</i> , 1998). Las altas temperaturas reducen la calidad del betabel al incrementar el contenido de minerales en el bulbo (De Temmerman <i>et al.</i> , 2007). Temperaturas altas son perjudiciales al cultivo y disminuyen mucho su contenido de azúcar (Benacchio, 1982).

BRÓCOLI



CARACTERÍSTICAS DESCRIPTIVAS

Nombre científico:	<i>Brassica oleracea</i> L. Var. Italica Plenck.
Nombres comunes:	Brócoli.
Familia:	Cruciferae.
Origen:	Región Mediterránea, Suroeste de Europa, Sur de Inglaterra (Purseglove, 1987).
Distribución:	0° a 55° N y S (Purseglove, 1987).
Adaptación:	Regiones templadas, subtropicales y tropicales de altura, con uno o varios periodos durante el año con temperaturas frescas (Purseglove, 1987).
Ciclo de madurez:	80-120 días.
Tipo fotosintético:	C ₃ .

REQUERIMIENTOS CLIMÁTICOS

Altitud:	Desde el nivel del mar en zonas templadas y a partir de los 900 msnm en zonas tropicales (Purseglove, 1987). 900-2500 m.
Fotoperíodo:	Hasta la etapa de botonamiento y a una temperatura de 12.5°C, se comporta como una planta cuantitativa de día largo (Dikshit y Singh; citados por Friend, 1985). El desarrollo está más determinado por la temperatura que por el fotoperíodo (Tan <i>et al.</i> , 2000).

Radiación (Luz):	Prospera en condiciones de baja intensidad luminosa (Yuste, 1997a).
Temperatura:	<p>Un 90% de germinación se obtiene con semillas a una temperatura del suelo entre 10 y 30°C. A estas temperaturas también se obtiene un mínimo de 75% de emergencia de plántulas (Marshall <i>et al.</i>, 1992).</p> <p>La temperatura base y la temperatura óptima para desarrollo son 0 y 20°C, respectivamente (Tan <i>et al.</i>, 2000).</p> <p>Las plantas de brócoli requieren de un periodo de vernalización para una buena floración (Friend, 1985). Para que este requerimiento se cumpla es necesaria una exposición a 4.5°C durante 21 días. Se considera que existe una devernización a temperaturas por arriba de 26.5°C (Fontes <i>et al.</i>, citados por Friend, 1985). El óptimo para germinación está entre 20 y 30°C y el óptimo para crecimiento de la plántula está alrededor de los 15.5°C. La germinación se produce entre los 5 y 42°C, y la elongación de raíces entre 10 y 35°C (Jet <i>et al.</i>, 1996).</p> <p>El punto de congelación está alrededor de los -10°C, mientras que el crecimiento cero se encuentra entre 3 y 5°C. La mínima y máxima de desarrollo se sitúan en 6 y 30°C, respectivamente y el óptimo de crecimiento se alcanza a 16-18°C. La mínima para germinación está entre 6 y 8°C y la máxima entre 30 y 35°C, con un óptimo de 18-25°C (Yuste, 1997a).</p> <p>La temperatura base es de 0°C y la temperatura óptima es de 20°C (Tan <i>et al.</i>, 2000).</p>
Precipitación (agua):	<p>Generalmente esta especie se cultiva bajo riego, ya que es muy susceptible a la falta de humedad en el suelo. Requiere de 800 a 1200 mm durante el ciclo de producción (FAO, 1994) y la humedad del suelo no debe bajar del 50% de la capacidad de campo.</p> <p>De acuerdo con Allen <i>et al.</i> (2006), los coeficientes de cultivo para las etapas inicial, intermedia y final de desarrollo en plantas de 30 cm de altura son 0.7, 1.05 y 0.95, respectivamente.</p>
Humedad relativa:	Para su desarrollo prefiere humedad atmosférica alta. La conservación frigorífica a 0°C y 90-95% de humedad relativa permite una duración del producto de hasta 2 semanas (Yuste, 1997a).

REQUERIMIENTOS EDÁFICOS

Profundidad de suelo:	Requiere suelos de mediana profundidad, con por lo menos 60 cm de espesor.
Textura:	Los mejores suelos son los de textura migajón-arenosa (Purseglove, 1987), aunque puede prosperar bajo un cierto rango textural, desde suelos migajón-arenosos a suelos migajón-arcillosos.

Drenaje:	El brócoli debe cultivarse en suelos con buen drenaje. Esto debe tomarse en cuenta sobre todo en suelos de textura pesada.
pH:	El rango de pH para esta especie es similar al de la coliflor, que va de 4.3 a 8.0, con un óptimo alrededor de 6.5 (FAO, 1994).
Salinidad/Sodicidad:	Tolera una conductividad eléctrica de hasta 2.8 dS m ⁻¹ sin afectaciones al rendimiento; pero a 3.9, 5.5, 8.2 y 14 dS m ⁻¹ , el rendimiento se reduce 10, 25, 50 y 100% (Ayers y Westcot, 1985).
Fertilidad y química del suelo:	Las cantidades de nutrimentos (kg/ha) que son requeridas por este cultivo para un rendimiento estimado de 1 t ha ⁻¹ son: Nitrógeno 5.8, Fósforo 1.8, Potasio 4.4 (Osmond y Kong, 2008).

CARACTERÍSTICAS DE RESPUESTA AL CAMBIO CLIMÁTICO

Respuesta a ambientes enriquecidos de CO₂:	<p>El aumento en las concentraciones de CO₂ provoca un incremento en la concentración de los iones K⁺, Ca²⁺ y Mg²⁺, lo que sugiere que aumentos considerables de este gas mejoran la absorción de elementos minerales en las plantas de brócoli. Concentraciones elevadas de CO₂ atmosférico parecen destinadas a mejorar algunos de los efectos negativos de la salinidad por NaCl en las plantas tolerantes a la sal como el brócoli (Mota, 2011).</p> <p>A concentraciones elevadas de CO₂ el brócoli incrementa el rendimiento de materia seca total e inflorescencias comestibles. La distribución de la biomasa en las diferentes partes de la planta no se ve afectada, pero si la tasa de área foliar disminuye ligeramente (Reekie <i>et al.</i> 1998; Schonhof <i>et al.</i>, 2007).</p> <p>Las altas concentraciones de CO₂ modifican la bioquímica de la planta, se incrementa el contenido total de glucosinolatos y de compuestos aromáticos volátiles, como son ácidos grasos volátiles derivados de aldehídos y alcoholes que mejoran el olor y sabor del producto comestible del brócoli y se reducen los indol-glucosinolatos que dan un sabor amargo (Schonhof <i>et al.</i>, 2007; Krumbein <i>et al.</i>, 2008).</p>
Captura de carbono:	<p>El porcentaje de carbón de las partes de la planta de brócoli es: raíz y tallo 41.5%, hojas 42% e inflorescencia 44%, y, la capacidad de fijación de carbono (g m⁻² año⁻¹) varía entre las partes de la planta de brócoli de la siguiente manera: raíz 1.8-1.9; tallo 2.7-4.3; hojas 0.3-0.5 e inflorescencia 0.5. Para la variedad Partenón, el total de carbono por planta es 58.2 g, mientras que el total de CO₂ planta⁻¹ es 210.4 g. Para una densidad de 3.5 plantas m⁻², el total de carbono capturado por hectárea por año es de 6.1 t. Para la variedad Naxos los valores son: 65 g de C planta⁻¹, 238.7 g de CO₂ planta⁻¹ y 6.8 t ha⁻¹ año⁻¹ (Mota, 2011).</p>
Respuesta a ozono:	<p>El brócoli es una especie tolerante al ozono (DeBock <i>et al.</i>, 2012; Sanz <i>et al.</i>, 2001), sin embargo, si el cultivo es expuesto a altas concentraciones de ozono sufre cambios fisiológicos y daños físicos que conducen a una reducción del rendi-</p>

miento. La susceptibilidad de este cultivo al ozono varía con su etapa de desarrollo, antes de la floración la concentración elevada de ozono no tiene efecto en el índice de área foliar ni en la capacidad fotosintética de las hojas superiores de la copa, pero después de esta etapa fenológica disminuye el índice de área foliar, el contenido de clorofila, la conductancia estomática, la asimilación de CO₂, y la capacidad fotosintética del brócoli, al reducir el número de centros activos de reacción fotosintética y el potencial fotosintético del fotosistema II (Vandermeiren *et al.*, 2009; DeBock *et al.*, 2011; DeBock *et al.*, 2012).

En respuesta al ozono, la planta incrementa la producción de antioxidantes (Vandermeiren *et al.*, 2009).

El ozono induce daños foliares que comienzan en las partes apicales de las hojas inferiores, las cuales son las más viejas. Las lesiones son intervenales, apreciándose una clorosis que avanza de los márgenes hacia el nervio central, permaneciendo las nervaduras más verdes. En estados avanzados, prácticamente toda la hoja aparece clorótica y finalmente se seca (Sanz *et al.*, 2001; DeBock *et al.*, 2012;).

Resistencia a sequía:

El brócoli es un cultivo sensible al estrés hídrico, especialmente en la etapa de floración, ya que la falta de agua durante la etapa vegetativa no produce efectos negativos ni en el rendimiento ni en la calidad del producto cosechado (Erken y Oztokat, 2010).

En respuesta al estrés hídrico el rendimiento de inflorescencias comercializables decrece y la magnitud de la reducción es proporcional a la magnitud del déficit de agua. De igual forma, la falta de agua merma la calidad de las inflorescencias comercializables ya que se reduce la altura, el diámetro y el peso (Erken y Oztokat, 2010; Ayas *et al.*, 2011).

El estrés hídrico reduce el área foliar y alarga el número de días necesarios para cosechar las inflorescencias (Erken y Oztokat, 2010).

En términos bioquímicos la falta de agua disponible para la planta incrementa el contenido de azúcares reducidos y azúcares totales, y reduce el de clorofila, la capacidad antioxidante y los compuestos fenólicos y flavonoides (Erken y Oztokat, 2010).

Cuando el déficit hídrico ocurre cerca de la cosecha tiene un efecto benéfico ya que aumenta la biosíntesis de citoquininas (zeatina y zeatina ribosa) lo que retrasa el amarillamiento de la inflorescencia después de cosechada y también la turgencia es mayor, alargando la vida de anaquel (Brauer *et al.*, 2008).

Tolerancia a altas temperaturas:

Para plantas en desarrollo, temperaturas por arriba de 30-32°C les son perjudiciales. Se considera una especie adaptada a ambientes templados (Purseglove, 1987) por lo que no tolera temperaturas máximas elevadas.

Es considerado un cultivo no tolerante al calor (Dufault, 1996).

CACAHUATE



CARACTERÍSTICAS DESCRIPTIVAS

Nombre científico:	<i>Arachis hypogaea</i> L.
Nombres comunes:	Maní, cacahuate.
Familia:	Fabaceae (Leguminosae).
Origen:	Sur de Brasil, Paraguay, Norte de Argentina (Benacchio, 1982; Augstburger <i>et al.</i> , 2000a).
Distribución:	40-45° LN a 40° LS (Byth <i>et al.</i> , citados por Summerfield y Roberts, 1985a; Augstburger <i>et al.</i> , 2000a).
Adaptación:	Regiones tropicales, subtropicales y templadas con temporada cálida (Doorenbos y Kassam, 1980; Benacchio, 1982; Ruiz, 1984). Regiones tropicales y subtropicales semiáridas, con altas temperaturas y baja o errática precipitación (Augstburger <i>et al.</i> , 2000a).
Ciclo de madurez:	90-140 días (Doorenbos y Kassam, 1979). 90-180 días (Augstburger <i>et al.</i> , 2000a).
Tipo fotosintético:	C ₃ .

REQUERIMIENTOS CLIMÁTICOS

Altitud:	0-800 m, sin embargo, en algunas regiones tropicales se cultiva hasta a 1200 m de altitud (Benacchio, 1982). 0-1550 m (Ruiz, 1984).
-----------------	--

Fotoperíodo:	Indiferente a la duración del día (Doorenbos y Kassam, 1979; Summerfield y Roberts, 1985a). Planta de día neutro (Barbour <i>et al.</i> , 1994; Augstburger <i>et al.</i> , 2000a).
Radiación (luz):	Requiere de abundante insolación (Benacchio, 1982). Es una planta que requiere días soleados. Sin embargo, se adapta sin menoscabo significativo del rendimiento a una disminución de hasta 40% de la densidad de flujo de fotones fotosintéticos (Barbour <i>et al.</i> , 1994). Tolera la sombra bajo cultivos arbóreos o mixtos (Augstburger <i>et al.</i> , 2000a).
Temperatura:	La temperatura base para germinación es 8-11.5°C, la máxima es 41-47°C y la óptima está entre 29 y 36.5°C (Mohamed <i>et al.</i> , 1988). Rango 10-35°C, con un óptimo para fotosíntesis entre 25 y 30°C. No responde al termoperiodismo. Los límites de temperatura promedio son 24 y 33°C, con un rango óptimo de 26-28°C. A 33°C no hay producción de frutos (Benacchio, 1982). La temperatura base para la etapa siembra-emergencia es de 13°C, con un requerimiento térmico alrededor de 76 GDD (Angus <i>et al.</i> ; citados por Ketring y Wheless, 1989). La temperatura base para todo el ciclo de cacahuete es casi constante y entre 10 y 11°C (Leong y Ong, citados por Ketring y Wheless, 1989). La temperatura diurna para un crecimiento óptimo es de 22 a 28°C. El rendimiento se reduce por debajo de los 18°C y por arriba de los 33°C. La germinación se retrasa por temperaturas inferiores a 20°C (Doorenbos y Kassam, 1979). Temperaturas por arriba de 35°C son inhibitorias para el crecimiento del cacahuete (Ketring, 1984). La temperatura umbral mínima (base) y la umbral máxima para desarrollo en cacahuete son de 13 y 35°C, respectivamente (Ketring y Wheless, 1989). La temperatura óptima para desarrollo del fruto está entre 20 y 24°C (Cox, Dreyer <i>et al.</i> , Williams <i>et al.</i> ; citados por Ketring y Wheless, 1989). Óptima de crecimiento vegetativo 25 a 30°C, y de reproducción 22 a 24°C. Las temperaturas nocturnas no deberían ser inferiores a 10°C durante la maduración del fruto. Las heladas ($\leq 0^\circ\text{C}$) son siempre mortales para la planta (Augstburger <i>et al.</i> , 2000a).
Precipitación (agua):	Las necesidades de agua para todo el ciclo van de 500 a 700 mm. Con una tasa de evapotranspiración de 5 a 6 mm/día, la tasa de absorción de agua del cultivo comienza a reducirse cuando se ha agotado alrededor del 50% del total de agua disponible en el suelo (Doorenbos y Kassam, 1979). Variedades precoces de 100 días requieren de 250 a 500 mm; las de ciclo largo de 145 días, de 500 a 1000 mm (Augstburger <i>et al.</i> , 2000a). Para plantas con una altura promedio de 40 cm, los coeficientes de cultivo (Kc) para las etapas de desarrollo inicial, intermedia y final son 0.4, 1.15 y 0.6, respectivamente (Allen <i>et al.</i> , 2006).

Humedad relativa: Prefiere una atmósfera relativamente seca, siempre y cuando el suelo se encuentre bien abastecido de humedad (Benacchio, 1982). Las plantas crecen de manera óptima con 50 a 85% de humedad relativa; sin embargo, el follaje, peso fresco y seco de vainas, rendimiento de semillas e índice de cosecha, son más altos a medida que la humedad relativa es más baja (Mortley *et al.*, 2000).

REQUERIMIENTOS EDÁFICOS

Profundidad de suelo: La parte principal del sistema radical se encuentra por lo general en los primeros 50-60 cm de suelo, aunque la planta puede extraer agua hasta a 1 m de profundidad (Doorenbos y Kassam, 1979). El cacahuate requiere suelos profundos (Augstburger *et al.*, 2000a).

Textura: No se recomiendan suelos pesados, ya que dificultan la extracción de la cosecha. Por ello se prefieren suelos ligeros y sueltos (Doorenbos y Kassam, 1979). Prefiere suelos con textura franca o franca-arenosa (Benacchio, 1982). Desarrolla mejor en suelos de texturas sueltas, areno-limosas, con suficiente contenido de cal y materia orgánica (Augstburger *et al.*, 2000a).

Drenaje: No tolera encharcamientos, por lo que requiere buen drenaje (Doorenbos y Kassam, 1979). Tolerancia encharcamientos hasta por una semana, pero conviene sembrarse en camellones (Augstburger *et al.*, 2000a).

Exposición del Terreno: No presenta restricciones por exposición del terreno, a menos que haya condiciones de laderas bajas o laderas con exposición norte, con riesgos de aire muy frío o heladas, lo cual puede disminuir el rendimiento (Augstburger *et al.*, 2000a). Las siembras en ladera son convenientes sobre todo en suelos arcillosos.

pH: 4.5 a 7.5. Se adapta bien a suelos ácidos y tolera bien el aluminio soluble (Benacchio, 1982). El óptimo se encuentra entre 5.3 y 6.6 (Ignatieff; citado por Moreno, 1992). Óptimo de 6.0-6.5, pero puede adaptarse hasta en suelos con pH de 7.8 (Augstburger *et al.*, 2000a).

Salinidad/Sodicidad: En general es susceptible a la salinidad, aunque existen variedades que toleran hasta 10,000 ppm de sales solubles (Benacchio, 1982). Es moderadamente sensible a la salinidad, siendo la disminución del rendimiento debida a distintos niveles de salinidad del suelo, la siguiente: 0% para una C.E. de 3.2 dS m⁻¹; 10% para 3.5 dS m⁻¹, 25% para 4.1 dS m⁻¹; 50% para 4.9 dS m⁻¹ y 100% para 6.5 dS m⁻¹ (Doorenbos y Kassam, 1979; Ayers y Westcot, 1985). El límite crítico de CE es 4 dS m⁻¹ (Augstburger *et al.*, 2000a); a partir de ahí reduce el rendimiento en 23% (Castellanos *et al.*, 2000).

Fertilidad y química del suelo:

La extracción de nutrimentos N-P-K-Ca-Mg-S en kg ha⁻¹ para obtener un rendimiento de vainas de 3 t ha⁻¹ y 5 t ha⁻¹ de materia verde es 192, 22, 66, 77, 25 y 15, respectivamente. Entre el 30 y 80% de N requerido es fijado por simbiosis en presencia de S y Ca (Augstburger *et al.*, 2000a). Para un rendimiento de 2-4.5 t ha⁻¹ de vainas, la cantidad de P en kg ha⁻¹ a agregar al cultivo según el nivel de este elemento en el suelo, es: para contenido muy bajo, de 50 a 60; para contenido bajo de 40-50; para contenido moderadamente bajo 35-45, para contenido medio 25-35, para moderadamente alto 0-25, y, para contenido de P alto y muy alto no se hacen aplicaciones (Castellanos *et al.*, 2000).

CARACTERÍSTICAS DE RESPUESTA AL CAMBIO CLIMÁTICO

Respuesta a ambientes enriquecidos de CO₂:

El enriquecimiento de CO₂ hasta llegar a 800 ppm, tiene efectos positivos sobre biomasa, número de vainas y el rendimiento de grano (33%); por arriba de ese nivel de CO₂ los aumentos son marginales (4% en rendimiento), hasta 1200 ppm, donde la planta presenta deficiencias fotosintéticas (Stanciel *et al.*, 2000).

Según Booker *et al.* (2007) y Bannayan *et al.* (2009), bajo condiciones controladas, con riego y fertilización convenientes, a concentraciones de 700 ppm de CO₂ en el aire, se obtienen incrementos de biomasa y rendimiento. No obstante la magnitud de éstos depende de la sensibilidad de los cultivares a la temperatura, sobre todo en la etapa de desarrollo reproductivo (Bannayan *et al.*, 2009).

Elevadas cantidades de CO₂ (400-800 ppm) estimulan la fijación de nitrógeno atmosférico y disminuyen los efectos perjudiciales del ozono (Tu *et al.*, 2009).

No se espera que niveles elevados de CO₂ tengan efectos importantes sobre la calidad y composición de las semillas de cacahuete (Burkey *et al.*, 2007).

Captura de carbono:

El secuestro de carbono es de alrededor de 8 t ha⁻¹ (Augstburger *et al.*, 2000a).

Respuesta a ozono:

Sensible al ozono; los ambientes enriquecidos de CO₂ no son suficientes para atenuar los efectos detrimentales del aumento de ozono (Booker *et al.*, 2007).

Altas concentraciones de ozono (49-79 nmol mol⁻¹) inhiben la fijación de nitrógeno atmosférico (Tu *et al.*, 2009).

El aumento de las concentraciones de O₃ troposférico tiende a disminuir el rendimiento de cultivares de cacahuete sensibles al O₃, mientras que los niveles elevados de CO₂ moderan esta respuesta (Burkey *et al.*, 2007).

Las aflatoxinas en cacahuete bajo un contenido de humedad de 5%, muestran ser sensibles a la exposición a ozono y son fácilmente degradadas cuando reaccionan con 6.0 mg L⁻¹ de ozono, por 30 min, a temperatura de laboratorio. Las proporciones de detoxificación de aflatoxinas totales y la aflatoxina B1 (AFB1) son 65.8% y 65.9%, respectivamente (Chen *et al.*, 2014).

Resistencia a sequía:

Resiste sequías prolongadas, más que el algodón, pero no es tan tolerante como el sorgo (Augstburger *et al.*, 2000a). Bajo condiciones de sequía aumenta la biomasa y el rendimiento (Clifford *et al.*, 2000).

Tolerancia a altas temperaturas:

A mayores temperaturas diurnas y nocturnas, se incrementa la biomasa (Prasad *et al.*, 2003).

A altas temperaturas, el rendimiento disminuye. Temperaturas diarias >35 °C disminuyen la carga de vainas (Augstburger *et al.*, 2000a).

Los ginóforos no desarrollan ni producen vainas si la temperatura del suelo es alta y existe déficit hídrico (Ono *et al.*, 1974).

CACAO



CARACTERÍSTICAS DESCRIPTIVAS

Nombre científico:	<i>Theobroma cacao</i> L.
Nombres comunes:	Cacao, cacaotero mexicano, cocoa.
Familia:	Sterculiaceae.
Origen:	México (González, 1984).
Distribución:	21° LN a 23° LS (Alvim, 1977).
Adaptación:	Es un cultivo estrictamente tropical (Purseglove, 1987). Las condiciones óptimas para cacao se resumen como trópicos húmedos y con calmas, lluvias bien distribuidas y temperaturas altas estables (GDRTL, 2004).
Ciclo de madurez:	Perenne. La primera floración útil ocurre de 18 a 24 meses después de la siembra; la floración es prácticamente continua; las frutas jóvenes crecen a los 40 días después de la polinización y se presenta un crecimiento rápido a los 75 días, la madurez completa se alcanza de 150 a 180 días. Hay dos picos de cosecha dependiendo del patrón de lluvias de la región ecuatorial y el clima templado de regiones subtropicales (IFA, 1992).
Tipo fotosintético:	C ₃ .

REQUERIMIENTOS CLIMÁTICOS

- Altitud:** 0-1000 m (Benacchio, 1982).
En regiones muy cercanas al Ecuador, el cacao es cultivado con éxito a mayor altitud (Uganda 1,400 m de altitud) (GDRTL, 2004).
- Fotoperíodo:** Es una planta de día neutro (FAO, 1994).
- Radiación (Luz):** Requiere sombra, no tolera altas intensidades de luz (Benacchio, 1982).
- Temperatura:** Rango 21-35°C, con un óptimo para crecimiento de 25.5°C. A temperaturas inferiores a 21°C, la producción de flores y frutos declina (Baradas, 1994).
La temperatura mínima para inducción floral es de 23 °C (Alvim, 1965).
La media anual debe ser de preferencia de 22.4 a 26.7°C, con una temperatura mínima media del mes más frío superior a 16°C y una oscilación térmica diaria no superior a 9°C (Benacchio, 1982).
La temperatura óptima es alta y relativamente estable durante el año, con promedio que oscila entre 25 y 28°C y no debe ser inferior a 20°C en el mes más frío. Aunque pueden ocurrir ocasionalmente periodos cortos con temperaturas menores de 10°C, estos no conducen a pérdidas de cultivos, pero favorecen el desprendimiento de plántulas en esas situaciones extremas. Largos periodos con temperatura superior a 30°C, afectan la fisiología de los árboles de cacao (GDRTL, 2004).
La condición de temperatura óptima para crecimiento no limitante del cacao es de 23 a 28°C, con condiciones térmicas limitantes de crecimiento entre 15 y 23°C y entre 28 y 30°C, y la temperatura fuera de la cual la producción no es rentable es debajo de 15°C y arriba de 30°C (Verheye, 2009).
- Precipitación (agua):** El cacao requiere de precipitación anual no menor que 1,200 mm bien distribuidos durante el año (Alvim, 1965). En todos los meses debe contarse al menos con 100 mm de precipitación pluvial (Alvim, 1966).
1400 a 2500 mm bien distribuidos en el año (Alvim, 1977).
1500 a 2000 mm anuales (Baradas, 1994).
Por debajo de los 1400 mm anuales se requiere riego y por arriba de 2500 mm se presentan problemas de fungosis. No tolera más de 2-3 meses de sequía (Benacchio, 1982).
La precipitación ideal va de 1,500 a 3,000 mm, siempre que esté bien distribuida durante todo el año. Sin embargo, periodos secos son importantes para limitar la propagación de enfermedades fungosas. Periodos de tres a cuatro meses con un déficit de precipitación son tolerados por las plantas bajo condiciones naturales de sitio. Cuando estos periodos ocurren, se producen las plantas de cacao con un ritmo que distingue la floración y fructificación (GDRTL, 2004).

La precipitación pluvial óptima para cacao es de 1,600 a 2,500 mm anuales; de 1,200 a 1,600 mm y por arriba de 2,500 mm anuales, son condiciones que propician su desarrollo pero no de manera óptima. Precipitaciones anuales inferiores a 1,200 mm anuales producen plantaciones no rentables económicamente (Verheye, 2009).

Para plantas con una altura promedio 3 m, los coeficientes de cultivo (Kc) para las etapas de desarrollo inicial, intermedia y final en un ciclo de producción, son 1.0, 1.05 y 1.05, respectivamente (Allen *et al.*, 2006).

En cacao irrigado, el Kc varía de 0.5 a 1.3 (Leite, 2013).

Humedad relativa:

Prefiere una humedad relativa de 80-90% y no tolera ambientes por debajo de 60% (Benacchio, 1982).

La humedad óptima es del 85%; tales condiciones son prevalentes en las tierras tropicales bajas entre 15° de latitud norte y 15° de latitud sur (GDRTL, 2004).

REQUERIMIENTOS EDÁFICOS

Profundidad de suelo:

Más de 60 ó 70 cm (Silva, 1969).

El 95.2% de raíces se desarrolla en los primeros 60 cm. Para desarrollar un buen sistema de raíz, el cacao requiere un suelo profundo, con cantidades suficientes de materia orgánica (mantillo), aproximadamente iguales proporciones de arena y arcilla, y partículas gruesas para retener una cantidad razonable de nutrimentos (GDRTL, 2004).

Textura:

Requiere suelos arcillosos o arcillo-arenosos (Smyth, 1966), aunque no excesivamente arcillosos (por posible falta de aireación) ni muy arenosos (Alvim y Alvim, 1980).

Franco, franco-arcilloso ó franco-arcillo-limoso ricos en humus (Benacchio, 1982).

Desarrolla en suelos de textura media a pesada (FAO, 1994).

Drenaje:

No tolera encharcamientos, por lo que requiere buen drenaje (Baradas, 1994).

Debajo de 1.5 m, es deseable tener suelo sin rocas, costras o algún otro material impermeable para que el exceso de agua pueda escurrir a través del perfil. El cacao es susceptible a periodos largos de inundación y pobre aireación de los suelos (GDRTL, 2004).

Exposición de terreno:

Los vientos fuertes y constantes pueden dañar severamente el cacao, por lo que áreas expuestas a dichos vientos deben evitarse (GDRTL, 2004).

pH:

5.5-7.5, con un óptimo de 6.5-7.5. Tolerancia a acidez (Benacchio, 1982).

El rango de pH para esta especie es de 4.5 a 8.5, con un óptimo alrededor de 6.0 (FAO, 1994).

La excesiva acidez ($\text{pH} \leq 4.0$) o alcalinidad ($\text{pH} \geq 8.0$) debe evitarse. Bases intercambiables en el suelo deben alcanzar al menos el 35% de la capacidad total de intercambio catiónico (GDRTL, 2004).

Salinidad/Sodicidad:

No tolera salinidad ni alcalinidad (Benacchio, 1982).

Fertilidad y química del suelo:

La remoción de nutrientes en una cosecha de 1 t ha⁻¹ de grano seco y 1.4 t ha⁻¹ de cáscara de cacao es: 35.05 kg de N, 12.8 Kg de P₂O₅ y 79.07 kg de K₂O (IFA, 1992). Suelos bajo altas precipitaciones a menudo son de fertilidad pobre, debido a la elevada lixiviación. Una de las más importantes medidas para la mejora y el mantenimiento de la fertilidad del suelo es la adición continua de material orgánico, tratando de aprovechar que grandes cantidades de éste estén disponibles cada año, como consecuencia de las podas en cacao (GDRTL, 2004).

CARACTERÍSTICAS DE RESPUESTA AL CAMBIO CLIMÁTICO

Respuesta a ambientes enriquecidos de CO₂:

A 300 ppm por arriba de la concentración actual de CO₂, la fotosíntesis se incrementa en 32% (CSCDGC, 2013).

Captura de carbono:

El sistema agroforestal cacao-laurel fija entre 1.7 y 2.5 t C ha⁻¹ año⁻¹, medido en un periodo de 25 años (Ortiz *et al.*, 2008).

Resistencia a sequía:

La escasez de agua conduce a la caída de hojas y la presencia de *Phytophthora* (GDRTL, 2004). La tolerancia a la sequía en el cacao se puede explicar principalmente por la eficiente regulación estomática, la cual se evidencia por el mantenimiento de la turgencia de las hojas (Días, 2001).

Tolerancia a altas temperaturas:

No tolera altas temperaturas (GDRTL, 2004). La temperatura nunca debe exceder de 30° C (Días, 2001).

CAFÉ



CARACTERÍSTICAS DESCRIPTIVAS

Nombre científico:	<i>Coffea arabica</i> L. (Café arábica); <i>Coffea canephora</i> Pierre ex Froehner (Café robusta); <i>Coffea liberica</i> Bull ex Hiern. (Café Liberica); <i>Coffea excelsa</i> Chev. (Café Excelsa).
Nombres comunes:	Café.
Familia:	Rubiaceae.
Origen:	Etiopía (González, 1984).
Distribución:	22° LN - 26° LS (Nosti Nava, 1953; Gindel, 1962).
Adaptación:	Trópico semicálido, Trópico fresco. El hábitat natural de todas las especies de café es el sotobosque de los bosques tropicales africanos. Muchas formas de <i>C. canephora</i> pueden encontrarse en los bosques ecuatoriales de Guinea a Uganda, considerando que las poblaciones naturales de <i>C. arabica</i> están restringidas a los bosques de tierras altas de Etiopía suroccidental (Da Matta <i>et al.</i> , 2007).
Ciclo de madurez:	Perenne.
Tipo fotosintético:	C ₃ .

REQUERIMIENTOS CLIMÁTICOS

Altitud:	1000-2800 m (Alegre, 1959; Haarer, 1962, 1963; Maestri y Santos, 1977).
-----------------	---

1200-1700 m. *C. arabica* es mejor adaptado a la altura, mientras que *C. robusta* y *C. liberica* prefieren altitudes más bajas (Benacchio, 1982).

1600 a 2800 m (Da Matta *et al.*, 2007).

C. arabica crece mejor en un clima subtropical, libre de heladas y sin vientos fuertes; las altitudes más frecuentes van de 600 a 2,000 m en los trópicos, aunque en altas latitudes se cultiva por debajo de los 600 m; los cafés robusta, liberica y excelsa son más tolerantes al calor y prosperan en el trópico desde el nivel del mar hasta los 1,100 m (IFA, 1992). La altitud de las plantaciones de café está fuertemente ligada a la calidad de éste, las mejores calidades se ubican entre 900 y 1,200 m (Morfin *et al.*, 2006).

Fotoperíodo:

Planta de día corto; la respuesta al fotoperíodo puede llegar a ser condicionada por la temperatura y humedad (Baradas, 1994).

A fotoperíodos mayores que 12 horas se inhibe la floración (Benacchio, 1982).

La excepción en cuanto al comportamiento del café como planta de día corto es la variedad SEMPERVIRENS, que produce flores bajo cualquier condición fotoperiódica (Went, citado por Alvim, 1985). En Costa Rica, existen reportes de inducción floral durante todo el año en una localidad ubicada a 10° LN (Newton, citado por Alvim, 1985). No obstante, en Kenya, a 1° 08' de latitud, no existen evidencias de que el café se mantenga en fase de inducción floral durante todo el año; si en cambio se ha reportado la presencia de dos ciclos de diferenciación floral en el año (Wormer y Gituanja; citados por Alvim, 1985).

Radiación (Luz):

Puede ser cultivado sin sombra en ambientes donde la humedad relativa es elevada la mayor parte del año. Requiere sombra donde las temperaturas son elevadas. La intensidad de luz óptima es 32.3-86.1 klux (Baradas, 1994).

Para hojas únicas, la irradiancia de saturación es relativamente baja, desde 300 a 600-700 $\mu\text{mol fotones m}^{-2} \text{s}^{-1}$, mostrando los valores más bajos las hojas sombreadas. Sin embargo, debido a que muchas hojas son parcial a profundamente sombreadas dentro del dosel del cafeto, con hojas en el interior de la corona de árboles adultos, las cuales reciben apenas 1.5% de la radiación solar total, se sugiere que la fotosíntesis del dosel se satura con irradiancias superiores a 600-700 $\mu\text{mol fotones m}^{-2} \text{s}^{-1}$ (Da Matta *et al.*, 2007). El café es una planta de media sombra que sólo puede utilizar alrededor del 1% de la radiación fotosintéticamente activa (lo ideal es alrededor de 1,500 horas por año) (GDRTL, 2004).

Requiere de 1,500 a 2,500 horas efectivas de luminosidad por año; de 200 a 280 horas luz en los meses secos y 100 a 150 horas luz en los meses húmedos (Morfin *et al.*, 2006).

Temperatura:

Rango 5-30°C, con temperaturas medias óptimas para producción entre 16 y 22°C, una óptima nocturna y diurna de 17°C y 23°C, respectivamente. Los daños comienzan al pasar los límites de 13° y 27°C (Benacchio, 1982).

Las temperaturas medias debajo de 16°C y arriba de 23°C no son adecuadas, siendo la óptima de 18-21°C (Alegre, 1959). Arriba de 24°C, la fotosíntesis neta comienza a declinar y se nulifica a 34°C (Nunes *et al.*, 1968).

Rango óptimo de 15.6-21.1°C para *C. arabica* y 18.3-26.7°C para *C. robusta*. Crece mejor en ambientes relativamente húmedos y fríos, pero sin que registren heladas ni frentes fríos (Baradas, 1994).

El número de botones florales tiende a decrecer, cuando las plantaciones se sujetan a ambientes cálidos; por ejemplo bajo un régimen de temperatura diurno/nocturno de 23°C/17°C, se producen hasta 3 inflorescencias por yema axial y hasta 4 botones florales por inflorescencia. En cambio para un régimen de 26°C/20°C, el número de botones decrece de 1 a 3 (Alvim, 1985).

El rango de temperatura media anual óptima para café arábica es 18 a 21°C. Por encima de 23°C, se aceleran el desarrollo y maduración de frutos y a menudo conduce a la pérdida de calidad. La temperatura relativamente alta durante la floración, especialmente si se asocia con una estación seca prolongada, puede provocar aborto de flores. Debe señalarse que los cultivares seleccionados bajo condiciones de manejo intensivo han permitido que plantaciones de café arábica se extiendan a regiones marginales con temperaturas tan altas como 24 ó 25°C, con rendimientos satisfactorios, como en el noreste de Brasil. En regiones con temperatura media anual por debajo de 17 ó 18°C, el crecimiento es en gran medida reducido. La ocurrencia de heladas, incluso aun cuando son esporádicas, puede limitar el éxito económico del cultivo. Para café robusta, el rango óptimo de temperatura media anual es de 22 a 26°C. Café robusta es mucho menos adaptable a temperaturas bajas que café arábica (Da Matta *et al.*, 2007).

El rango de temperatura ideal para las plantas de café arábica se encuentra entre los 18 y 24°C. A temperaturas más altas, se estimula el crecimiento y formación de yemas, pero también la mayor proliferación de plagas, que incrementa el riesgo de infección y demanda de calidad. Las plantas de café son susceptibles a las heladas, temperaturas por debajo de 10°C inhiben el crecimiento. Las plantas de robusta pueden soportar temperaturas más altas y son más resistentes al ataque de enfermedades (GDRTL, 2004).

La temperatura óptima mensual está en el rango de 19 a 22°C, con umbrales de temperatura mínima de 16°C y temperatura máxima de 25°C; valores fuera de este intervalo causan daños severos a la planta. La temperatura adecuada para la iniciación floral en el día y la noche es de 23 y 17°C, respectivamente, pues temperaturas altas marchitan los botones florales. Temperaturas menores a 10°C producen clorosis por la muerte de los cloroplastos, con lo que se detiene el crecimiento de la planta (Morfín *et al.*, 2006).

La condición de temperatura óptima para crecimiento es de 22 a 28°C, las condiciones térmicas limitantes de crecimiento están entre 18 y 22°C y arriba de 28°C, y la temperatura fuera de la cual la producción no es negocio es por debajo de 18°C. Todo el ciclo del cultivo debe estar libre de heladas (Verheye, 2009).

La temperatura mínima promedio anual del mes más caliente para el café es muy adecuada si es menor a 18°C, adecuada de 18 a 19°C, moderadamente adecuada de 19 a 20°C, poco adecuada de 20 a 22°C y no adecuada mayor de 22°C. La temperatura máxima promedio anual del mes más caliente para el café es muy adecuada cuando es menor a 28°C, adecuada de 28 a 30°C, moderadamente adecuada de 30 a 32°C, poco adecuada de 32 a 34°C y no adecuada mayor de 34°C (Anh Tuan *et al.*, 2009).

Temperaturas mayores a 30°C reducen la fotosíntesis y provocan aborto de flores. Temperaturas mínimas de -2 a 4°C ocasionan amarillamiento de las hojas y muerte de tejidos o brotes (Pérez y Geissert, 2006).

Precipitación (agua):

La precipitación acumulada anual óptima es de 1200-1800 mm, siempre y cuando haya una buena distribución estacional y periodos secos cortos (Alegre, 1959).

El requerimiento de precipitación anual va de 1,500 a 2,500 mm, bien distribuidos, pero con un periodo seco de 6 a 12 semanas; en algunos lugares las precipitaciones se complementan con riego (IFA, 1992).

Se requieren 1900 mm de lluvia anual para *C. arabica* y 1900-2500 mm para *C. robusta*. En forma ideal el café requiere precipitación uniformemente distribuida durante nueve meses, seguidos por tres meses secos, con aproximadamente 25 a 50 mm de lluvia, para inducir la floración para la próxima temporada (Baradas, 1994).

Este cultivo requiere 1200-2000 mm anuales, con una estación seca bien definida para regular la producción. Requiere al menos 250 mm de lluvia durante los últimos dos meses de la etapa de diferenciación de yemas florales. Luego necesita un periodo seco, seguido de un periodo de amplia disponibilidad de humedad para la apertura de flores. La floración es la etapa más crítica en cuanto a necesidades de agua (Benacchio, 1982).

Los requerimientos de precipitación dependen de las propiedades de retención del suelo, humedad atmosférica y nubosidad, así como las prácticas de cultivo. El rango óptimo de precipitación anual es de 1200-1800 mm para café arábica. Un rango similar parece ser necesario para *C. robusta*, aunque *C. arabica* se adapta mejor a precipitaciones intensas superiores a 2,000 mm. Para ambas especies, es importante una sequía corta, de dos a cuatro meses de duración, correspondiente a la fase de reposo del crecimiento, para estimular la floración. Abundantes precipitaciones durante todo el año, a menudo son responsables de cosechas dispersas y bajos rendimientos. La falta de un periodo seco también puede limitar el cultivo de café en las regiones tropicales húmedas (Da Matta *et al.*, 2007).

La cantidad ideal de precipitación se encuentra entre 1500 y 1900 mm. Las plantas de café reaccionan positivamente a un periodo de sequía, que no debe ser mayor de 3 meses. La precipitación debe ser uniforme en todo el resto del año, de lo contrario causa floración y maduración de la fruta irregulares (GDRTL, 2004).

La precipitación anual promedio requerida por el cafeto va de 1,800 a 2,000 mm, bien distribuidos en el año, con un periodo de sequía de 2 a 3 meses, coincidente con el periodo de reposo vegetativo, para dar inicio a la floración. Arriba de 3,000 mm de precipitación la calidad física del café oro y la calidad de la taza de café se deterioran (Morfin *et al.*, 2006).

La precipitación pluvial óptima para café es de 1,600 a 2,400 mm anuales, una condición favorable pero no óptima va de 1,200 a 1,600 mm y por arriba de 2,400 mm anuales; mientras tanto por debajo de los 1200 mm se obtienen cosechas por debajo del umbral económico (Verheye, 2009).

La precipitación promedio anual muy adecuada para café es mayor a 2,000 mm, adecuada de 2,000 a 1750 mm, moderadamente adecuada de 1,750 a 1,500 mm, poco adecuada de 1,500 a 1,000 mm y no adecuada menor de 1,000 mm (Anh Tuan *et al.*, 2009).

Para plantas con una altura promedio de 2-3 m y en una huerta desprovista de cobertura vegetal, los coeficientes de cultivo (Kc) para las etapas de desarrollo inicial, intermedia y final en un ciclo de producción tienen un valor de 0.9, 0.95 y 0.95, respectivamente. Para huertas con maleza los valores de Kc varían a 1.05, 1.1 y 1.1 (Allen *et al.*, 2006).

Humedad relativa:

Prefiere humedad relativa de media a alta, 70-85% (Benacchio, 1982).

La humedad del aire tiene un impacto significativo en el crecimiento vegetativo del cafeto. Café robusta crece con éxito bajo condiciones de saturación o en sitios menos húmedos, siempre que la temporada seca sea corta. El café arábica requiere un ambiente menos húmedo, comparable al de las tierras altas de Etiopía (Da Matta *et al.*, 2007).

REQUERIMIENTOS EDÁFICOS

Profundidad de suelo:

90 cm.

El café prefiere suelos profundos de 1 a 3 m, dependiendo del clima (IFA, 1992).

Requiere suelos profundos, suelos someros menores de 30 cm dificultan el desarrollo radical (Pérez y Geissert, 2006).

Textura:

Prefiere suelos francos y franco-arcillosos, aunque puede desarrollar en una gama de suelos (Benacchio, 1982).

En suelos arcillosos, ligeramente ácidos y ricos en humus y bases intercambiables, requiere especialmente Potasio. Suelos volcánicos son a menudo muy adecuados, aunque el cafeto se cultiva en una amplia variedad de suelos (IFA, 1992).

Suelos ricos en humus, ligeramente ácidos son benéficos; las mejores condiciones son las que se encuentran en suelos vírgenes de origen volcánico (GDRTL, 2004).

El suelo ideal debe tener un espacio poroso de 60% (Morfin *et al.*, 2006).

Drenaje:

Requiere buen drenaje (Benacchio, 1982; IFA, 1992).

Las plantas de café prefieren suelos bien drenados y aireados. Pueden crecer en tierra poco profunda, debido a su red de raíces superficiales (GDRTL, 2004).

Es recomendable un suelo profundo, permeable y de textura franca (Morfin *et al.*, 2006).

Son preferibles suelos bien drenados que favorezcan la presencia de ambiente oxidante (Pérez y Geissert, 2006).

pH:

El rango para rendimientos satisfactorios es de 4.5-7.0, con un óptimo de 5-6 (Benacchio, 1982; Porta *et al.*, 1999).

El café se desarrolla bien a pH de 4.5 a 5.5 (Morfin *et al.*, 2006).

Requiere pH de 6 a 6.5 (Pérez y Geissert, 2006).

Salinidad/Sodicidad:

No tolera salinidad ni alcalinidad.

Fertilidad y química del suelo:

El requerimiento promedio de N, P₂O₅, K₂O, MgO, CaO y S, es: 23.68, 4.86, 27.82, 3.3, 3.2 y 1.3 kg/1000 kg de grano verde, respectivamente (IFA, 1992).

Para un rendimiento de café de 16.8 t ha⁻¹, se requiere de 43.1, 3.6 y 38.1 kg ha⁻¹ de N, P y K (Nagao *et al.*, 1999).

Para Colima, México, se recomiendan 260 kg ha⁻¹ de N, 140 kg ha⁻¹ de P₂O₅ y 180 kg ha⁻¹ de K₂O (Morfin *et al.*, 2006).

El café requiere alta capacidad de intercambio catiónico y alto contenido de materia orgánica (Pérez y Geissert, 2006).

CARACTERÍSTICAS DE RESPUESTA AL CAMBIO CLIMÁTICO

Respuesta a ambientes enriquecidos de CO₂:

Las plantas que se someten a ambientes enriquecidos de CO₂ muestran una respuesta positiva en cuanto a crecimiento, acumulación de materia seca y balance neto de asimilación de dióxido de carbono hasta un tiempo definido de exposición (Ramírez, 2004).

Al incrementar en 300 ppm el nivel de CO₂, plántulas de *C. arabusta* incrementaron en promedio 175.5% su producción de biomasa (porcentaje de peso seco), producto de un incremento de 271% en la fotosíntesis (Nguyen *et al.*, citados por CSCDGC, 2013).

Captura de carbono:

Los sistemas agroforestales con base en café capturan en promedio 110 t C ha⁻¹. Donde los residuos se incorporen al suelo se puede asegurar que esta cantidad de carbono almacenado se mantenga. De acuerdo con los resultados en biomasa aérea de los sistemas multicultivo que incluyen al café, se ha encontrado que los sistemas café + cedro rosado, café + macadamia, café + chalahuite y café + plátano, almacenan 115, 35, 31 y 28 Mg C ha⁻¹, en ese orden, donde los sistemas maduros muestran un incremento en el almacenamiento de carbono, en comparación con los sistemas más jóvenes.

En el bosque primario, el carbono en biomasa aérea es de 269 Mg C ha⁻¹, lo que representa más del doble de lo que acumula el sistema de cedro rosado, pero en el bosque la tasa de secuestro es mayor, debido a que éste mantiene en la biomasa aérea la mayor cantidad posible de carbono almacenado. En los sistemas silvopastoril y potrero se han encontrado en la biomasa aérea 3 y 2 Mg C ha⁻¹, respectivamente. A este respecto, se trata de un bajo almacenamiento de carbono, en comparación con los sistemas sin el componente animal (Espinoza *et al.*, 2012).

Resistencia a sequía:

Aunque el café muestra cierto grado de tolerancia a la sequía, un periodo seco prolongado disminuye la cosecha del año siguiente y puede ocasionar deficiencias nutricionales por una menor difusión de elementos en el suelo. Si este coincide con el periodo de crecimiento acelerado del grano, puede aumentar el porcentaje de granos vanos y negros afectando el rendimiento y la calidad del café (Monroig, 2001).

Tolerancia a altas temperaturas:

Las temperaturas altas (por arriba de la temperatura umbral máxima del café) aceleran la senescencia de los frutos, disminuyen la fotosíntesis, reducen el crecimiento y producción. Además, pueden causar anomalías en la flor; fructificación limitada; la ocurrencia de enfermedades y plagas; afectar la longevidad de la planta, su productividad y rendimiento (Monroig, 2001).

Temperaturas mayores a 30°C reducen la fotosíntesis y provocan aborto de flores (Pérez y Geissert, 2006).

CALABACITA



CARACTERÍSTICAS DESCRIPTIVAS

Nombre científico:	<i>Cucurbita pepo</i> L.
Nombres comunes:	Calabacita, calabacita tierna.
Familia:	Cucurbitaceae.
Origen:	Su presencia ha sido registrada en muchos sitios arqueológicos de Norteamérica, principalmente en México y se remonta hasta 7,000 años A.C. (González, 1984).
Distribución:	15 a 45° LN y LS.
Adaptación:	Regiones templadas, regiones tropicales de altura y regiones subtropicales con invierno definido.
Ciclo de madurez:	40-100 días (FAO, 1994).
Tipo fotosintético:	C ₃ .

REQUERIMIENTOS CLIMÁTICOS

Altitud:	En regiones tropicales, de 1200 m en adelante. En regiones templadas desde el nivel del mar en adelante.
-----------------	--

Fotoperíodo:	Se considera una planta de día neutro (FAO, 1994).
Radiación (luz):	Prefiere ambientes soleados, pero también puede desarrollar en condiciones de menor luminosidad (FAO, 1994). Requiere condiciones de alta iluminación (Yuste, 1997a).
Temperatura:	El rango térmico para crecimiento de esta especie es 7-30°C, con un óptimo alrededor de los 17°C (FAO, 1994). Las temperaturas mínima y máxima para germinación son 10 y 40°C, respectivamente, con una óptima de 20 a 30°C. La germinación se reduce a cero a 8°C y el punto de congelación se alcanza a -1°C. Las temperaturas mínima, óptima y máxima para desarrollo son (en ese orden) 10, 25-30 y 35°C (Yuste, 1997a).
Precipitación (agua):	Normalmente se cultiva bajo condiciones de riego y es bastante exigente de humedad. Dependiendo del cultivar, requiere de 300 a 1200 mm bien distribuidos durante el ciclo. Bajo condiciones de temporal requiere que se acumulen de 300 a 2800 mm durante el ciclo, con un óptimo alrededor de 1500 mm (FAO, 1994). Para plantas con una altura promedio de 30 cm, el coeficiente de cultivo (Kc) para las etapas inicial, intermedia y tardía es 0.5, 0.95 y 0.75, respectivamente (Allen <i>et al.</i> , 2006).
Humedad relativa:	Se considera un cultivo de humedad ambiental media. Las condiciones de conservación en cámara frigorífica son 0 a 4°C y 80-90% de humedad relativa (Yuste, 1997a).

REQUERIMIENTOS EDÁFICOS

Profundidad de suelo:	Requiere de suelos de mediana profundidad (FAO, 1994), con un mínimo de 50 cm de suelo.
Textura:	Prefiere suelos de textura media a pesada, como suelos francos, franco-arenosos, franco-limosos, franco-arcillo-limosos y franco-arcillosos (FAO, 1994).
Drenaje:	Requiere suelos con buen drenaje (FAO, 1994).
pH:	El rango de pH para esta especie está entre 4.5 y 8.2, con un óptimo alrededor de 6.4 (FAO, 1994). El óptimo está entre 7.5 y 7.8 (Yuste, 1997a).
Salinidad/Sodicidad:	Se considera un cultivo de alta tolerancia a la salinidad (Gostinçar, 1997). De acuerdo con Ayers y Westcot (1985) la calabacita puede tolerar una conductividad eléctrica de hasta 4.7 dS m ⁻¹ sin afectaciones al rendimiento; sin embargo a 5.8, 7.4, 10 y 15 dS m ⁻¹ el rendimiento se reduce 10, 25, 50 y 100%.
Fertilidad y química del suelo:	Las cantidades (kg ha ⁻¹) de elementos minerales requeridas para una producción estimada de 22 t ha ⁻¹ son: Nitrógeno 22, Fósforo 12 y Potasio 56 (Osmond y Kang, 2008).

CARACTERÍSTICAS DE RESPUESTA AL CAMBIO CLIMÁTICO

- Respuesta a ambientes enriquecidos de CO₂:** El rendimiento se incrementa 41.5% cuando la concentración de CO₂ se incrementa 300 ppm por arriba de la condición actual (Idso, 2013).
- Captura de carbono:** La calabacita produce 78.8 g planta⁻¹ (Solís *et al.*, 2012), a una densidad aproximada de 28 mil planta ha⁻¹ (Robledo *et al.*, 2010), se producen 2206 kg ha⁻¹ de materia seca. Aplicando el factor de conversión de materia seca a carbono de 0.47, propuesto por Montero *et al.* (2004), se tiene que la calabacita captura 1036.82 kg ha⁻¹ de carbono.
- Respuesta a ozono:** La abscisión de flores y frutos puede producirse por factores ambientales como la radiación ultravioleta, el fotoperíodo, la concentración de ozono o las variaciones estacionales; así como por diferentes factores estresantes (Taylor *et al.*, 1994).
- Resistencia a sequía:** En la respuesta a la sequía, las plantas de calabacita disminuyen el contenido de agua de las hojas, la conductancia estomática, el potencial osmótico (-1.2 MPa en plantas con estrés y -1.07 MPa en plantas sin estrés) y el potencial hídrico, -1.42 y -1.27 MPa en plantas con y sin estrés, respectivamente (Harris *et al.*, 2011). Así mismo, el déficit de agua reduce el contenido de clorofila, la tasa de fotosíntesis neta, y por el contrario el contenido de prolina aumenta; a mayor grado de estrés hídrico mayor el contenido de prolina (Aghaee y Ehsanzadeh, 2011). Respecto a la morfología, se reduce la biomasa total, radical y el área foliar y como resultado de las modificaciones fisiológicas y morfológicas, el rendimiento de frutos comerciales es menor en plantas con deficiencia de agua (Aghaee y Ehsanzadeh, 2011; Harris *et al.*, 2012).
- Tolerancia a altas temperaturas:** La calabacita no tolera temperaturas muy elevadas, por encima de los 25°C es necesario ventilar de forma adecuada (FAO, 2007).

CALABAZA



CARACTERÍSTICAS DESCRIPTIVAS

Nombre científico:	<i>Cucurbita maxima</i> Duch.
Nombres comunes:	Calabaza, calabaza de castilla.
Familia:	Cucurbitaceae.
Origen:	América (González, 1984).
Distribución:	0° a 45° LN y LS.
Adaptación:	Regiones tropicales, subtropicales y templadas semiáridas y subhúmedas, con un periodo libre de heladas de por lo menos 5 meses. Regiones áridas y semiáridas, húmedas con estación seca (Aragón, 1995).
Ciclo de madurez:	80-140 días (FAO, 1994).
Tipo fotosintético:	C ₃ .

REQUERIMIENTOS CLIMÁTICOS

Altitud:	0-2400 m.
Fotoperíodo:	Se considera una planta de día neutro (FAO, 1994).
Radiación (Luz):	Es una especie que requiere abundante insolación (FAO, 1994). Requiere condiciones de alta iluminación (Yuste, 1997a).

Temperatura:	El rango térmico para crecimiento de esta especie es 9-37°C, con un óptimo alrededor de los 23°C (FAO, 1994). Es muy sensible al daño por frío, por lo que le afectan significativamente las heladas (Aragón, 1995).
Precipitación (agua):	Durante el ciclo de desarrollo, requiere de 300 a 450 mm (FAO, 1994). En zonas tropicales, no le son favorables las lluvias severas y la humedad muy prolongada. Se recomienda cultivar esta especie en la estación seca o cuando no haya exceso de lluvias (Aragón, 1995), por lo mismo la calabaza prospera en regiones subhúmedas e incluso semiáridas con precipitación acumulada anual superior a los 500 mm. De acuerdo con Allen <i>et al.</i> (2006), los coeficientes de cultivo para las etapas inicial, intermedia y final de desarrollo en plantas de 40 cm de altura, son 0.5, 1.0 y 0.8, respectivamente.
Humedad relativa:	Prefiere atmósferas secas o moderadamente secas (Aragón, 1995).

REQUERIMIENTOS EDÁFICOS

Profundidad de suelo:	Requiere de suelos profundos (FAO, 1994; Aragón, 1995), de un espesor superior a 90 cm.
Textura:	Prospera en suelos con textura de ligera a pesada, por lo que la textura generalmente no es una limitante (FAO, 1994).
Drenaje:	Requiere buen drenaje (FAO, 1994).
pH:	El rango de pH para esta especie está entre 5.5 y 7.5 (FAO, 1994), con un óptimo alrededor de 6.0 a 6.8 (Filgueira, citado por Bolaños, 1998). Tiene un rango de tolerancia a la acidez entre 5.5 y 6.8 (Sierra <i>et al.</i> , 2013).
Salinidad/Sodicidad:	Se considera un cultivo de tolerancia baja (FAO, 1994) a media (Aguilar, 2013). De acuerdo con Ayers y Westcot (1985) la calabaza puede tolerar una conductividad eléctrica de hasta 3.2 dS m ⁻¹ sin afectaciones al rendimiento; sin embargo a 3.8, 4.8, 6.3 y 9.4 dS m ⁻¹ el rendimiento se reduce 10, 25, 50 y 100%.
Fertilidad y química del suelo:	El mayor rendimiento temprano se obtiene con 50 unidades ha ⁻¹ de N-P-K, o con el tratamiento de 50-50-100 unidades ha ⁻¹ de N-P-K. Sin embargo el mayor rendimiento comercial se obtiene con el tratamiento 50-50-100, debido a que la mayor cantidad de potasio de este tratamiento provoca un mayor número de frutos comercializables, esto es mejor para la calidad del fruto (De Grazia <i>et al.</i> , 2003).

CARACTERÍSTICAS DE RESPUESTA AL CAMBIO CLIMÁTICO

Respuesta a ambientes enriquecidos de CO₂:	De acuerdo con Idso (2013), el rendimiento de la calabaza se incrementa 41.5% cuando la concentración de CO ₂ se incrementa 300 ppm por arriba de la condición CO ₂ ambiente.
--	---

Respuesta a ozono:	En el cultivo de calabaza, la presencia de ozono provoca daños tales como la presencia de pequeños puntos blanquecinos de forma irregular y zonas necróticas cloróticas en las hojas (Ramírez, 1999).
Resistencia a sequía:	Esta es una especie considerada resistente a la sequía, aunque como la mayoría de los cultivos, durante la etapa de gran crecimiento no debe faltarle el agua.
Tolerancia a altas temperaturas:	La temperatura próxima al mínimo biológico determina en las cucurbitáceas una feminización de las plantas, por el contrario temperaturas muy altas (mayores a 30°C) tienden a masculinizar las plantas (Zaccari, 2002). La calabaza puede tolerar temperaturas por arriba de 35°C e incluso cercanas a 40°C, siempre y cuando exista humedad en el suelo y la humedad relativa no sea demasiado baja.

CAMOTE



CARACTERÍSTICAS DESCRIPTIVAS

Nombre científico:	<i>Ipomea batatas</i> (L.) Lam.
Nombres comunes:	Camote, papa dulce, batata, chaco.
Familia:	Convolvulaceae.
Origen:	México (González, 1984). América Central, México, Norte de Brasil (Benacchio, 1982). América tropical (Olajumoke, 2010).
Distribución:	40° LN a 32° LS (Purseglove, 1987; Olajumoke, 2010).
Adaptación:	Regiones tropicales, subtropicales y templadas (González, 1984; Chang y Rodríguez, 2002). En zonas templadas se reduce la floración (Chang y Rodríguez, 2002).
Ciclo de madurez:	140 a 160 días (Benacchio, 1982). 25 días después de la plantación inicia la formación de tubérculos, y la cosecha se realiza a los 175 días (Sangakkara, 1994). De la floración a la cosecha transcurren de 80 a 180 días.
Tipo fotosintético:	C ₃ .

REQUERIMIENTOS CLIMÁTICOS

- Altitud:** A nivel del Ecuador se desarrolla desde el nivel del mar hasta los 2750 m (Purseglove, 1987).
400-1200 m (Benacchio, 1982).
Es recomendable una altitud de 0 a 300 m (Olajumoke, 2010).
- Fotoperíodo:** Planta de día corto; un fotoperíodo de 11 horas o menos acelera la floración, mientras que con 13.5 horas no se produce la floración (Benacchio, 1982; Purseglove, 1987; Chang y Rodríguez, 2002).
Días cortos de 10 horas favorecen la formación de raíces reservantes (Chang y Rodríguez, 2002).
- Radiación (Luz):** Las plantas expuestas a luz continua producen más raíces reservantes y mayor peso fresco (Bonsi *et al.*, 1992).
Requiere abundante insolación durante su desarrollo (Aragón, 1995).
Radiación solar alta promueve la formación de tubérculos e incrementa el rendimiento (Olajumoke, 2010).
- Temperatura:** Rango 10-35°C, con un óptimo para fotosíntesis entre 25 y 30°C. Temperaturas nocturnas por debajo de los 18°C favorecen la tuberización, sin embargo la mínima no debería ser inferior a 15°C (Benacchio, 1982).
Este cultivo desarrolla mejor donde la temperatura media está por arriba de los 24°C y requiere de un periodo de crecimiento libre de heladas de 4 a 6 meses (Purseglove, 1987).
La temperatura base para esta especie es de 10°C y el más alto rendimiento se obtiene cuando la temperatura media durante los primeros 60 días está entre 22.4 y 23.1°C (Sajjapongse *et al.*, 1988).
No sobrevive a temperaturas $\leq 10^\circ\text{C}$, el crecimiento se detiene habitualmente a 15°C, siendo su óptimo para producción 24°C (Olajumoke, 2010).
La temperatura de congelación es de 0°C, mientras que la mínima, óptima y máxima para desarrollo son en ese orden 12-14, 21-24 y 35°C; el crecimiento cero se produce a los 10°C (Yuste, 1997a).
- Precipitación (agua):** Desarrolla mejor en regiones con una precipitación media anual entre 750 y 1250 mm, con una buena distribución durante el desarrollo del cultivo (Aragón, 1995).
Requiere de 700 a 1200 mm. Para altos rendimientos la disponibilidad de agua no debería bajar más allá del 50% de la capacidad de campo. Una deficiencia de agua de 50-60 días luego de la siembra reduce mucho los rendimientos. A la cosecha, el tiempo debería ser seco (Benacchio, 1982).
Se requieren aproximadamente 500 mm durante la estación de crecimiento, por lo que una precipitación anual de 750 a 1000 mm resulta óptima (Olajumoke, 2010).
Para plantas con una altura promedio de 40 cm, el coeficiente de cultivo (Kc) para las etapas inicial, intermedia y tardía es 0.5, 1.15 y 0.65, respectivamente (Allen *et al.*, 2006).

Humedad relativa: Prospera en condiciones diversas desde atmósferas relativamente secas a ambientes relativamente húmedos (Aragón, 1995).
Es óptima una humedad relativa de 70% (Bonsi *et al.*, 1992).

REQUERIMIENTOS EDÁFICOS

Profundidad de suelo: Prospera en suelos de mediana profundidad, de entre 35 y 50 cm de profundidad efectiva (Aragón, 1995).

Textura: Prefiere suelos franco-limosos o franco-arcillosos. En suelos pesados se dificulta el desarrollo de tubérculos (Benacchio, 1982).

Desarrolla en suelos de textura media a pesada (FAO, 1994).
Lo mejor son los suelos franco-arenosos (Olajumoke, 2010).

Drenaje: Requiere suelos bien aireados y con buen drenaje, ya que condiciones de pobre aireación causan la transformación de las raíces jóvenes en raíces fibrosas (Benacchio, 1982; Olajumoke, 2010).

pH: El óptimo va de 5.8 a 6.0 (Ignatieff; citado por Moreno, 1992).

Prefiere un pH entre 5.2 y 7.7, sin embargo, puede desarrollar también en suelos más ácidos (Benacchio, 1982).

Su rango de pH está entre 4.2 y 7.7, con un óptimo de 6.0 (FAO, 1994).

El pH ligeramente alcalino (>7.4) inhibe la absorción del hierro, que es un elemento importante para la floración (Salisbury *et al.*, citados por Chang y Rodríguez, 2002).

Prefiere suelos ligeramente ácidos, siendo el pH óptimo 5.6-6.6 (Olajumoke, 2010).

Salinidad/Sodicidad: Se considera medianamente tolerante a la salinidad (Benacchio, 1982).

Tolerante a la salinidad (Aragón, 1995).

Es moderadamente sensible a la salinidad, una C.E. de 2 dS m⁻¹ reduce 5% el rendimiento; mientras que 3 dS m⁻¹ lo reducen 14% (Castellanos *et al.*, 2000).

La disminución del rendimiento para distintos niveles de conductividad eléctrica es la siguiente: 0% para 1.5 dS m⁻¹; 10% para 2.4 dS m⁻¹; 25% para 3.8 dS m⁻¹; 50% para 6 dS m⁻¹ y 100% para 11 dS m⁻¹ (Ayers y Westcot, 1985).

Fertilidad y química del suelo: Es sensible a Boro, ya que su nivel crítico es 0.7-1.0 mg l⁻¹ (Castellanos *et al.*, 2000).

La floración es promovida por altos niveles de Fósforo y Potasio; bajos niveles de Nitrógeno y humedad del suelo (Hammett, citado por Chang y Rodríguez, 2002).

Demanda en orden de importancia: K-N-P (Olajumoke, 2010).

CARACTERÍSTICAS DE RESPUESTA AL CAMBIO CLIMÁTICO

- Respuesta a ambientes enriquecidos de CO₂:** Bajo ambientes de 1200 ppm de CO₂, el rendimiento aumenta respecto a concentraciones de 350 ppm (Krupa y Kickert, 1989).
A concentraciones de 665 ppm en campo, durante dos años, el rendimiento incrementa 46 y 75% debido al aumento de tamaño y número de raíces reservantes (Biswas *et al.*, 1996).
Elevadas concentraciones de CO₂ reducen la velocidad de respiración, pero concentraciones mayores del 20% provocan la acumulación de productos de la fermentación (Kader, 1986).
- Captura de carbono:** Con una producción de materia seca de 35.5 g planta⁻¹ (Haimeirong y Kubota, 2003) y considerando un factor de conversión a carbono de 0.47% de la materia seca (Montero *et al.*, 2004), se estima una captura de 16.69 g planta⁻¹ de carbono.
Considerando un genotipo de doble propósito (forraje y tubérculo) es posible obtener 26.92 t ha⁻¹ de materia seca (14.30 en parte aérea y 12.62 en raíces) a los 150 días (Leon y De Mendiburo, 2004). Asumiendo un factor de conversión de carbono de 0.47 (Montero *et al.*, 2004), se estima una captura de 12.65 t ha⁻¹ de carbono.
- Respuesta a ozono:** Es muy sensible al ozono, exhibe evidente daño foliar, debido a que disminuye la apertura estomatal y se reduce el secuestro de carbono, disminuyendo la capacidad de la planta en su actividad fotosintética. En consecuencia, hay prematura pérdida de hojas, flores y frutos (Krupa *et al.*, 2001).
Cuando este cultivo es expuesto 4 semanas durante 8 h diarias, a concentraciones de 225 ppb, se reduce el contenido de almidón de la hoja, afectando el desarrollo y calidad de tubérculos; el contenido de carotenoides se mantiene estable. Además, se reduce el contenido de nutrimentos en los tubérculos (Keutgen *et al.*, 2008).
- Resistencia a sequía:** Es medianamente resistente a la sequía (Benacchio, 1982). El estrés por falta de agua afecta al cultivo (Sangakkara, 1994).
El estrés por sequía ocasiona fotoinhibición por cierre de estomas y reducción de su movimiento, lo cual reduce 40% la producción de materia seca y 43% el área foliar (Haimeirong y Kubota, 2003). Estos autores señalan que el mejoramiento genético para mantener la apertura de los estomas, puede ser una alternativa que prevenga la senescencia de las hojas bajo sequía.
La sequía es una seria limitación tanto para la siembra del camote como para su productividad; en este caso, la sequía está estrechamente vinculada a la mayor incidencia del gorgojo (Fonseca *et al.*, 1994).

Tolerancia a altas temperaturas:

Es sensible a temperaturas altas, ya que a 32–36°C se afecta la floración (Hammett, citado por Chang y Rodríguez, 2002). Altas temperaturas aceleran la antesis en longitudes de días inductivos. Además, el aumento en la tasa de transpiración disminuye el movimiento de algunos elementos esenciales como el hierro (Chang y Rodríguez, 2002).

Bajo condiciones de invernadero, exposiciones de la planta de camote a 38°C durante algunas semanas, reducen el impacto de infecciones virales, favoreciendo su crecimiento (Olajumoke, 2010).

Soporta el calor, pero es mejor si la temperatura no excede los 28 °C.

CANELA



CARACTERÍSTICAS DESCRIPTIVAS

Nombre científico:	<i>Cinnamomum verum</i> J. Presl (<i>Cinnamomum zeylanicum</i> Bl.).
Nombres comunes:	Canela.
Familia:	Lauraceae.
Origen:	Originaria de Sri Lanka y del sur de la India (León, 2000).
Distribución:	5 a 15° LN y LS (FAO, 2000).
Adaptación:	Climas tropicales húmedos y subtropicales húmedos (FAO, 2000).
Ciclo de madurez:	Perenne.
Tipo fotosintético:	C ₃ .

REQUERIMIENTOS CLIMÁTICOS

Altitud:	0 a 600 msnm (MAG, 1991). El cultivo de desarrolla bien de los 300-350 msnm hasta los 1000 m (Nair, citado por Nybe <i>et al.</i> , 2007). El cultivo se establece satisfactoriamente entre los 0 y 500 msnm (Ocampo y Valverde, 2000).
Fotoperíodo:	Planta de día corto, requiere de menos de 12 horas luz por día para inducción floral (FAO, 2000).

Radiación (luz):	La canela requiere sombra al inicio de la siembra. Las plantas adultas pueden cultivarse a pleno sol (Ocampo y Valverde, 2000).
Temperatura:	La temperatura media anual debe estar entre 24 y 30°C (MAG, 1991). La temperatura media óptima es de 27°C (Nybe <i>et al.</i> , 2007). Le son favorables temperaturas de 20 a 30°C (Ocampo y Valverde, 2000).
Precipitación (agua):	Requiere de una precipitación entre 2000 y 4000 mm anuales, bien distribuidos durante todo el año (MAG, 1991). Prospera en sitios con una precipitación de 1500-2500 mm (Nybe <i>et al.</i> , 2007). Se necesita una precipitación acumulada anual de 2000-2400 mm (Elsebroek y Wind, 2008). Prefiere zonas con precipitaciones de 1300 a 4000 mm anuales con no más de 150 días secos en el año (Ocampo y Valverde, 2000)
Humedad relativa:	Requiere ambientes con humedad ambiental de moderada a alta.

REQUERIMIENTOS EDÁFICOS

Profundidad de suelo:	Suelos profundos, con más de 150 cm útiles para el cultivo (FAO, 2000).
Textura:	Suelos aluvionales, de textura arenosa, arcillosa ó arcillo-arenosa (MAG, 1991).
Drenaje:	Necesita de suelos con excelente drenaje (MAG, 1991).
pH:	Suelos con pH de 4-6 (Elsebroek y Wind, 2008).
Salinidad/Sodicidad:	Presenta baja tolerancia a la salinidad (FAO, 2000).
Fertilidad y química del suelo:	En México se recomiendan 800 kg de roca fosfórica y 200 kg de la fórmula 8-8-2 en dos aplicaciones por hectárea (Ocampo y Valverde, 2000).

CARACTERÍSTICAS DE RESPUESTA AL CAMBIO CLIMÁTICO

Respuesta a ambientes enriquecidos de CO₂:	Morfológicamente, alta concentración de CO ₂ aumenta el crecimiento lateral más que el crecimiento vertical, pero en términos generales las altas concentraciones de CO ₂ son benéficas para la biomasa aérea del árbol. Sin embargo, sus efectos sobre el crecimiento de la biomasa subterránea son poco significativos (Zhao <i>et al.</i> , 2006).
Resistencia a sequía:	Dado que es una especie de climas húmedos, no tolera sequías prolongadas.
Tolerancia a altas temperaturas:	La canela es una planta de clima cálido húmedo, más no de clima cálido seco (FAO, 2000), tolera temperaturas relativamente altas siempre que la humedad relativa se mantenga por arriba de 60%.

CANOLA



CARACTERÍSTICAS DESCRIPTIVAS

Nombre científico:	<i>Brassica napus</i> L.
Nombres comunes:	Canola, colza, colinabo.
Familia:	Brassicaceae.
Origen:	Canadá (Muñoz <i>et al.</i> , 1986).
Distribución:	50°LN a 50°LS.
Adaptación:	Climas templados. Regiones subtropicales con invierno definido. Regiones áridas y semiáridas templadas bajo riego, regiones subhúmedas con estación seca, climas cálidos, semicálidos, templados y semifríos (Aragón, 1995).
Ciclo de madurez:	80 a 120 días (González, 1984). 3-4.3 meses (Aragón, 1995). 60-90 días (Santibáñez, 1994). Anual y bianual (FAO, 2000).
Tipo fotosintético:	C ₃ .

REQUERIMIENTOS CLIMÁTICOS

Altitud:	50 a 2300 m.
Fotoperíodo:	Existen variedades de días neutros con 12-14 horas de luz y variedades de días largos que florecen con más de 14 horas de luz (FAO, 2000). Especie de día largo (Iglesias y Taha, 2010).

Radiación (luz):

Prefiere atmósferas soleadas, aunque puede tolerar periodos cortos de sombra.

Temperatura:

Se adapta ampliamente a los extremos de temperatura de las zonas templadas. La semilla de canola germina y emerge a temperaturas de suelo de 5°C, pero el óptimo es 10°C (Oplinger *et al.*, 1997).

Prefiere temperaturas frescas hasta la floración. Durante la floración prefiere temperaturas un poco más cálidas, pero no demasiado altas. Cuando las cápsulas de semillas se han formado, la canola es más tolerante a las altas temperaturas. Durante la maduración de las semillas, las temperaturas deberán ser cálidas pero no por arriba de 32-35°C para cualquier intervalo de tiempo. El contenido de aceite es máximo cuando las semillas maduran a 15.6°C. La temperatura umbral mínima para crecimiento es 5°C. La canola crece mejor entre los 12.2° y los 30°C siendo el óptimo para crecimiento y desarrollo 20°C. Los daños por calor en plántulas se presentan a los 32°C en la atmósfera y 38°C en el suelo. Se ha observado que la canola de invierno puede soportar temperaturas de hasta -4.5°C, sin daño significativo. La canola es más susceptible a las heladas durante la floración, ya que temperaturas de -0.5 a 0°C pueden matar flores abiertas, mientras que para dañar a vainas en desarrollo o botones florales se requiere una temperatura de -2.8°C (Herbek y Murdock, 2001).

La floración de canola es inhibida a temperaturas sostenidas por arriba de 27°C (Morrison y Stewart, 2002).

Morrison (1993) reportó flores completamente estériles cuando la canola desarrolla bajo un régimen de temperatura diurna/nocturna de 27/17°C.

Polowick y Sawhney (1988) reportaron esterilidad de las silicuas y aborto en canola sometida a temperaturas de 32°C. La canola de primavera en dormancia puede resistir de -10 a -12°C, mientras que la canola de invierno en dormancia puede tolerar periodos cortos de exposición a una temperatura de -15 a -20°C (Sovero, 1993).

La temperatura mínima de germinación es 2°C, mientras que para crecimiento es 4°C; la temperatura óptima de germinación es de 20°C y la de crecimiento es 19-24°C. En tanto la temperatura máxima tanto para germinación como para crecimiento es de 30°C (Iglesias y Taha, 2010).

Precipitación (agua):

La canola requiere de 400 a 450 mm de agua a lo largo de la estación de crecimiento, necesitando de 200 a 210 de estos mm de agua durante el periodo que va de un poco antes de la floración al final del llenado de grano (Oplinger *et al.*, 1997).

Se considera menos tolerante a la sequía que los cultivos de grano pequeño (Berglund y McKay, 2002).

Requiere de 300 a 500 mm de lluvia por ciclo (Iglesias y Taha, 2010).

Para plantas con una altura promedio de 60 cm, el coeficiente de cultivo (Kc) para las etapas inicial, intermedia y tardía es 0.35, 1-1.15 y 0.35, respectivamente (Allen *et al.*, 2006).

Humedad relativa: Requiere una atmósfera relativamente seca, ya que ambientes húmedos propician la presencia de enfermedades fungosas.

REQUERIMIENTOS EDÁFICOS

Profundidad de suelo: Requiere un mínimo de 40 cm de espesor de suelo arable.

Textura: Aunque la canola desarrolla en la mayoría de los diferentes tipos de suelo, desarrolla mejor en suelos de textura media (Oplinger *et al.*, 1997), esto es suelos de textura franca, franca-limosa, franca arcillo-arenosa y limosa. Según Berglund y McKay (2002) los suelos ideales son los limo-arcillosos que no forman costras.

Drenaje: Este cultivo prefiere suelos bien drenados, ya que no tolera encharcamientos (Oplinger *et al.*, 1997). Si se cultiva en suelos con drenaje interno pobre, el drenaje superficial se torna esencial (Berglund y McKay, 2002).

pH: Esta especie tolera un pH de hasta 5.5, por debajo de este nivel se comienzan a presentar pérdidas de rendimiento (Oplinger *et al.*, 1997). La canola tolera niveles de pH de hasta 8.3, antes de que las reducciones en rendimiento sean serias (CCC, 2003). El óptimo se encuentra ligeramente por arriba de 5.5 y hasta 7.5 (Weber *et al.*, 1993).

Salinidad/Sodicidad: Se considera un cultivo moderadamente tolerante a la salinidad, ya que tolera niveles de conductividad eléctrica hasta de 5-6 dS m⁻¹; sin embargo se pueden esperar reducciones en rendimiento a partir de 4 dS m⁻¹ (CCC, 2003). Por esta tolerancia a la salinidad, la canola ha sido utilizada como primer cultivo en tierras salinas recién drenadas en Holanda (Oplinger *et al.*, 1997). Tolerancia hasta 4 dS m⁻¹ (Iglesias y Taha, 2010).

Fertilidad y química del suelo: Un cultivo de canola con rendimiento de 2 t ha⁻¹, contiene cerca de 124 kg N ha⁻¹, en la parte aérea de la planta; 22 o más Kg ha⁻¹ de Fósforo en la semilla y en la paja. El nivel requerido de Nitrógeno en los tejidos de toda la planta en floración está entre 2.5 y 4%; niveles por debajo de 2% son considerados deficientes y niveles por arriba de 5% pueden ser excesivos; para Fósforo los niveles adecuados son 0.25 a 0.5%, siendo deficientes por debajo de 0.15% y excesivos por arriba de 0.8% (Ukrainetz *et al.*, 1975; Grant y Bailey, 1993). Un cultivo de canola saludable y de alto rendimiento contiene entre 150 y 300 kg de K ha⁻¹; la concentración de K en la semilla es baja, sólo de 8 a 60 kg de K ha⁻¹ son removidos en la semilla a la cosecha (Holmes, 1980; Grant y Bailey, 1993). Existe una correlación negativa entre el contenido de aceite y el contenido de proteína en relación con la presencia de Nitrógeno en la planta; la aplicación de fertilización nitrogenada en presencia de niveles adecuados de otros nutrientes puede incrementar los niveles de proteína en la planta, pero la adición de N en ausencia de suficiente S, puede conducir a un incremento de aminoácidos libres

como resultado de una síntesis de proteínas incompleta (Finlayson *et al.*, citados por Grant y Bailey, 1993). El Azufre es especialmente crítico en la producción de canola, ya que deficiencias de S frecuentemente restringen el rendimiento. Es un componente de los aminoácidos sisteína y metionina, esenciales en la síntesis de proteína (Grant y Bailey, 1993). Para un máximo rendimiento, debe procurarse que la canola tenga una relación N:S de 12 en tejidos, en el momento de la floración (Bailey, 1946). Un contenido en tejidos de menos de 0.2% de S total durante la floración, es considerado bajo, de 0.2 a 0.25 marginal, y mayor que 1.0% excesivo. En terrenos de lomerío, la canola requiere de 90-150 unidades ha^{-1} de Nitrógeno en invierno y 100-180 unidades ha^{-1} de N en primavera. En terrenos planos, requiere 120-200 unidades ha^{-1} de N tanto en invierno como en primavera. En cuanto a Fósforo y Potasio, requiere 150-300 y 50-70 unidades ha^{-1} , respectivamente, tanto en terrenos de loma como planos, y, tanto en primavera como en invierno (Iglesias y Taha, 2010).

Para un temporal de 500 a 600 mm en el ciclo de cultivo, se sugiere la fórmula 90-40-00, aplicando la mitad del Nitrógeno y todo el Fósforo en la siembra si existe humedad, o en la primera labor. La otra mitad de Nitrógeno se aplica en la segunda labor (Medina *et al.*, 2003).

CARACTERÍSTICAS DE RESPUESTA AL CAMBIO CLIMÁTICO

Respuesta a ambientes enriquecidos de CO_2 :

Una concentración de CO_2 de 700 ppm, incrementa (en comparación a una concentración de CO_2 ambiente) el rendimiento y la biomasa; el número de semillas se incrementa 26%, pero el peso de 1000 semillas disminuye de manera significativa, posiblemente debido a que el periodo de llenado de semilla se acorta (Clausen *et al.*, 2011).

Ambientes elevados de CO_2 (300 ppm más que el nivel de CO_2 ambiente) incrementan la altura de planta y el rendimiento de semilla, a través de un incremento de la fotosíntesis en un 41% (Qaderi y Reid, 2005; CSCDGC, 2013).

Una condición de CO_2 elevado ($740 \mu\text{mol mol}^{-1}$) revierte parcialmente los efectos inhibidores del desarrollo y productividad de la canola producidos por la combinación de altas temperaturas ($28/24^\circ\text{C}$) y sequía (punto de marchitez permanente) (Qaderi *et al.*, 2006).

La condición de elevado CO_2 incrementa el peso y tamaño de grano y mejora la composición de ácidos grasos (reducción de ácido erúcido) en semillas de *Brassica*, incrementando de esta forma la posibilidad del uso de su aceite en pacientes con padecimientos cardiacos (Uprety *et al.*, 2010).

Captura de carbono:

Con una producción de materia seca de 7.5 t ha^{-1} (Aguilar, 2012), y el factor de conversión a carbono (47% de materia seca; Montero *et al.*, 2004), se estima una captura de $3.53 \text{ t ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$ de carbono.

Respuesta a ozono:	La combinación de exposición a ozono (60 ppb) con CO ₂ elevado (700 ppm) y un régimen de temperatura diurna/nocturna de 24/17°C, produce una disminución en crecimiento y producción de la canola (Clausen <i>et al.</i> , 2011).
Resistencia a sequía:	<p>La canola es adaptable a condiciones de baja humedad en el suelo, pero la combinación de sequía con la ocurrencia de altas temperaturas reduce significativamente el rendimiento (Faraji <i>et al.</i>, 2008).</p> <p>Se considera menos tolerante a la sequía que los cultivos de grano pequeño (Berglund y McKay, 2002).</p> <p>La combinación de un régimen de temperaturas altas (28/24°C) con condiciones de humedad del suelo equivalentes al punto de marchitez permanente, produce una reducción en la altura y el diámetro del tallo, en el número de hojas y el área foliar, materia seca, relación de peso brotes/raíz, asimilación neta de CO₂ y fluorescencia de la clorofila; en contraparte produce un incremento del peso foliar específico, proporción de peso foliar y concentración de la clorofila. La sequía incrementa el nivel de ácido abscísico, mientras que las altas temperaturas inhiben la habilidad de las plantas de producirlo en respuesta a la sequía (Qaderi <i>et al.</i>, 2006).</p>
Tolerancia a altas temperaturas:	<p>Gan <i>et al.</i> (2004) señalan que un estrés térmico provocado por altas temperaturas diurnas/nocturnas (35/18°C) reduce el número de silicuas en el racimo principal hasta en un 75%. Un régimen de temperatura diurna/nocturna de 24/17°C disminuye significativamente el rendimiento y la biomasa en comparación con un régimen de temperatura de 19/12°C (Clausen <i>et al.</i>, 2011).</p> <p>Las altas temperaturas en la floración aceleran el desarrollo y reducen el periodo floración-madurez causando reducciones en el número de cápsulas y semillas y por tanto en el rendimiento. Cuando las cápsulas de semillas se han formado, la canola es más tolerante a las altas temperaturas (Herbek y Murdock, 2001).</p>

CAÑA DE AZÚCAR



CARACTERÍSTICAS DESCRIPTIVAS

Nombre científico:	<i>Saccharum officinarum</i> L.
Nombres comunes:	Caña, caña de azúcar.
Familia:	Poaceae.
Origen:	Nueva Guinea para caña de tallo grueso (Brandes, 1956) e India para caña de tallo delgado.
Distribución:	37°LN a 32° LS (Biswas, 1986). Hasta los 30° LN y LS (Santacruz y Santacruz, 2007).
Adaptación:	Trópico y subtropico; zonas húmedas, subhúmedas y semiáridas (Biswas, 1986). Sin embargo, desarrolla mejor en regiones tropicales cálidas con amplia radiación solar (De Geus, 1967).
Ciclo de madurez:	10-24 meses (Biswas, 1986).
Tipo fotosintético:	C ₄ .

REQUERIMIENTOS CLIMÁTICOS

Altitud:	0-1600 m (Benacchio, 1982).
Fotoperíodo:	Es una especie de día corto, pero hay cultivares de día neutro (Benacchio 1982). La mayoría de los cultivares no florecen a fotoperíodos mayores a 13 horas y menores a 12 horas. Las condiciones que inducen la iniciación floral son 12.4 horas de fotoperíodo y 20-25°C de temperatura nocturna (Baradas, 1994).

Radiación (Luz):

La intensidad de saturación de luz es 64.6 klux (Baradas, 1994).

La caña tiene una alta habilidad para utilizar eficientemente la energía solar. En plantaciones de campo, la tasa fotosintética se incrementa hasta una completa intensidad natural de la luz. Por eso entre mayor sea la incidencia de la radiación, es mayor la producción que se puede esperar (Blackburn, 1984).

Temperatura:

Las temperaturas umbrales para germinación son 10 y 40°C, con un rango óptimo de 20-32°C (Humbert, 1968).

El macollamiento se reduce a menos de 21°C (Biswas, 1986) y se incrementa a temperaturas alrededor de 26°C (Singh y Singh, 1966).

Temperaturas ligeramente por arriba de 20°C son las más favorables para el crecimiento (Biswas, 1986).

El crecimiento activo se reduce mucho cuando la temperatura cae por debajo de los 10°C, y, si ésta es menor de 5°C las hojas presentan una coloración rosada que viene a ser un síntoma similar al causado por la inundación (Biswas, 1986). La fotorrespiración se incrementa cuando la temperatura se eleva por encima de los 35°C (Chu y Kong, 1971).

Las temperaturas cercanas a los 38°C reducen la fotosíntesis y por lo tanto el crecimiento en general (Kortschack, 1972). La tasa y patrón de crecimiento del follaje está gobernada por la prevalencia de temperaturas entre 21 y 38°C con una humedad relativa del 50% (Kakade, 1985b).

Cuando la temperatura del suelo baja de 21°C, el crecimiento se limita y cesa a 12°C (Biswas, 1986). Para crecimiento, el óptimo de temperatura del suelo se ubica en 26-27°C (Humbert, 1968).

Temperaturas altas del suelo reducen el crecimiento del sistema radicular (Blackburn, 1984).

Bajas temperaturas y alta humedad son más favorables para una floración temprana que tiempo seco y soleado (Stevenson, 1963). Las temperaturas nocturnas por debajo de 18°C pueden prevenir la floración (Coleman, 1968).

Diferencias grandes entre temperaturas nocturnas y diurnas son muy favorables para la maduración (Biswas, 1986). Una reducción gradual de temperaturas y humedad durante 4-6 semanas antes de la cosecha ayudan significativamente a la maduración (Kakade, 1985a).

Amplias oscilaciones térmicas diarias estimulan la acumulación de sacarosa (Humbert, 1974; Larrahondo y Villegas, 1995).

El crecimiento de la caña cesa entre 10 y 12°C y está considerada como la temperatura mínima para el comienzo de la maduración. La maduración se acelera también retirando el agua de riego de cultivos irrigados (Gowing y Baniaboassi, 1978).

El crecimiento de la caña se retarda seriamente a los 21°C y se inhibe a los 15°C (Santacruz y Santacruz, 2007).

- Precipitación (agua):** 1000-2200 mm bien distribuidos en el año, disponiendo de agua para riego complementario cuando el déficit hídrico anual sea superior a 150 mm. Para la zafra se requiere una época seca (Benacchio, 1982).
Dependiendo del clima, las necesidades de agua de la caña de azúcar son de 1500 a 2500 mm, distribuidos de manera uniforme durante la temporada de desarrollo. Con una evapotranspiración durante la estación vegetativa, de 5 a 6 mm día⁻¹, el nivel de agotamiento puede ser del 65% del agua total disponible, sin tener efectos graves sobre los rendimientos (Doorenbos y Kassam, 1979).
Se puede cultivar con éxito donde la precipitación sea de 1000 a 1250 mm anuales, bien distribuidos. Requiere un periodo seco para producir suficiente sacarosa (Santacruz y Santacruz, 2007).
Cuando existen periodos de sequía, se estimula la producción de fibra y baja el rendimiento de azúcar, mientras que un incremento de lluvias y exceso de días nublados reduce la elaboración y almacenamiento de azúcares (Humbert, 1974; Larrahondo y Villegas, 1995).
Para plantas con altura promedio de 3 m, los coeficientes de cultivo (Kc) para las etapas de desarrollo inicial, intermedia y final son 0.4, 1.25 y 0.75, respectivamente (Allen *et al.*, 2006).
- Humedad relativa:** Prefiere humedades relativas alrededor de 50% (Kakade, 1985b).

REQUERIMIENTOS EDÁFICOS

- Profundidad de suelo:** 50 cm (óptimo); 10-50 cm (marginal) (FAO, citado por Rojas y Eldin, 1983). Normalmente, bajo un suministro de agua sin problemas, el 100% del agua se extrae de los primeros 1.2 a 2.0 m del suelo (Doorenbos y Kassam, 1979).
- Textura:** Tolera muy bien condiciones diversas del suelo. De manera general, se cultiva con éxito tanto en terrenos arcillosos muy pesados, como en terrenos extremadamente arenosos (Fauconnier y Bassereau; citados por Rojas y Eldin, 1983).
- Drenaje:** Requiere de suelos moderadamente drenados a bien drenados (lo óptimo) (FAO, citado por Rojas y Eldin, 1983). En regiones húmedas y con drenaje deficiente se retrasa la maduración o se obtienen bajos niveles de azúcares a la cosecha (Humbert, 1974; Larrahondo y Villegas, 1995).
- pH:** Rango 4.5-8.5 (óptimo 5.5-8.2) (FAO; citado por Rojas y Eldin, 1983).
El óptimo va de 6.0 a 8.0 (Ignatieff; citado por Moreno, 1992). La caña se desarrolla bajo un pH de 5.0 a 8.5, siendo el óptimo alrededor de 6.5 (Doorenbos y Kassam, 1979).
Con un pH próximo o menor de 4.5, la acidez del suelo limita la producción, principalmente por la presencia de Aluminio intercambiable y de algunos micronutrientes como Hierro y Manganeseo, que pueden ocasionar toxicidad y muerte de la planta (Quintero, 1995).

Salinidad/Sodicidad:	<p>Medianamente tolerante a sales (Benacchio, 1982). La caña de azúcar es moderadamente sensible a la salinidad y la disminución en el rendimiento del cultivo por este factor es la siguiente: 0% para una conductividad eléctrica de 1.7 dS m⁻¹; 10% para 3.4 dS m⁻¹; 25% para 5.9 dS m⁻¹; 50% para 10 dS m⁻¹ y 100% para 19 dS m⁻¹ (Ayers y Westcot, 1985).</p>
Fertilidad y química del suelo:	<p>La cantidad de nutrimentos que extrae la caña varía en función de la variedad, tipo de suelo, condiciones de clima y manejo del cultivo.</p> <p>Por tonelada de tallos maduros cosechados se extraen 0.44 a 1.15 Kg de Nitrógeno, 0.11 a 0.30 Kg de Fósforo, 0.77 a 2.19 Kg de Potasio (Martín <i>et al.</i>; citados por Quintero, 1995).</p> <p>Por tonelada de caña industrial, la extracción de nutrimentos en tallos es: 0.72 Kg de Nitrógeno, 0.18 Kg de Fósforo, 1.22 Kg de Potasio. 0.12 Kg de Calcio, 0.20 Kg de Magnesio y 0.27 Kg de Azufre; mientras que en los cogollos y en las hojas secas la extracción es: 1.15 Kg de N, 1.39 Kg de P, 1.18 Kg de K, 0.68 Kg de Ca, 0.32 Kg de Mg y 0.16 Kg de S (Fauconnier y Bassereau, 1975).</p> <p>Mediante un estudio se estimó la dosis de fertilización N-P-K para la caña de azúcar para cada unidad de suelo mediante un modelo conceptual, que se basa en el balance entre la demanda del nutrimento, suministro que hace de éste el suelo y la eficiencia del fertilizante, resultando lo siguiente: Fluvisol 160-60-60, Vertisol 120-80-80, Cambisol 120-60-60, Luvisol 140-80-80 y Leptosol 160-80-80 (Palma <i>et al.</i>, 2002).</p> <p>Cuando la deficiencia de calcio es severa, el desarrollo de la planta se detiene y muere (Humbert, 1974).</p> <p>Malavolta, citado por Quintero (1995) reportó que por cada 100 toneladas de tallos de caña, se extraen entre 178 y 238 g de Boro, 138 y 271 g de Cobre, 1486 y 6189 g de Hierro, 758 y 1509 g de Manganeso, y 387 y 479 g de Zinc.</p>

CARACTERÍSTICAS DE RESPUESTA AL CAMBIO CLIMÁTICO

Respuesta a ambientes enriquecidos de CO₂:	<p>En ambientes con CO₂ elevado (720 ppm) durante 50 semanas, y en comparación con la condición de CO₂ ambiente (370 ppm), la caña de azúcar registró un incremento de 30% en su fotosíntesis, de 17% en altura de planta, y acumuló 40% más biomasa. Las plantas en elevado CO₂ también registraron menor conductancia estomática y tasas de respiración (-37 y -32%, respectivamente) y mayor eficiencia en el uso del agua (c.a. 62%) (Pereira <i>et al.</i>, 2008).</p>
Captura de carbono:	<p>Posee una capacidad de capturar carbono superior a otras especies, lo que se traduce en el antecedente para que, paralelo a la producción de caña, se proponga la prestación de un servicio ambiental asociado a la reducción de CO₂, gas potenciador del efecto invernadero, por parte de la misma especie (Pretty <i>et al.</i>, 2002; Hernández <i>et al.</i>, 2008).</p> <p>Produce de 142.49 a 225.70 t ha⁻¹ de materia seca (Bonato <i>et al.</i>, 2011), lo que traducido a carbono con un factor de 0.47 (Montero <i>et al.</i>, 2004), arroja que la caña de azúcar captura un total de 66.97 a 106.079 t ha⁻¹ de carbono.</p>

Resistencia a sequía:

Con la presencia de periodos de sequía, se estimula producción de fibra y baja el rendimiento de azúcar (Humbert, 1974; Larrahondo y Villegas, 1995).

Es bastante resistente a la sequía, pero la producción es baja en periodos de sequía (FAO, 2007).

Tolerancia a altas temperaturas:

Temperaturas superiores a 35°C fomentan el incremento de la fotorrespiración (Chu y Kong, 1971).

Cuando las temperaturas están cercanas a los 38°C, se reduce la fotosíntesis y el crecimiento de la caña de azúcar en general (Kortschak, 1972).

CARAMBOLO



CARACTERÍSTICAS DESCRIPTIVAS

Nombre científico:	<i>Averrhoa carambola</i> L.
Nombres comunes:	Carambolo.
Familia:	Oxalidaceae.
Origen:	Trópicos de Asia (León, 2000). Suroeste asiático (India, China, Malasia) (Orduz y Rangel, 2002; Crane y Leblanc, 2008).
Distribución:	Cultivado entre los 0° y 30° LN y LS (Bernal <i>et al.</i> , 2001).
Adaptación:	Climas tropicales, aunque puede prosperar en climas subtropicales si no hay heladas y hay suficiente humedad en el suelo (Pérez y Valdivia, 2004). Se adapta a climas cálidos y húmedos en las tierras bajas del trópico húmedo (Crane y Leblanc, 2008).
Ciclo de madurez:	Perenne.
Tipo fotosintético:	C ₃ .

REQUERIMIENTOS CLIMÁTICOS

Altitud:	A partir del nivel del mar a los 500 m (Orduz y Rangel, 2002). De los 0 a 1000 msnm (PROMOSTA, 2005a).
-----------------	---

Fotoperíodo:	Hay variedades de día corto, día largo y día neutro (FAO, 2000).
Radiación (luz):	Requiere de ligera sombra para su desarrollo óptimo (FAO, 2000). Se adapta a niveles moderados de sombra, entre el 10 y 25%, aunque el cultivo a plena exposición solar es ideal, siempre y cuando el lugar tenga temperatura cálida y buena humedad en el suelo (Marler <i>et al.</i> , 1994; Crane y Leblanc, 2008).
Temperatura:	Tiene poca tolerancia a heladas, y en su etapa juvenil puede afectarse aún con temperaturas superiores a los 0°C (Poppenoe, 1920). Muy susceptible al frío, la temperatura ideal oscila entre los 26 y 28°C (Orduz y Rangel, 2002). Temperaturas bajas de -2.8 a -1.7°C pueden ocasionar la muerte de árboles jóvenes, dañar hojas y ramas en árboles adultos. Árboles adultos pueden ser severamente dañados a temperaturas de -4.4 a -6.7°C y en ocasiones esta condición térmica puede llegar a causar la muerte si su duración es muy prolongada (Campbell <i>et al.</i> , citados por Pérez y Valdivia, 2004). En Santiago Ixcuintla, Nayarit, México, el cultivo se desarrolla con una temperatura media anual de 27°C, mínima anual de 17.7°C y máxima anual de 37.2°C (Pérez y Valdivia, 2004). Requiere de condiciones tropicales, adaptándose a lugares con temperaturas entre los 18 y 34°C (PROMOSTA, 2005a). Crece y fructifica a temperaturas superiores a los 18°C e inferiores a los 43°C. La temperatura óptima del suelo para el crecimiento de la raíz oscila entre los 20 y 30°C (George <i>et al.</i> , 2000; Crane y Leblanc, 2008).
Precipitación (agua):	Requiere una precipitación acumulada anual de 1200 a 1500 mm bien distribuidos (Orduz y Rangel, 2002). Requiere de una precipitación de 1800 mm bien distribuidos durante el año (PROMOSTA, 2005a).
Humedad relativa:	85-90% en almacenamiento.

REQUERIMIENTOS EDÁFICOS

Profundidad de suelo:	Se requieren suelos con una profundidad mayor a 150 cm (FAO, 2000).
Textura:	Prefiere suelos arcillo-limosos (Orduz y Rangel, 2002). Se adapta a suelos desde arenosos hasta arcillosos, siempre y cuando tengan buen drenaje (PROMOSTA, 2005a; Crane y Leblanc, 2008).
Drenaje:	Requiere de buen drenaje, el cultivo no soporta encharcamientos (Orduz y Rangel, 2002). Es moderadamente resistente a inundaciones, permaneciendo un poco más de 21 días inundado, sin embargo el crecimiento se detiene y puede morir si las raíces son atacadas por hongos (Crane y Leblanc, 2008).

pH:	El rango de pH oscila entre 5.5 y 6.5 (Orduz y Rangel, 2002). Se adapta a valores de pH de 6 a 7 (PROMOSTA, 2005a).
Salinidad/Sodicidad:	No tolera la presencia de sales, ya que éstas afectan su crecimiento (Joyner y Schaffer; citados por Pérez y Valdivia, 2004).
Fertilidad y química del suelo:	Cuando no se cuenta con información de extracción de nutrientes por parte del carambolo, ni con análisis de suelo, se puede fertilizar con una formula N-P-K 15-15-15 (PROMOSTA, 2005a).

CARACTERÍSTICAS DE RESPUESTA AL CAMBIO CLIMÁTICO

Resistencia a sequía:	Se ha reportado como un cultivo que puede lidiar con la sequía que se presenta en el norte de la India (Popenoe, 1920). Periodos de sequía de mas de 7 días pueden causar estrés hídrico en la planta (Crane y Leblanc, 2008).
Tolerancia a altas temperaturas:	Este frutal requiere alta temperatura todo el año, aunque temperaturas superiores a los 35°C por tiempo prolongado pueden dañarlo.

CÁRTAMO



CARACTERÍSTICAS DESCRIPTIVAS

Nombre científico:	<i>Carthamus tinctorius</i> L.
Nombres comunes:	Cártamo.
Familia:	Asteraceae (Compositae).
Origen:	Egipto, Medio Oriente, India (González, 1984).
Distribución:	15° a 45° LN y LS (Doorenbos y Kassam, 1979).
Adaptación:	Climas templados y subtropicales. No es un cultivo adecuado para los trópicos cálidos (Purseglove, 1987).
Ciclo de madurez:	120 a 160 días en primavera y 200 a 230 días en otoño (Doorenbos y Kassam, 1979).
Tipo fotosintético:	C ₃ .

REQUERIMIENTOS CLIMÁTICOS

Altitud:	10-2000 m (Aragón, 1995).
Fotoperíodo:	El cártamo es una planta de día corto, aunque existe germoplasma mexicano que se comporta como insensible al fotoperíodo. Las plantas al emerger necesitan días cortos y fríos para estimular el crecimiento de la raíz y el desarrollo de la roseta, mientras que el crecimiento del tallo y la floración se estimulan con días más largos y cálidos (Purseglove, 1987). Especie de día neutro (FAO, 1994).
Radiación (Luz):	Exige mucha insolación (Benacchio, 1982).

Temperatura:	<p>El tiempo promedio que toma la germinación a 5, 8.9 y 15.6°C es de 16, 9 y 4 días respectivamente. La germinación prácticamente no ocurre a 2.2°C (Purseglove, 1987).</p> <p>El rango térmico de este cultivo se encuentra entre 10 y 25°C, con un rango óptimo promedio entre 15 y 29°C. Es tolerante a las heladas y para la iniciación floral necesita temperaturas inferiores a 14-16°C. En cuanto a los requerimientos térmicos por etapas, las plantas al nacer necesitan temperaturas frías para el crecimiento de las raíces y para el desarrollo del rosetón (temperatura media diaria entre 15 y 20°C); durante el crecimiento del tallo, en el periodo de floración y en el de formación de la cosecha requiere temperaturas entre 20 y 30°C. Por debajo de 2°C, no se produce la germinación. A 5 y 16°C, la germinación tarda 16 y 4 días, respectivamente. Las plántulas toleran heladas de hasta -7°C, pero después de esta etapa, heladas de -2°C matan a la planta (Doorenbos y Kassam, 1979).</p> <p>Las altas temperaturas pueden prolongar indefinidamente el periodo de roseta, impedir la floración y fructificación normales. Bajo estas circunstancias debe aplicarse previamente un periodo de vernalización a 0°C por 15 días para obtener un desarrollo normal en el cártamo (Li <i>et al.</i>, 1995).</p>
Precipitación (agua):	<p>Sus necesidades de agua para rendimientos óptimos varían de 600 a 1200 mm, dependiendo del clima y de la duración del periodo vegetativo total. En condiciones en que la evapotranspiración máxima es de 5-6 mm día⁻¹, la absorción de agua comienza a reducirse cuando se ha agotado el 60% del agua total disponible en el suelo. El cártamo es susceptible al exceso de agua (Doorenbos y Kassam, 1979).</p> <p>Para plantas con una altura promedio de 80 cm, el coeficiente de cultivo (Kc) para las etapas inicial, intermedia y final es 0.35, 1-1.15 y 0.25, respectivamente (Allen <i>et al.</i>, 2006).</p>
Humedad relativa:	<p>Una humedad excesiva, especialmente la niebla, favorece la pudrición de la espiga (Doorenbos y Kassam, 1979). Altas precipitaciones y humedad ambiental son dañinas, ya que promueven el desarrollo de enfermedades. Se requiere de una atmósfera seca durante y después de la floración para que se logre una buena semilla y un alto contenido de aceite (Purseglove, 1987).</p>

REQUERIMIENTOS EDÁFICOS

Profundidad de suelo:	<p>Requiere suelos profundos (mayores de 1 m) ya que suelos someros raramente producen rendimientos elevados. Se adapta bien a los suelos con capa freática hasta de 1 m de profundidad. Normalmente el 100% de absorción de agua de un cultivo plenamente desarrollado tiene lugar en la primera capa de 1 a 2 m (Doorenbos y Kassam, 1979).</p> <p>Se requiere una profundidad efectiva mínima de 35 a 50 cm (Aragón, 1995).</p>
------------------------------	--

Textura:	<p>Prefiere los suelos de textura media (Doorenbos y Kassam, 1979) como suelos francos, franco-arcillo-limosos y franco-arcillosos.</p> <p>Los suelos más adecuados para cártamo son de textura franca o aluvión, aunque también tiene buen desarrollo en suelos arcillosos, teniendo cuidado con el uso y manejo del agua de riego (Medina <i>et al.</i>, 2001).</p> <p>Desarrolla bien en suelos de textura arcillosa, aunque los mejores son los de textura media (Montoya y Ochoa, 2006).</p>
Drenaje:	<p>Requiere suelos bien drenados (Doorenbos y Kassam, 1979). No tolera inundaciones (Purseglove, 1987).</p>
pH:	<p>Produce bajo un rango bastante amplio de pH, pero los mayores rendimientos se obtienen en suelos de reacción neutra (Doorenbos y Kassam, 1979).</p> <p>Su rango de pH está entre 6.0 y 8.0 (FAO, 1994), con un óptimo alrededor de 7.0 (FAO, 1994; Porta <i>et al.</i>, 1999).</p>
Salinidad/Sodicidad:	<p>Tolera una salinidad moderada. La disminución del rendimiento debida a la salinidad del suelo es la siguiente: 0% para una conductividad eléctrica de 5.3 dS m⁻¹; 10% para 6.2 dS m⁻¹; 25% para 7.6 dS m⁻¹; 50% para 9.9 dS m⁻¹ y 100% para 14.5 dS m⁻¹ (Porta <i>et al.</i>, 1999). Durante la germinación, las plantitas tienen una tolerancia a la salinidad equivalente aproximada a la mitad de estas cantidades (Doorenbos y Kassam, 1979).</p> <p>Presenta una tolerancia moderada a salinidad y sodicidad (Aragón, 1995). Se considera un cultivo semitolerante a los efectos del Sodio intercambiable (Porta <i>et al.</i>, 1999).</p>
Fertilidad y química del suelo:	<p>La producción de 2,200 kg ha⁻¹ de cártamo demanda las siguientes cantidades de nutrientes por hectárea: 77 Kg de N, 40 Kg de P₂O₅ y 63 Kg de K₂O (IFA, 1992).</p>

CARACTERÍSTICAS DE RESPUESTA AL CAMBIO CLIMÁTICO

Respuesta a ambientes enriquecidos de CO₂:	<p>Al comparar el desarrollo del cártamo bajo una alta concentración de CO₂ (1,000 μmol mol⁻¹) y una concentración ambiente (400 μmol mol⁻¹) se obtuvo que con elevado CO₂ se incrementó la tasa de asimilación de éste en 27%, el índice de área foliar en 28%, el peso seco total aéreo en 51%, y el peso seco total aéreo a la cosecha en 43%. El CO₂ elevado redujo la conductancia estomatal en 29% y la tasa de transpiración en 18%. En la etapa de antesis el CO₂ elevado disminuyó el contenido de nitrógeno y clorofila en las hojas, pero incrementó el índice de área foliar en 2% y la tasa de asimilación de CO₂ en 13% (Mohamed <i>et al.</i>, 2013).</p>
Captura de carbono:	<p>Produce 4.660 t ha⁻¹ de materia seca (Mokhtassi <i>et al.</i>, 2007). Al aplicar a esto el factor de conversión a carbono de 0.47 (Montero <i>et al.</i>, 2004), da como resultado que el cártamo captura 2.190 t ha⁻¹ de carbono.</p>

Resistencia a sequía:

Se le considera un cultivo tolerante a la sequía, debido a su capacidad de extraer agua desde profundidades hasta de 3.5 m (Doorenbos y Kassam, 1979).

Cuando el cártamo se expone a sequía durante el desarrollo o a finales de éste, se produce una reducción de la conductancia estomática. Sin embargo se ha observado que cuando se le libera al cultivo de la sequía durante el desarrollo, las plantas se recuperan sin haber afectaciones significativas en los componentes del rendimiento (número de ramas y número de capítulos) y el número de semillas. Sin embargo cuando la sequía es en la parte final del desarrollo o se combina sequía a mediados del desarrollo con sequía en la parte final del desarrollo, se obtiene una reducción del número de ramas de 48 y 50%, y del número de capítulos de 33 y 67%. En el número de semillas la reducción es de 89 y 92%, respectivamente para estos dos tipos de sequía. En el peso seco aéreo la reducción es de 30 y 54%; mientras que en el peso fresco de semilla individual la disminución es de 90 y 94%. No obstante, el estrés hídrico no tiene efecto significativo en la eficiencia cuántica máxima (Mohamed, 2013).

Tolerancia a altas temperaturas:

Temperaturas incluso de 65°C en ambiente seco, no dañan el poder germinativo de la semilla de cártamo (Ghaly y Sutherland, 1984).

La planta de cártamo está más bien adaptada a ambientes frescos, por lo que no le resultan confortables regiones y temporadas con temperaturas máximas superiores a los 33-35°C.

Las temperaturas mayores de 40°C afectan la polinización y por consecuencia la producción y calidad de la semilla (Robles, 1991).

CEBADA



CARACTERÍSTICAS DESCRIPTIVAS

Nombre científico:	<i>Hordeum vulgare</i> L.
Nombres comunes:	Cebada.
Familia:	Poaceae (Gramineae).
Origen:	Valle del Nilo (Wendorf <i>et al.</i> , citados por Poehlman, 1985).
Distribución:	70°LN a 55°LS (Purselove, 1985; González 1984).
Adaptación:	Climas templados (González, 1984). Regiones subtropicales con invierno definido. Regiones áridas y semiáridas templadas bajo riego, regiones subhúmedas con estación seca, climas cálidos, semicálidos, templados y semifríos (Aragón, 1995).
Ciclo de madurez:	80 a 120 días (González, 1984). 3-4.3 meses (Aragón, 1995). 60-90 días (Santibáñez, 1994).
Tipo fotosintético:	C ₃ .

REQUERIMIENTOS CLIMÁTICOS

Altitud:	0-3500 m (Aragón, 1995).
Fotoperíodo:	Esta especie acepta amplios rangos de fotoperíodo, se puede cultivar en periodos de días cortos y días largos (Guitard, citado por Poehlman, 1985).
Radiación (Luz):	Esta especie es menos sensible al sombreado que el trigo (Santibáñez, 1994).

Temperatura:	<p>Los efectos ecofisiológicos de las temperaturas sobre esta especie son similares a los del trigo (Santibáñez, 1994). Un periodo de vernalización a temperaturas de 2°C, acelera la emergencia de las plántulas.</p> <p>La temperatura óptima depende de la etapa de desarrollo y de la variedad. Para la siembra la mínima es de 3-4°C, la óptima es de 20 a 28°C y la máxima de 28-40°C. La temperatura media adecuada es de 15 a 25°C durante el periodo de junio a octubre. Durante la maduración del grano, las heladas o temperaturas inferiores a 0°C dañan tanto el aspecto físico como su calidad industrial. La temperatura óptima durante la etapa de llenado de grano es de alrededor de 22°C (Piva y Cervato, citados por Santibáñez, 1994).</p> <p>La mínima y máxima umbrales para crecimiento son 5°C y 30°C, respectivamente, con un óptimo de 18°C (FAO, 1994).</p>
Precipitación (agua):	<p>Durante el ciclo de cultivo requiere de 380 a 660 mm bien distribuidos. Tanto las lluvias abundantes como las sequías persistentes afectan a la cebada.</p> <p>El óptimo de precipitación anual está alrededor de los 700 mm, pero se puede cultivar en regiones de hasta 1000 mm anuales, siempre que durante la época de cosecha no existan lluvias significativas (FAO, 1994).</p> <p>Para plantas con una altura promedio de 1 m, el coeficiente de cultivo (Kc) para las etapas inicial, intermedia y final es 0.3, 1.15 y 0.25, respectivamente (Allen <i>et al.</i>, 2006).</p>
Humedad relativa:	<p>Requiere una atmósfera relativamente húmeda (< 60%), ya que ambientes húmedos o muy húmedos, propician la presencia de enfermedades fungosas.</p>

REQUERIMIENTOS EDÁFICOS

Profundidad de suelo:	<p>Para un buen desarrollo radicular, le son suficientes 30 cm de suelo (Aragón, 1995).</p>
Textura:	<p>Se adapta a diversos tipos de suelo, generalmente se cultiva en suelos ligeros bien drenados y los migajones con buena fertilidad y buen drenaje profundo. La textura óptima es de tipo franco (medio) y migajón-arenosa.</p> <p>Le favorecen suelos de textura media (FAO, 1994).</p>
Drenaje:	<p>Requiere suelos bien drenados (FAO, 1994).</p>
pH:	<p>Es muy tolerante a suelos alcalinos pero poco a suelos ácidos. Desarrolla en un rango de 6.0 a 8.5 (Bower y Fireman, citados por Poehlman, 1985). Rango óptimo: 6.5 a 8.0 (Ignatieff; citado por Moreno, 1992).</p> <p>Prospera en un rango de pH de 6.0 a 7.5, siendo el óptimo 6.5 (FAO, 1994).</p>
Salinidad/Sodicidad:	<p>Es un cultivo con alta tolerancia a la salinidad (FAO, 1994; Aguilar, 2013). De acuerdo con Ayers y Westcot (1985) la cebada puede tolerar una conductividad eléctrica de hasta 8.0 dS m⁻¹ sin afectaciones al rendimiento; sin embargo a 10, 13, 18 y 28 dS m⁻¹ el rendimiento se reduce 10, 25, 50 y 100%.</p>

CARACTERÍSTICAS DE RESPUESTA AL CAMBIO CLIMÁTICO

Respuesta a ambientes enriquecidos de CO₂:

Elevado CO₂ tiene efectos positivos sobre la fisiología de las plantas de cebada e incrementa su tolerancia a la salinidad (Pérez *et al.*, 2012).

En experimentos FACE (free air CO₂ enrichment) el tratamiento de CO₂ elevado (550 ppm) provocó un incremento en la eficiencia en el uso de la radiación solar, tanto con niveles adecuados de Nitrógeno (262 kg ha⁻¹ en primer año y 179 kg ha⁻¹ en segundo año) como de niveles reducidos a la mitad. El efecto del CO₂ elevado sobre la producción de biomasa aérea fue similar en ambos niveles de Nitrógeno; no afectó la biomasa en hojas pero si incrementó la biomasa en tallos y espigas. Además el peso seco final de tallos se incrementó 27% en plantas con mitad de Nitrógeno y 13% en plantas con Nitrógeno adecuado. El CO₂ elevado incrementó el rendimiento de grano en comparación con CO₂ ambiente (375 ppm) debido a que estimuló un más alto número de granos (Manderscheid *et al.*, 2009).

La cebada responde positivamente en producción de biomasa aérea al incremento de CO₂; a 700 ppm el incremento es de 32% con relación a CO₂ ambiente (350 ppm); a 1500 ppm el incremento es de 39% y a 3000 ppm el incremento es menor que a 1500 ppm. En tanto, la cebada responde mejor en incremento de biomasa aérea a los efectos individuales de elevado CO₂ e incremento de temperatura que a la combinación de elevado CO₂ con incremento de temperatura (Juknys *et al.*, 2011).

Captura de carbono:

Bajo una densidad de plantación de 100 plantas m⁻², los valores en gramos de carbono y CO₂ para raíz, parte aérea y total de planta son: 0.2 y 0.7; 3 y 12.3; y, 3.6 y 13, respectivamente (Mota *et al.*, 2011).

Respuesta a ozono:

La cebada es una especie sensible al ozono, lo que hace previsible la aparición de daños y, por tanto, una disminución en la productividad de las cosechas (González *et al.*, 2005).

Resistencia a sequía:

La cebada es más tolerante a la sequía que el trigo. En ambientes semiáridos el rendimiento de la cebada es mayor que el de otros cereales (Santibáñez, 1994).

Tolerancia a altas temperaturas:

Las altas temperaturas y el déficit hídrico limitan el peso final del grano al acelerar la senescencia foliar y disminuir la duración del crecimiento del grano ya que disminuyen la conductancia de la hoja, la fotosíntesis neta y la disponibilidad de asimilados actuales para el llenado del grano. Las altas temperaturas dificultan por lo tanto la conversión de sacarosa a almidón en el endospermo, por lo que el peso del grano se ve afectado significativamente cuando el estrés se produce durante el periodo de llenado del grano. La respuesta a estas condiciones adversas depende de los genotipos, lo que indica que existe variabilidad para tolerancia a estrés abiótico (Voltas *et al.*, 1999).

Tolera temperaturas alrededor de 40°C ya en la etapa de maduración del grano.

CEBOLLA



CARACTERÍSTICAS DESCRIPTIVAS

Nombre científico:	<i>Allium cepa</i> L.
Nombres comunes:	Cebolla.
Familia:	Liliaceae.
Origen:	Pakistán Occidental, Irán (González, 1984).
Distribución:	50°LN a 45°LS (Benacchio, 1982).
Adaptación:	Climas templados no extremosos (González, 1984). Regiones subtropicales con invierno definido.
Ciclo de madurez:	30 a 35 días en vivero y 100 a 140 días en el campo (Doorenbos y Kassam, 1979). 70-110 días después del trasplante (Benacchio, 1982). 130-180 días (Santibáñez, 1994).
Tipo fotosintético:	C ₃ .

REQUERIMIENTOS CLIMÁTICOS

Altitud:	0-2800 m (Benacchio, 1982).
Fotoperíodo:	Es una especie de día neutro, pero hay cultivares que se dan mejor en días cortos y otros que se dan mejor en días largos (Benacchio, 1982). La cebolla se comporta como indiferente al fotoperíodo o como planta de día largo (Doorenbos y Kassam, 1979). La duración crítica del día para cultivares sensibles al fotoperíodo varía de 11 a 16 horas. Los cultivares de día largo

no forman bulbo en latitudes bajas, donde los días son cortos durante todo el año. La mayoría de las variedades requiere de días largos para la formación de bulbos, aunque existen ciertos cultivares tropicales que forman bulbos aún en condiciones de fotoperíodos cortos (Santibáñez, 1994). Para la formación de bulbo esta planta requiere de 12-16 horas luz. Sin embargo, el mejoramiento genético ha permitido la obtención de variedades que forman bulbos en condiciones de día corto, esto es, 10 a 12 horas (Huerres y Caraballo, 1988).

La duración del día aparentemente no tiene un efecto directo sobre la floración, pero sí un efecto asociado con la formación del bulbo y con la elongación de la inflorescencia y su tamaño final. A temperaturas suficientemente altas como para promover la formación del bulbo, los días largos suprimen la emergencia de la inflorescencia. A temperaturas suficientemente bajas como para evitar o retrasar significativamente la formación del bulbo, los días largos aceleran la emergencia del tallo floral (Heath y Mathur; Holdsworth y Heath; Scully *et al.*; citados por Rabinowitch, 1985).

Radiación (luz):

Exige mucha insolación (Benacchio, 1982).

Temperatura:

Rango 10-25°C, con un óptimo entre 15 y 20°C. Es tolerante a las heladas y para la iniciación floral necesita temperaturas inferiores a 14-16°C (Doorenbos y Kassam, 1979).

Rango 10-35°C, con un óptimo alrededor de los 18°C. Los mejores rendimientos se logran en regiones donde las máximas no superan los 26°C. En general se prefieren temperaturas más bajas en la fase inicial del cultivo y más altas hacia la maduración. Al inicio de la formación de bulbos se requieren temperaturas de entre 15.6 y 25°C (Benacchio, 1982). Durante las etapas anteriores a la formación del bulbo requiere temperaturas inferiores a 18°C. No se requiere vernalización para la iniciación del bulbo, pero ésta es esencial para producción de semilla. La temperatura crítica de helada es -2°C. Durante la formación del bulbo se requieren temperaturas entre 18 y 25°C con una máxima no mayor a 35°C (Santibáñez, 1994).

La mínima umbral está entre 2 y 5°C (Brewster, 1982).

La iniciación floral ocurre a 9-13°C (Brewster, 1977).

El crecimiento de las hojas es óptimo a 23-25°C y el mayor número de hojas se obtiene a 25°C (Huerres y Caraballo, 1988).

La temperatura para crecimiento cero es 5°C, con una óptima para crecimiento de 12-23°C y una mínima para desarrollo de 7°C. Para germinación las temperaturas mínima, óptima y máxima son 2-4, 20-24 y 40°C, respectivamente (Yuste, 1997a).

Las temperaturas óptimas para la floración están entre 5 y 12°C, aunque existen reportes específicos para la variedad africana BAWKU acerca de una floración satisfactoria en un régimen de temperatura nocturna entre 15 y 21°C (Thompson y Smith; Woodbury; citados por Rabinowitch, 1985). Temperaturas de 28-30°C o más durante el periodo de almacenamiento, no sólo inhiben la inflorescencia *in situ*, sino que también ejercen un marcado efecto posterior ya sea evitando la iniciación floral durante el segundo periodo de crecimiento o reduciendo en forma significativa la floración (Mann y Stern; citados por Rabinowitch, 1985).

Precipitación (agua):

Se cultiva principalmente bajo condiciones de riego, requiriendo de 350 a 550 mm durante el ciclo de cultivo. Con una tasa de evapotranspiración de 5 a 6 mm día⁻¹, la tasa de absorción de agua comienza a reducirse cuando se ha agotado alrededor del 25% del agua total disponible (Doorenbos y Kassam, 1979).

Requiere de 450 a 800 mm anuales. Es relativamente tolerante a la sequía, sin embargo, no debería faltar agua en las etapas de germinación, formación de la raíz y desarrollo del bulbo. Hacia la maduración debe contarse con un periodo seco (Benacchio, 1982).

De acuerdo con Allen *et al.* (2006), los coeficientes de cultivo para las etapas inicial, intermedia y final de desarrollo, en plantas de 40 cm de altura, destinadas a cosecharse en madurez son 0.7, 1.05 y 0.75, respectivamente. Mientras que para plantas para cosecharse en verde, éstas alcanzan en promedio una altura de 30 cm y sus Kc son 0.7, 1.00 y 1.00. En el caso de plantas destinadas a la producción de semilla, éstas llegan a alcanzar una altura promedio de 50 cm y sus Kc son 0.7, 1.05 y 0.8.

Humedad relativa:

Requiere una atmósfera seca (Benacchio, 1982).

Durante el crecimiento del bulbo requiere una humedad relativa inferior al 70%, para la obtención de máximos rendimientos (Santibáñez, 1994).

Las condiciones de conservación en cámara frigorífica son -1 a 0°C y 70-75% de humedad relativa; bajo las cuales la cebolla se conserva de 120 a 240 días (Yuste, 1997a).

REQUERIMIENTOS EDÁFICOS

Profundidad de suelo:

No requiere suelos profundos (Benacchio, 1982), siendo suficientes 40-60 cm de suelo, siempre y cuando exista buen drenaje. En general, el 100% de absorción de agua tiene lugar en la primera capa de suelo de 0.3 a 0.5 m de profundidad (Doorenbos y Kassam, 1979).

Textura:

Los mejores suelos para la cebolla son los migajones (González, 1984). Prefiere suelos francos, franco-arenosos, franco-arcillo-limosos (Benacchio, 1982).

Le es favorable una textura de suelo migajón-arenosa (Aragón, 1995).

Requiere suelos de textura media (Doorenbos y Kassam, 1979).

Drenaje:	Requiere suelos bien drenados (Doorenbos y Kassam, 1979).
pH:	La cebolla no tolera acidez y se desarrolla en un rango de pH de 6.0 a 7.5 (Benacchio, 1982). Es favorable un pH de suelo de 6 a 7 (Doorenbos y Kassam, 1979). Su rango de pH va de 4.3 a 8.3, siendo el óptimo alrededor de 6.4 (FAO, 1994).
Salinidad/Sodicidad:	Moderadamente tolerante a la salinidad (Benacchio, 1982). Se considera un cultivo sensible a la salinidad, siendo la disminución del rendimiento para diferentes niveles de salinidad, la siguiente: 0% para una conductividad eléctrica de 1.2 dS m ⁻¹ ; 10% para 1.8 dS m ⁻¹ ; 25% para 2.8 dS m ⁻¹ ; 50% para 4.3 dS m ⁻¹ y 100% para 7.4 dS m ⁻¹ (Doorenbos y Kassam, 1979; Ayers y Westcot, 1985).
Fertilidad y química del suelo:	Las cantidades (kg ha ⁻¹) de elementos minerales requeridas para una producción estimada de 26 t ha ⁻¹ son: Nitrógeno 28, Fósforo 12.5, Potasio 25, Calcio 6.9, Magnesio 1, Azufre 11, Cobre 0.02, Manganeseo 0.05 y Zinc 0.19.

CARACTERÍSTICAS DE RESPUESTA AL CAMBIO CLIMÁTICO

Respuesta a ambientes enriquecidos de CO₂:	El incremento de dióxido de carbono tiene un efecto de incremento del rendimiento (Daymond <i>et al.</i> , 1997). En condiciones de 1000 μmol mol ⁻¹ de CO ₂ , la cebolla tiene un incremento de 22% en la fotosíntesis y de un 40% en la producción de biomasa, con relación a plantas cultivadas en CO ₂ ambiente (400 μmol mol ⁻¹ de CO ₂) al cosecharse a los 30 días (Jasoni <i>et al.</i> , 2004). El contenido de carbohidratos en bulbos es mayor en condiciones de CO ₂ elevado (532 μmol mol ⁻¹ CO ₂) que en condiciones de CO ₂ ambiente (374 μmol mol ⁻¹ CO ₂). Sin embargo, el contenido de carbohidratos en hojas fue menor en condiciones de CO ₂ elevado que en CO ₂ ambiente (Wheeler <i>et al.</i> , 2004).
Respuesta a ozono:	Cuando cultivares tolerantes a ozono son expuestos a elevado O ₃ , presentan un rápido cierre de estomas (Engle y Gabelman, 1966).
Resistencia a sequía:	La cebolla es un cultivo sensible al estrés hídrico, aunque éste no sea muy severo (Eticha, 2008). En general, con la sequía hay una reducción de rendimiento de los bulbos y de su calidad, ya que el tamaño y peso de éstos disminuye y el porcentaje de cebollas con un solo centro es menor, también se experimenta una reducción del área foliar, reduciendo la capacidad fotosintética de la planta (Zayton, 2007; Shock <i>et al.</i> , 2007; Eticha, 2008; Ayas y Çiğdem, 2009; Nagaz <i>et al.</i> , 2012). Por el contrario, el contenido de materia seca de los bulbos se incrementa cuando el cultivo crece con deficiencia de agua (Ayas y Çiğdem, 2009; Nagaz <i>et al.</i> , 2012).

Tolerancia a altas temperaturas:

La respuesta del cultivo depende de la etapa de desarrollo en la que ocurre el déficit de agua; en la etapa vegetativa es cuando menos se afecta el cultivo en términos de rendimiento y otros parámetros, ya que la planta tiene tiempo suficiente para recuperarse, las etapas más críticas son la formación y llenado del bulbo (Eticha, 2008). En las plántulas recién germinadas, la falta de agua hace que entren en un estado de inactividad fisiológica, que detiene el crecimiento de la parte aérea y radical, la actividad se restablece al mejorar la disponibilidad del agua (Whalley *et al.*, 2001). Si este estrés hídrico ocurre al final del ciclo, esta condición fuerza a los bulbos a madurar, lo que reduce el rendimiento pero incrementa el contenido de materia seca en el bulbo y la cantidad de sólidos solubles. En los bulbos cosechados bajo estrés hídrico se retrasa el rebrote del bulbo, lo que alarga la vida de anaquel del producto (Sorensen y Grevsen, 2002; Zayton, 2007).

No se considera un cultivo tolerante a altas temperaturas. Más bien se adapta a ambientes templados y semifríos, donde las temperaturas máximas generalmente no rebasan los 30°C.

CEMPAZÚCHITL



CARACTERÍSTICAS DESCRIPTIVAS

Nombre científico:	<i>Tagetes erecta</i> L., <i>T. patula</i> L.
Nombres comunes:	Flor de muerto, cempoal, cempasúchil, cempoalxóchitl.
Familia:	Asteraceae.
Origen:	Originaria de México (Tosco, 1970). México y Centroamérica. Las formas más silvestres se encuentran en la cuenca del Balsas y el Occidente de México (CONABIO, 2009; Vibrans, 2009a).
Distribución:	En los trópicos hasta 23° LS y 27° LN (Sánchez, 2008).
Adaptación:	Climas semicálidos, templados, o cálido secos, siempre que el periodo del cultivo esté libre de heladas y tenga agua suficiente (Santacruz y Santacruz, 2007). Se localiza en climas de tipo cálido, semicálido, seco y templado (Cervantes, 2007).
Ciclo de madurez:	Anual. Anual, de 3 a 4 meses (Santacruz y Santacruz, 2007).
Tipo fotosintético:	C ₃ .

REQUERIMIENTOS CLIMÁTICOS

Altitud:	<p>El género <i>Tagetes</i> crece desde el nivel del mar hasta los 4500 m (Ubaldo, 2007). En el Bajío se registra de los 800 a los 2300 m (Villarreal, 2003). Desde los 8 metros hasta los 3900 msnm (Cervantes, 2007). Hasta una altitud de 2450 msnm (Sánchez, 2008).</p>
Fotoperíodo:	<p>Es una planta de día corto (Sánchez, 2008).</p>
Radiación (luz):	<p>Requiere de alta intensidad luminosa (4000 a 6000 pies candelas). Tolera el sol directo (Martínez, 2007a).</p>
Temperatura:	<p>Las temperaturas ideales son entre 8 y 10°C durante la noche y de 22 a 26°C durante el día. Debajo de esas temperaturas se disminuirá su desarrollo y por encima se acelerará (Flores y Plantas, 2010). Desarrolla a temperaturas entre 16 y 29°C (Murga, 2007). La especie emparentada <i>Tagetes patula</i> tiene un crecimiento más rápido a 30°C que a 20°C, debido a una mayor tasa de fotosíntesis integral en toda la planta del día 5 al 40 después de la siembra. El coeficiente de respiración de mantenimiento es menor a 20°C que a 30°C, mientras que el coeficiente de respiración de crecimiento no es afectado por la temperatura. Por otro lado, las plantas que crecen a 20°C tienen una eficiencia en el uso del carbono mayor que las que crecen a 30°C en el periodo de los 40 a los 51 días después de la siembra. Aunque las plantas que crecen a 20°C tienen mayor eficiencia en el uso del carbono y menor tasa de respiración nocturna y coeficiente de respiración de mantenimiento, el crecimiento es menor a 20°C que a 30°C, lo que sugiere que la fotosíntesis neta de la planta completa es un determinante más importante del crecimiento que los tres parámetros mencionados anteriormente (Van Lersel y Seymour, 2003). La temperatura base de <i>Tagetes patula</i> es de 3°C (Moccaldi y Runkle, 2007), y, la obtención de plantas de similar calidad puede lograrse tanto a bajas temperaturas en combinación con un valor bajo de la integral diaria de luz, como a altas temperaturas con un alto valor de la integral diaria de luz. Por ejemplo y de acuerdo con el modelo de número de flores propuesto por Moccaldi y Runkle (2007), se puede obtener un total de 17.7 botones florales por planta tanto a 17°C y 8 mol m⁻² d⁻¹, como a 23°C y 25 mol m⁻² d⁻¹, sin embargo, en el primer caso, las plantas tomarían 15 días más en florecer.</p>
Humedad relativa:	<p>75 a 85% (Murga, 2007).</p>

REQUERIMIENTOS EDÁFICOS

Profundidad de suelo:	<p>Requiere de suelos con profundidad media (Santacruz y Santacruz, 2007).</p>
------------------------------	--

Textura:	Se desarrolla bien en varias texturas, de preferencia en las francas por la facilidad para cultivarlas (Santacruz y Santacruz, 2007).
Drenaje:	Necesita de buen drenaje para evitar encharcamiento (Santacruz y Santacruz, 2007).
pH:	6.2 a 6.5 (Martínez, 2007a).
Salinidad/Sodicidad:	Necesita de suelos libres de sales (Santacruz y Santacruz, 2007).
Fertilidad y química del suelo:	Para fertilizar mediante el agua de riego, proporcionar por cada 1000 l de agua, 420 g de nitrato de amonio, 450 g de nitrato de potasio, 120 ml de ácido fosfórico, 100 g de sulfato de magnesio y 60 g de multiquel o similar (Martínez, 2007a). Se aplican fertilizantes nitrogenados como sulfato de amonio y urea, en dosis que varían de 20 a 60 kg ha ⁻¹ de Nitrógeno. La aplicación se hace a mano a los 30 o 45 días después del trasplante (Fierro <i>et al.</i> , 2006).

CARACTERÍSTICAS DE RESPUESTA AL CAMBIO CLIMÁTICO

Resistencia a sequía:	Es una planta bastante resistente a la sequía (Puccio, 2013), sin embargo como la mayoría de las especies de plantas es vulnerable a la sequía en etapa de floración.
Tolerancia a altas temperaturas:	Las elevadas temperaturas disminuyen las partes vegetativas e influyen negativamente sobre la floración (Puccio, 2013).

CHABACANO



CARACTERÍSTICAS DESCRIPTIVAS

Nombre científico:	<i>Prunus armeniaca</i> L., <i>Armeniaca vulgaris</i> L.
Nombres comunes:	Chabacano, albaricoque, damasco.
Familia:	Rosaceae.
Origen:	Oeste de China y Siberia (Westwood, 1978).
Distribución:	25° a 55° LN y LS. El chabacano fue transportado desde Asia al Medio Oriente y Turquía, que hoy en día es considerado el principal productor de este fruto. Entre los países líderes en cultivo (por hectárea) se encuentran Turquía, Irán y España. Con respecto a la producción ($t\ ha^{-1}$) los países principales son Grecia y Estados Unidos.
Adaptación:	Para un desarrollo óptimo, el chabacano requiere de un clima moderado-mediterráneo, regiones templadas y frías, regiones subtropicales con invierno definido y de templado a frío. La especie parece ser muy estricta en cuanto a su adaptabilidad climática, por lo que debe establecerse en lugares precisos (Díaz, 1987).
Ciclo de madurez:	Perenne.
Tipo fotosintético:	C ₃ .

REQUERIMIENTOS CLIMÁTICOS

- Altitud:** La mejor altitud es entre 200 y 500 m (Netfim, 2013), aunque en México se le encuentra en la región centro norte, entre los 1800 y 2500 m de altitud (Pérez y Fernández, 2010). Más de 2000 m en regiones subtropicales y menor altitud en regiones templadas.
- Fotoperíodo:** Es considerada una especie de día neutro (FAO, 1994; Mondragón *et al.*, 2004).
- Radiación (Luz):** Prefiere días despejados en la etapa de maduración del fruto.
- Temperatura:** Su rango térmico para crecimiento es de 7 a 28°C, con un óptimo de 20°C (FAO, 1994). Este frutal tiene un requerimiento de frío de mediano a alto, entre 300 y 1000 HF. Ejemplos de cultivares y sus requerimientos de frío son: Canino 400, Sevillano 500, Royal 700 y Moongold 850 (Díaz, 1987). El chabacano es un árbol bastante rústico, propio de climas templados, aunque resiste bien los fríos invernales. Requiere de 400 a 1000 unidades de frío y puede sufrir el golpe de calor a inicios de la primavera.
- Precipitación (agua):** Aunque se produce principalmente bajo riego, en condiciones de temporal puede producir con una precipitación acumulada durante el ciclo, de 800 a 1470 mm, siendo el óptimo de 1000 mm (FAO, 1994). De acuerdo con Allen *et al.* (2006), para plantas con una altura promedio de 3 m, antes de perder la hoja, en huertos sin cobertura vegetal y con presencia de heladas, los coeficientes de cultivo para las etapas inicial, intermedia y final de desarrollo, son 0.45, 0.9 y 0.65, respectivamente. En tanto que bajo las mismas condiciones pero sin presencia de heladas los Kc son 0.55, 0.9 y 0.65. Para el caso de huertas con cobertura vegetal y con presencia de heladas los Kc varían a valores de 0.5, 1.15 y 0.9, mientras que en huertas con cobertura vegetal y sin presencia de heladas, los Kc son 0.8, 1.15 y 0.85.
- Humedad relativa:** El chabacano prefiere una humedad relativa de moderadamente húmeda a baja. El fruto del chabacano en la madurez es muy susceptible a la alta humedad del ambiente, por lo que en aquellos sitios con lluvias tempranas se pueden presentar problemas de agrietado del fruto (Mondragón *et al.*, 2004).

REQUERIMIENTOS EDÁFICOS

- Profundidad de suelo:** Requiere suelos profundos (FAO, 1994), mayores que 1 m. El chabacano prefiere los suelos ricos y profundos (Netfim, 2013). Crece mejor en suelos profundos, fértiles y con buen drenaje, pero se comporta bien en suelos ligeros arenosos cuando se fertiliza y riega adecuadamente (SDARH, 2008).

Textura:	<p>Prefiere suelos de textura media (FAO, 1994; Pérez y Fernández, 2010).</p> <p>Deben evitarse suelos pesados (arcillosos) ya que el chabacano requiere de suelos con buena aireación (SDARH, 2008).</p>
Drenaje:	<p>Las condiciones de producción de chabacano son óptimas en suelos con buen drenaje. El fruto es altamente sensible a suelos sobresaturados.</p> <p>Deben evitarse suelos pesados y con drenaje deficiente, ya que tiene baja resistencia a la alta humedad y a la falta de aireación (SDARH, 2008).</p>
Exposición de terreno:	<p>Huertas localizadas en laderas de montañas o colinas con una pendiente moderada, tienen las mejores condiciones, ya que en las partes bajas de los valles o en terrenos planos se pueden presentar daños por heladas (Teskey y Shoemaker, 1972).</p>
pH:	<p>El pH debe estar en el rango de 5.5 a 8.3, con un óptimo de 7.0 (FAO, 1994).</p> <p>Admite valores de pH en el rango de 5.5 a 8.3, aunque le resulta óptimo un valor de 7.0 (Pérez y Fernández, 2010). El fruto muestra una resistencia mediocre a un alto pH.</p>
Salinidad/Sodicidad:	<p>Presenta una ligera tolerancia a la salinidad (FAO, 1994), por lo que se considera más bien una especie sensible a la salinidad (Yuste, 1997b).</p> <p>El fruto no muestra resistencia a una alta salinidad, aunque el árbol en si llega a presentar una ligera tolerancia a la salinidad (Pérez y Fernández, 2010).</p> <p>A un valor de conductividad eléctrica de 1.6, 2, 2.6, 3.7 y 5.8 dS m⁻¹ corresponde una reducción en rendimiento de 0, 10, 25, 50 y 100% (Ayers y Westcot, 1985).</p>
Fertilidad y química del suelo:	<p>Durante la preparación del suelo se deben agregar 200 a 300 kg ha⁻¹ de P₂O₅ y 400 a 600 Kg ha⁻¹ de K₂O. La aplicación debe hacerse dependiendo de los resultados del análisis de suelos.</p> <p>Los requerimientos de fertilizante (Kg ha⁻¹) para árboles jóvenes y portadores de fruta son: Primer año: 80-120 de Nitrógeno, 70 de Fósforo y 100 de Potasio. Segundo año: 120-150 de Nitrógeno, 70 de Fósforo y 150 de Potasio. Tercer año: 150-180 de Nitrógeno, 80 de Fósforo y 200 de Potasio. Para huertos maduros se deben aplicar por año: 150-180 kg ha⁻¹ de Nitrógeno, 90 kg ha⁻¹ de Fósforo y 300 kg ha⁻¹ de Potasio.</p>

CARACTERÍSTICAS DE RESPUESTA AL CAMBIO CLIMÁTICO

Respuesta a ambientes enriquecidos de CO₂:	<p>Al aumentar la concentración de CO₂ actual en 300 ppm, la fotosíntesis de <i>P. armeniaca</i> se incrementa entre 50 y 73%, dependiendo de la variedad; mientras que al aumentar 600 ppm, el incremento de la fotosíntesis es entre 68 y 120% (Wang <i>et al.</i>, 2007).</p>
--	---

- Captura de carbono:** Para una densidad de plantación de 0.0204 árboles m^{-1} , se captura un total de 23,045 g C y 84,498 g CO_2 por árbol, con la siguiente partición: 6,512 g (C) y 23,870 g (CO_2) en raíz; 2,831 y 10,381 g en ramas; 2,290 y 8,396 g en hojas; 8,545 y 31,331 g en fruto; y, 2,867 y 10,512 g en tronco (Mota, 2011).
- Respuesta a ozono:** Plántulas de chabacano expuestas a altas concentraciones de ozono presentan troncos más delgados y más brotes que los árboles expuestos a concentraciones normales de ozono (McCool y Musselman, 1990). La tasa de asimilación neta de CO_2 de la hoja y la conductancia estomatal disminuyen linealmente con el incremento en la presión parcial del ozono (Retzlaff *et al.*, 1991).
- Resistencia a sequía:** Es sensible al exceso de humedad del suelo y muestra resistencia a la sequía.
- Tolerancia a altas temperaturas:** El aumento en las temperaturas máximas de 6-7°C y de la temperatura media en 3°C, acelera el desarrollo de las yemas florales, causando un aceleramiento en el tiempo de la floración y una reducción en el cuajado. En la floración, las flores pesan menos y muestran menos desarrollo del pistilo (Rodrigo y Herrero, 2001).

CHAYOTE



CARACTERÍSTICAS DESCRIPTIVAS

- Nombre científico:** *Sechium edule* (Jacq.) Sw.
- Nombres comunes:** Se le conoce por chayote (palabra de origen Náhuatl) en México, Nicaragua, Costa Rica y Panamá; cidrayota en Colombia, gayota en Perú; huisquil, güisquil o uisquil en Chiapas (México), Guatemala, El Salvador, papa del aire, cayota (Argentina); chocho, chuchu, xuxu, machiche, machuchu (Brasil); christophine, mirliton (Haití, Guadalupe, Bermuda, Trinidad y Tobago, Louisiana - Estados Unidos, Guayana Francesa) (Lira, 1996).
A la raíz tuberizada se le conoce como: chayotextle, chin-chayote, chayocamote, chayotectli, camochayote, cueza e ichinta (Orea, citado por Cruz y López, 2005).
Choyote, chouchou, chouchoutte, christophine, mirliton, chahiota, caiota, pepinela (Engels, 2004).
- Familia:** Cucurbitaceae.
- Origen:** México, Centroamérica (González, 1984; Cruz y López, 2005). Sur de México y Guatemala (Engels, 2004).

Distribución:	0° a 40° LN y LS. Sur de México y Centroamérica (Purseglove, 1987).
Adaptación:	Regiones tropicales y subtropicales, cálidas y semicálidas, húmedas y subhúmedas. Trópicos y subtrópicos; requiere estación seca para el desarrollo de los tubérculos (Engels, 2004). Regiones templadas: Sur de Estados Unidos, Argelia y Australia; tropicales y subtropicales (Cruz y López, 2005).
Ciclo de madurez:	100-180 días (FAO, 1994). Perenne: de junio a septiembre las hojas se desecan; las flores, hojas y raíces tuberosas se forman al mismo tiempo, entre 112 y 234 días. En el siguiente ciclo, los nutrientes-almidones se translocan a las hojas (Cruz y López, 2005).
Tipo fotosintético:	C ₃ .

REQUERIMIENTOS CLIMÁTICOS

Altitud:	El chayote desarrolla mejor a altitudes superiores a los 300 m (Purseglove, 1987). Óptimo de 1000-1200 m (Vargas, 1991). 50-2100 m con óptimo de 800-1800 m (Lira, 1996).
Fotoperíodo:	Se considera una planta de día corto (FAO, 1994). La formación de la raíz-chayote se lleva a cabo cuando tiende a disminuir el fotoperíodo (11-12.63 h día ⁻¹) (Cruz y López, 2005).
Radiación (Luz):	Prefiere ambientes soleados, pero también puede desarrollarse en condiciones de menor luminosidad (FAO, 1994). En cultivo tiene crecimiento plagiotrópico, formando un dosel que le permite recibir mayor radiación solar por más tiempo. Además tolera alta luminosidad y la refleja por medio de tricomas (Cadena <i>et al.</i> , 2001).
Temperatura:	El rango térmico para crecimiento de esta especie es 12-32°C, con un óptimo alrededor de los 21°C (FAO, 2004). Son óptimas las temperaturas entre 13 y 21°C; por debajo de 13°C se reduce el rendimiento por formación de frutos pequeños; temperaturas superiores a 28°C ocasionan crecimiento foliar excesivo y abscisión de flores y frutos pequeños (Vargas, 1991; Engels, 2004). La temperatura óptima para fotosíntesis es de 10-35°C (Cadena <i>et al.</i> , 2001). La helada a 0°C causa muerte de la planta (Engels, 2004). La temperatura óptima para acumulación de reserva en raíces tuberosas es 15-20°C (Cruz y López, 2005).
Precipitación (agua):	Puede desarrollarse en regiones con precipitación entre 500 y 2600 mm, siendo el óptimo alrededor de los 1600 mm (FAO, 1994). 1500-2000 mm distribuidos en el año (Vargas, 1991).
Humedad relativa:	Se considera cultivo de humedad ambiental media a alta. Este cultivo prefiere condiciones de alta humedad relativa, esto es 80-85% (Engels, 2004).

REQUERIMIENTOS EDÁFICOS

Profundidad de suelo:	Debido a que su desarrollo radicular no es muy profundo, puede cultivarse en suelos de poca profundidad (FAO, 1994), sin embargo los mejores rendimientos se obtienen en suelos profundos y sueltos (Vargas, 1991).
Textura:	Prefiere suelos de textura media a pesada (FAO, 1994) como es el caso de los suelos francos, franco-arenosos, franco-arcillosos, franco-arcillo-limosos, franco-limosos y arcillosos. No son convenientes los suelos arcillosos, con alta retención de humedad. En tanto la pedregosidad no es factor limitante (Vargas, 1991; Engels, 2004).
Drenaje:	Requiere buen drenaje (FAO, 1994).
Exposición de terreno:	Su hábitat natural es en terrenos con pendiente (Engels, 2004).
pH:	El rango de pH para esta especie está entre 5.8 y 8.0, con un óptimo alrededor de 6.5 (FAO, 1994). Óptimo 6.0-7.5 (Castellanos <i>et al.</i> , 2000).
Salinidad/Sodicidad:	Se considera un cultivo de baja tolerancia a la salinidad (FAO, 1994). Es moderadamente sensible a la salinidad (Velarde, 2009).
Fertilidad y química del suelo:	El Nitrógeno es el elemento de mayor demanda (Vargas, 1991). Este cultivo tiene una moderada respuesta a Potasio (Castellanos <i>et al.</i> , 2000). Los iones de mayor concentración en la planta, y por lo tanto de alta demanda son K^+ y Ca^{2+} , que forman parte de su mecanismo para regular el cierre estomático (ósmosis activa) (Cadena <i>et al.</i> , 2001).

CARACTERÍSTICAS DE RESPUESTA AL CAMBIO CLIMÁTICO

Respuesta a ambientes enriquecidos de CO_2:	Mayor contenido de CO_2 en la atmósfera produce una mayor actividad fotosintética y aumento del área foliar y biomasa (Krupa y Kickert, 1989). La respuesta al incremento de CO_2 está limitada a que no ocurra cierre estomático (Cadena <i>et al.</i> , 2001).
Captura de carbono:	Con datos de Engels (2004) que reporta peso fresco de fruto de 20-30 t ha^{-1} , y de Cruz y López (2005), se ha calculado una biomasa de 5.4 t ha^{-1} (raíces 3.15%; follaje 14.18%; chayotextle 0.47% y, fruto 82.2%). Asumiendo el factor de conversión a carbono (0.47% de materia seca, Montero <i>et al.</i> , 2004), se estima una captura de 2.54 t $ha^{-1} año^{-1}$ de carbono.
Respuesta a ozono:	Susceptible a 80 ppb por 4-5 h o 70 ppb por 1-2 días, bajo condiciones húmedas y nubladas; las lesiones en las hojas inician con amarillamiento en el interior de las hojas de mayor edad; posteriormente cambian a un color blanquecino, mientras que las venas a menudo permanecen verdes (Johnson, 2008).

Respuesta a radiación UV-B:

Cultivo sensible, disminuye biomasa y rendimiento (Krupa y Kickert, 1989).

Resistencia a sequía:

El déficit hídrico es su mayor limitante, pero actúa de manera tolerante, mediante sensibilidad al cierre estomático diurno, lo cual ocasiona que al medio día las hojas aparezcan marchitez (Cadena *et al.*, 2001). Susceptible a sequía (Engels, 2004).

Tolerancia a altas temperaturas:

Esta especie es sensible al incremento en la temperatura; más aún cuando se reduce la humedad ambiental y la precipitación. Sin embargo, la planta responde con el cierre parcial de estomas, el cual puede ser un mecanismo de tolerancia (Cadena *et al.*, 2001).

CHÍA



CARACTERÍSTICAS DESCRIPTIVAS

Nombre científico:	<i>Salvia hispanica</i> L.
Nombres comunes:	Chía, salvia española, artemisa española, chía mexicana, chía negra.
Familia:	Labiatae.
Origen:	Originaria de Mesoamérica y la mayor diversidad genética se encuentra en la vertiente del Océano Pacífico, desde el centro de México hasta el norte de Guatemala. Debido a que en México se encuentra el 88% de especies de <i>Salvia</i> , se hace presumir que es el centro de origen de esta planta (Gillet, 1981; Urbina, 1987; Miranda, 1978; Bushway <i>et al.</i> , 1981; Cahill, 2004; Sandoval, 2012).
Distribución:	Se encuentra en áreas de bosques de pino y encino (Sandoval, 2012). Se cosecha en los estados de Colima, Jalisco, Michoacán, Morelos, Puebla y Guerrero (Beltrán y Romero, 2003). A nivel mundial se cultiva en Argentina, Guatemala, Ecuador y Bolivia durante el ciclo verano-otoño (Ayerza y Coates, 2005; Dubois <i>et al.</i> , 2007; Sandoval, 2012).
Adaptación:	Sitios con ambientes semicálidos y templados (Sandoval, 2012).
Ciclo vegetativo:	Anual, cultivo de verano.
Tipo fotosintético:	C ₃ .

REQUERIMIENTOS CLIMÁTICOS

Altitud:	Entre 1400 y 2200 m (Hernández y Miranda, 2008). Históricamente, esta especie ha sido cultivada tanto en ambientes tropicales como subtropicales, en áreas libres de heladas y en regiones con heladas anuales, desde el nivel del mar hasta los 2500 m (Capitani, 2013). En Nicaragua se cultiva desde los 600 msnm hacia arriba.
Fotoperíodo:	Es una planta de día corto (Ixtaina <i>et al.</i> , 2008).
Radiación (Luz):	Es una planta que prefiere los días soleados. Requiere abundante sol y no tolera la sombra (CONABIO, 2013).
Temperatura:	La temperatura mínima es de 11°C y la máxima de 36°C, con un rango óptimo de 18 a 26°C (Coates y Ayerza, 2006). La óptima de germinación está entre 23 y 27°C. No tolera heladas (Ixtaina <i>et al.</i> , 2008). En las primeras etapas de desarrollo, esto es en estado de plántula, la temperatura preferentemente debería estar por encima de 18°C.
Precipitación (Agua):	Una vez establecida la planta, se comporta bien con cantidad limitada de agua. Puede cultivarse en seco, con 400 mm de lluvia o con precipitaciones de hasta 1000 mm (Cahill, citado por Santana, 2013).
Humedad relativa:	La humedad relativa requerida para el desarrollo satisfactorio de este cultivo es de 40 a 70 % (Coates y Ayerza, 2006).

REQUERIMIENTOS EDÁFICOS

Profundidad de suelo:	Requiere suelos con profundidad ligera a media (CONABIO, 2013).
Textura:	Se desarrolla mejor en suelos areno-limosos, aunque puede crecer en suelos arcillo-limosos (Cahill, citado por Santana, 2013). En los extremos le son más favorables suelos arenosos que arcillosos.
Drenaje:	No es una planta que tolere excesos de humedad ni encharcamientos, por lo que requiere suelos con buen drenaje.
pH:	Tolera suelos ácidos (CONABIO, 2013), pero desarrolla mejor en un pH de 5.5 a 7.3.

CARACTERÍSTICAS DE RESPUESTA AL CAMBIO CLIMÁTICO

Resistencia a sequía:	Es un cultivo que tolera sequía moderada, de hecho se adapta en regiones con clima semiárido-subhúmedo donde se presentan periodos de sequía durante el ciclo de cultivo.
Tolerancia a altas temperaturas:	Tolera temperaturas por arriba de 33-35°C, pero temperaturas cercanas a 40°C le son muy perjudiciales.

CHÍCHARO



CARACTERÍSTICAS DESCRIPTIVAS

Nombre científico:	<i>Pisum sativum</i> L.
Nombres comunes:	Chícharo, guisante, alverja, arveja, arvejón, almorta, guiya, muela, tito.
Familia:	Fabaceae (Leguminosae).
Origen:	Georgia, Rusia (González, 1984).
Distribución:	55° LN a 50° LS.
Adaptación:	Zonas templadas y subtropicales con invierno definido (González, 1984). Ambientes Templados, cálidos y húmedos. En clima cálido seco no hay producción (SEP, 1990). No produce bien en regiones tropicales (Parsons, 1987). Requiere regiones templadas y frescas, la sequía estival le es muy perjudicial (Gispert y Prats, 1985).
Ciclo de madurez:	60-140 días (FAO, 1994). Para consumo en fresco es de 65 a 100 días y para cosecha en seco es de 85 a 120 días (Doorenbos y Kassam, 1979).
Tipo fotosintético:	C ₃ .

REQUERIMIENTOS CLIMÁTICOS

Altitud:	0-2200 m. Cerca del Ecuador se cultiva a alturas superiores a 1500 m (Santibáñez, 1994). En regiones tropicales y subtropicales a alturas menores de 1300 m, no produce adecuadamente (Parsons, 1987).
-----------------	---

- Fotoperíodo:** Es una planta indiferente en cuanto a la duración del día (Doorenbos y Kassam, 1979).
- Radiación (luz):** Requiere alta iluminación (Yuste, 1997a). Necesita mucha luz, en la sombra no crece adecuadamente (Gispert y Prats, 1985). Requiere de una iluminación intensa a moderada (FAO, 1994).
- Temperatura:** La vernalización en la etapa de plántula fomenta el desarrollo y la floración temprana (Trepino y Murray, 1976). El punto de congelación es -3 a -4°C , con una temperatura base para crecimiento de 5 a 7°C , la mínima y máxima para desarrollo son 10 y 35°C , respectivamente; mientras que el óptimo para crecimiento está entre 16 y 20°C . La germinación se produce entre 5 y 30°C , siendo la óptima $14-25^{\circ}\text{C}$ (Yuste, 1997a). El mínimo de temperatura para crecimiento es de $4-5^{\circ}\text{C}$, mientras que el óptimo está entre 14 y 18°C y en algunos cultivares cerca de 25°C . Las plántulas son tolerantes a heladas, sin embargo, durante la floración y formación de vainas, las heladas, aún ligeras, resultan dañinas. Temperaturas por arriba de 25°C reducen el número de vainas por planta y el número de semillas por vaina (Jeoffroy *et al.*, citados por Santibáñez, 1994). Las temperaturas superiores a 40°C están asociadas con daños al sistema respiratorio, reduciendo la tasa respiratoria y causando muerte celular (Nikulena y Koklacheva-Koklach, citados por Santibáñez, 1994). Cuando la temperatura del suelo está por debajo de 10°C , la nodulación es escasa, afectando la productividad de la planta (Santibáñez, 1994). Se ha demostrado experimentalmente que el termoperíodo no es un factor esencial en el rendimiento (Friend y Helson, citados por Santibáñez, 1994). La temperatura diurna media óptima es de alrededor de 17°C , con un mínimo de 10°C y un máximo de 23°C . A 5°C la germinación tarda 30 días, a 10°C toma 14 días y a $20-30^{\circ}\text{C}$ se produce en 6 días (Doorenbos y Kassam, 1979). La temperatura óptima para crecimiento es $12-18^{\circ}\text{C}$ (Parsons, 1987). Las temperaturas mínimas y máximas umbrales para crecimiento son $3-6^{\circ}\text{C}$ y $21-24^{\circ}\text{C}$, respectivamente, siendo el óptimo $10-16^{\circ}\text{C}$. La germinación se produce entre $1.1-2.2^{\circ}\text{C}$ y 35°C , siendo el óptimo 30°C (Ortiz, 1982). Tolerar temperaturas de -3 a -6°C (Gispert y Prats, 1985).
- Precipitación (agua):** Requiere de 350 a 500 mm para completar el ciclo vegetativo. La absorción de agua en relación con la evapotranspiración, se ve poco afectada hasta un agotamiento del agua del suelo próximo al 40% del total de agua disponible en éste (Doorenbos y Kassam, 1979). Para chícharos de consumo en fresco y plantas con una altura promedio de 50 cm, los coeficientes de cultivo (Kc) para las etapas de desarrollo inicial, intermedia y final son 0.5, 1.15 y 1.1, respectivamente. Para plantas destinadas a producir semilla, los valores de Kc de estas etapas son 0.5, 1.15 y 0.5 (Allen *et al.*, 2006).

Humedad relativa: Requiere condiciones intermedias de humedad atmosférica. Las condiciones de conservación en cámara frigorífica son 0 a 1°C y 85-95% de humedad relativa (Yuste, 1997a).

REQUERIMIENTOS EDÁFICOS

Profundidad de suelo: Requiere suelos de mediana profundidad (FAO, 1994) con un mínimo de 60 cm de profundidad efectiva. La profundidad de enraizamiento en suelos profundos puede llegar hasta 1-1.5 m, pero la profundidad efectiva de absorción de agua es la primera capa de 0.6 a 1.0 m (Doorenbos y Kassam, 1979).

Textura: Requiere suelos de textura ligera a media (FAO, 1994; Yuste, 1997a).

Drenaje: Requiere condiciones de buen drenaje (FAO, 1994).

pH: El óptimo de pH está entre 6.0 y 7.0 (Yuste, 1997a). Desarrolla en un rango de 4.3 a 8.3, con el óptimo en un valor de 6.3 (FAO, 1994). El óptimo se encuentra entre 5.5 y 6.5 (Doorenbos y Kassam, 1979). El pH óptimo se encuentra entre 5.5 y 6.8 (Valadez, 1992).

Salinidad/Sodicidad: El chícharo es sensible a la salinidad del suelo, siendo la disminución del rendimiento en función de la conductividad eléctrica (dS m^{-1}) de la siguiente manera: 0% a 1.0; 10% a 1.5; 25% a 2.3; 50% a 3.6 y 100% a 6.5 dS m^{-1} (Doorenbos y Kassam, 1979).

Fertilidad y química del suelo: El chícharo requiere aproximadamente de 50 kg de N por tonelada de grano; generalmente si se inocula adecuadamente, el Nitrógeno atmosférico fijado por las bacterias *Rhizobium* más el disponible en el suelo son suficientes para satisfacer la demanda del cultivo.

CARACTERÍSTICAS DE RESPUESTA AL CAMBIO CLIMÁTICO

Respuesta a ambientes enriquecidos de CO_2 : Al someter plantas de chícharo a ambientes con elevado CO_2 (688 ppm) se incrementa la fotosíntesis, el peso total y el peso de brotes y ramas en comparación con plantas en CO_2 ambiente (368 ppm). Sin embargo el efecto positivo de elevado CO_2 sobre el crecimiento tiende a disminuir con la acción de bajas temperaturas. Plantas micorrízicas tienen mejor respuesta en crecimiento en ambientes elevados de CO_2 , aunque los efectos en crecimiento del CO_2 y de las micorrizas son independientes y aditivos (Gavito *et al.*, 2000). La producción de biomasa aérea se incrementa 38% al pasar de 350 ppm a 700 ppm de CO_2 ; a 1000 ppm el incremento es igual de 38% y, a 3000 ppm el incremento es de sólo 24% (Juknys *et al.*, 2011).

Bajo ambiente elevado de CO_2 ($700 \mu\text{mol mol}^{-1}$) el chícharo produce 20% más de materia seca por planta cuando llega a la etapa de floración, y, 37% más cuando llega a la madurez fisiológica y senescencia. Esto con relación a una concentración

de CO_2 ambiente ($370 \mu\text{mol mol}^{-1}$). Otros efectos son 40% más de biomasa en periodo reproductivo, 1% menos de biomasa asignado al crecimiento reproductivo, 39% más biomasa de semilla por planta, 47% más de Nitrógeno de semilla por planta y 8% más de concentración de Nitrógeno en la semilla (Miyagi *et al.*, 2007).

Captura de carbono:

El chícharo tiene la capacidad de mejorar la fijación de Nitrógeno y la captura de CO_2 , lo que puede compensar parcialmente la reducción del crecimiento asociado con temperatura más alta, temporada de cultivo más corto, y periodos de sequía que con mayor frecuencia trae consigo el cambio climático (Yadav *et al.*, 2011; Coyne *et al.*, 2011). Produce 9.796 t ha^{-1} de materia seca (Rapčan *et al.*, 2006), lo que convertido a carbono con el factor de 0.47 (Monteiro *et al.*, 2004) da como resultado que esta especie captura 4.604 t ha^{-1} de carbono.

Respuesta a ozono:

El ozono suprime el desarrollo y crecimiento del chícharo, incluso a baja concentración. Disminuye la biomasa vegetal, la fotosíntesis, la distribución de carbono y la conductancia estomática (Juozaitytė *et al.*, 2007).

La exposición a ozono en plantas de chícharo, incrementa la resistencia de la hoja, una vez que aparecen las heridas foliares. Se incrementa la actividad de la peroxidasa de la hoja. Después de dos días de exposición a O_3 , el incremento de permeabilidad es igual en variedades sensibles y no sensibles. La producción de etileno se incrementa en respuesta a la exposición a ozono (Dijk y Ormrod, 1982).

Resistencia a sequía:

El chícharo es una especie relativamente tolerante a sequía (McVicar *et al.*, 2009).

En plantas con déficit hídrico, la tasa fotosintética se reduce en cualquier etapa fenológica del cultivo, por ejemplo, en floración la tasa fotosintética se reduce de 330 a $230 \mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ y esta baja en la actividad fotosintética reduce el rendimiento del cultivo (Ali *et al.*, 2008).

Bajo condiciones de estrés hídrico los genotipos que mantienen un potencial de turgencia mayor, son más tolerantes a la sequía; el potencial de turgencia está relacionado con el ajuste osmótico. Bajo condiciones de estrés hídrico por sequía, la concentración de carbohidratos solubles (monosacáridos y disacáridos) en los tejidos se incrementa de 1.5 a 7 veces, lo que se relaciona con el ajuste osmótico como mecanismo de tolerancia a sequía en esta especie. Los genotipos con forma de hoja convencional presentan un mayor contenido de azúcares que los que tienen hojas modificadas (semi-hojas). El nivel de prolina libre también se incrementa de 4 a 40 veces en respuesta a la sequía, aparentemente parece que la prolina juega un papel en minimizar el daño causado por la deshidratación de los tejidos. Posiblemente otros mecanismos como la elasticidad de los tejidos, juegan un papel en la tolerancia a la sequía (Sánchez-Jiménez *et al.*, 1998).

Tolerancia a altas temperaturas:

Temperaturas por arriba de $34\text{-}35^\circ\text{C}$ le son perjudiciales. No se considera una planta con alta tolerancia al estrés por calor.

CHICOZAPOTE



CARACTERÍSTICAS DESCRIPTIVAS

Nombre científico:	<i>Manilkara zapota</i> (L.) P. Royen.
Nombres comunes:	Chicozapote, zapote chico, zapote, nispero, zapotillo.
Familia:	Sapotaceae.
Origen:	Originaria de Mesoamérica. Se extiende desde el sur de México, a través de Centroamérica hasta Venezuela y Colombia. Actualmente se cultiva extensamente en el sur de Florida y las Indias Occidentales. Se ha introducido a los trópicos del Viejo Mundo (CONABIO, 2013).
Distribución:	En México se encuentra en la vertiente del Golfo de México desde San Luis Potosí y el norte de Veracruz y Puebla, hasta la Península de Yucatán y en la vertiente del Pacífico desde Nayarit hasta Chiapas (CONABIO, 2013). México, Estados Unidos, El Caribe, América Central y del Sur, Asia, India, Sri Lanka, Filipinas, Palestina, Australia, Nueva Zelanda y África del Sur (Crane y Balerdi, 2012a).
Adaptación:	Se adapta en el trópico subhúmedo, trópico húmedo en bosque tropical caducifolio, bosque tropical esclerófilo, bosque tropical perennifolio, bosque tropical subcaducifolio, bosque tropical subperennifolio y vegetación costera (CONABIO, 2013).
Ciclo de madurez:	Perenne.
Tipo fotosintético:	C ₃ .

REQUERIMIENTOS CLIMÁTICOS

Altitud:	0 a 800 msnm (CONABIO, 2013).
Fotoperíodo:	Se considera de días neutros, florece con fotoperíodos de 12 a 14 horas (FAO, 2000).
Radiación (luz):	Es tolerante a la sombra.
Temperatura:	Se localiza en zonas con temperatura media anual de 24°C. Los árboles jóvenes pueden morir o dañarse a temperaturas de 0 a -1 °C y los árboles maduros pueden soportar temperaturas bajas de hasta -3.3 °C por pocas horas con daños menores (CONABIO, 2013). En las regiones donde mejor se produce el chicozapote, la temperatura promedio oscila entre 25 y 28°C. En algunas plantaciones comerciales, se consiguen buenos rendimientos y calidad de fruta con temperaturas entre 30 y 33°C. La temperatura mínima no debe bajar de 15°C, ya que esta planta no tolera frío (Morera, 2013).
Precipitación (agua):	Crece en sitios con clima húmedo donde llueven de 1000 a 2000 mm anuales (CONABIO, 2013). Esta especie se puede producir en regiones con precipitación de 800 a 2500 mm, con una adecuada distribución durante el año (Morera, 2013).
Humedad relativa:	Prefiere ambientes de moderadamente húmedos a húmedos.

REQUERIMIENTOS EDÁFICOS

Profundidad de suelo:	Crece de manera óptima en suelos profundos (>150 cm), aunque puede crecer en suelos con poca profundidad (20-50 cm) (FAO, 2000).
Textura:	Se presenta en suelos de origen calizo, ígneo o metamórfico. Suelo ferruginoso, pedregoso, arenoso y café-arcilloso (CONABIO, 2013).
Drenaje:	Prefiere suelos con buen drenaje (FAO, 2000).
pH:	Es deseable un pH por debajo de 7.0 (CONABIO, 2013). Tiene un rango óptimo de 6 a 7, con valores extremos de 5.5 y 8.5 (FAO, 2000).
Salinidad/Sodicidad:	Es resistente a suelos ácidos (CONABIO, 2013). Como la mayoría de las especies vegetales, tiene baja tolerancia a la salinidad (<4 dS/m) aunque se puede desarrollar en zonas con salinidad media (4-10 dS/m) (FAO, 2000).

Fertilidad y química del suelo:

Se recomienda aplicar a los árboles jóvenes 113.5 g de un abono 6-6-6 o similar; este debe poseer micronutrientes y un 30% del Nitrógeno debe provenir de una fuente orgánica; esta aplicación se debe repetir cada 6 a 8 semanas durante el primer año; más tarde, aumentar gradualmente la cantidad de abono aplicada a 227, 272, 340.5 y 454 g, a medida que el árbol crece. También se recomienda usar de 4 a 6 aspersiones foliares de micronutrientes al año, de abril a septiembre. En suelos alcalinos con pH alto, se debe mojar el área alrededor del árbol con una solución de quelato de Hierro una o dos veces al año de junio a septiembre, comenzando con 14.8-22.2 ml por árbol (Crane y Balerdi, 2012a).

CARACTERÍSTICAS DE RESPUESTA AL CAMBIO CLIMÁTICO

Captura de carbono:

Es una especie clasificada como de baja tasa respiratoria (Bautista *et al.*, 2005) y de buen balance en cuanto a ganancia de carbohidratos.

Resistencia a sequía:

Se considera un cultivo con alta tolerancia a la sequía (Gilman y Watson, 2013).

Tolerancia a altas temperaturas:

Puede tolerar temperaturas relativamente elevadas (> 38°C), siempre que no se combinen con atmósferas muy secas.

Las temperaturas extremas pueden afectar momentáneamente alguna de las funciones de cualquiera de los órganos del árbol (Morera, 2013).

CHILE DE ÁRBOL



CARACTERÍSTICAS DESCRIPTIVAS

Nombre científico:	<i>Capsicum annum</i> (L.) Merr. Var. <i>annuum</i> ; Cultivar Chile de árbol.
Nombres comunes:	Chile de árbol.
Familia:	Solanaceae.
Origen:	Regiones tropicales y subtropicales de América (CCI, 2006).
Adaptación:	Se adapta a ambientes semicálidos y templados con invierno definido.
Ciclo de madurez:	Anual.
Tipo fotosintético:	C ₃ .

REQUERIMIENTOS CLIMÁTICOS

Altitud:	Se desarrolla a partir del nivel del mar hasta los 2000 m (Jaramillo <i>et al.</i> , 2010). 0-1000 msnm (CCI, 2006).
Fotoperíodo:	Responde a días cortos y días neutros, es decir menos de 12 hasta 14 horas de luz (FAO, 2000).
Radiación (Luz):	Es una planta que requiere gran luminosidad (Japón, 1980).

Temperatura:	Temperatura óptima de 24°C y con al menos 3 meses de clima cálido para el buen desarrollo de los cultivos (Jaramillo <i>et al.</i> , 2010). Temperatura mínima de 16°C, temperatura máxima de 30°C y temperatura óptima de 20-28 °C (CCI, 2006). Tolera temperaturas de 10°C hasta 32°C. El óptimo es de 15 a 26°C. No le gusta el frío (Martínez, 2007b).
Precipitación (agua):	De 600 a 1250 mm por año (Jaramillo <i>et al.</i> , 2010).
Humedad relativa:	Le favorece el rango de 55 a 90% (CCI, 2006). Le es favorable una humedad relativa aproximadamente del 75% (Chávez, 2001).

REQUERIMIENTOS EDÁFICOS

Profundidad de suelo:	Requiere de suelos que cuenten con profundidad de 50 a 150 cm (FAO, 2000).
Textura:	Desarrolla en suelos desde algo arenosos a arcillosos, no obstante en los primeros la producción es mayor (Japón, 1980). Suelos de textura franco-arcillosa, franco-arenosa (CCI, 2006).
Drenaje:	Requiere de suelos con buen drenaje (CCI, 2006).
pH:	Le son favorables suelos con pH de 6 a 6.5 (Jaramillo <i>et al.</i> , 2010). El pH ideal oscila entre 6.5 y 7 (Japón, 1980).
Salinidad/Sodicidad:	Presenta baja tolerancia a la salinidad (FAO, 2000).

CARACTERÍSTICAS DE RESPUESTA AL CAMBIO CLIMÁTICO

Tolerancia a altas temperaturas:	Es una planta tolerante a temperaturas altas, con excepción de la etapa reproductiva, en donde temperaturas por arriba de los 32-34°C pueden causar abscisión de flores y problemas en la fecundación y cuajado de frutos.
---	--

CHILE DULCE



CARACTERÍSTICAS DESCRIPTIVAS

- Nombre científico:** *Capsicum annuum* (L.) Merr. Var. *annuum*; Cultivar Pimento.
- Nombres comunes:** Chile dulce, chile morrón, pimiento morrón, pimiento, pimentón, ají (Valle, 2010; Orellana *et al.*, 2012).
- Familia:** Solanaceae.
- Origen:** México (González, 1984).
Mesoamérica de América del Sur y Central; domesticado en México (Valle, 2010).
Continente americano, probablemente en Bolivia y Perú, donde se han encontrado semillas ancestrales de más de 7,000 años, y desde donde se habría diseminado a toda América (Orellana *et al.*, 2012).
- Distribución:** 40° LN a 40° LS (Benacchio, 1982).
América, Europa, África y Asia. Los principales países productores son: China, Estados Unidos y México (Orellana *et al.*, 2012).
- Adaptación:** Zonas templadas y subtropicales (González, 1984).
Zonas templadas, subtropicales y tropicales, semifrías, semicálidas y cálidas, áridas, semiáridas, subhúmedas y húmedas (FAO, 1994; Aragón, 1995).
Regiones tropicales y subtropicales (Orellana *et al.*, 2012).

Ciclo de madurez: 75-130 días (Baradas, 1994).
95-100 días después del trasplante (Benacchio, 1982).
120 a 150 días (Doorenbos y Kassam, 1979).
95-100 días después del trasplante (Benacchio, 1982).
120 a 150 días (Doorenbos y Kassam, 1979).
Es un cultivo anual. En el segundo año puede rebrotar y volver a producir mediante poda de rejuvenecimiento antes de que termine su desarrollo vegetativo (Serrano, citado por Valle, 2010).
Es un cultivo de 100-180 días; la cosecha dura 75-120 días, con cortes semanales o bisemanales durante 6-15 semanas, dependiendo del manejo que se dé al cultivo. El primer ciclo de fructificación inicia a los 90-100 días después de plantado (Orellana *et al.*, 2012).

Tipo fotosintético: C₃.

REQUERIMIENTOS CLIMÁTICOS

Altitud: 0-1800 m (González, 1984).
0-2300 m, según la variedad (Orellana *et al.*, 2012).
El óptimo altitudinal está entre 1600 y 2500 m (Maciel *et al.*, 2005).

Fotoperíodo: Tiene tendencia a no presentar sensibilidad al fotoperíodo (Baradas, 1994).
Indiferente al fotoperíodo o planta de día corto (Doorenbos y Kassam, 1979).
Existen tanto cultivares de día corto como de día largo (Benacchio, 1982).
La iniciación del primordio floral está cuantitativamente controlada por la duración del día, pero las plantas tienden a preferir un fotoperíodo intermedio (Vince-Prue, citado por Rylski, 1985).
Planta de días cortos. Sin embargo, existen cultivares cuyas exigencias varían de 12 a 15 horas Orellana *et al.*, 2012).

Radiación (Luz): Requiere radiación solar directa. La cantidad de luz requerida va de 32.3 a 86.1 klux (Baradas, 1994).
El chile dulce necesita iluminación intensa, de lo contrario, el ciclo vegetativo se alarga. Por otro lado, la sombra tenue en campo puede ser benéfica para el cultivo (reduce el estrés de agua y la quema de frutos por el sol); sin embargo, el exceso de sombra disminuye la tasa de crecimiento del cultivo y puede provocar aborto de flores y frutos. (Orellana *et al.*, 2012).

Temperatura:

Para germinar requiere una temperatura mínima de 13°C, siendo la óptima de 25°C y la máxima de 40°C (Ibar y Juscafresa, 1987).

El rango de temperatura es 10-35°C, con un óptimo para fotosíntesis de 25-30°C. La media óptima está entre 19 y 24.5°C (Benacchio, 1982).

El rango óptimo de temperatura va de 18 a 23°C. Es una especie sensible a las heladas (Doorenbos y Kassam, 1979). Cuando las temperaturas nocturnas son inferiores a 16°C o superiores a 32°C, se reduce el amarre y desarrollo de frutos (Baradas, 1994).

El óptimo de temperatura nocturna está entre 16 y 18°C, y para el cuajado de fruta, la mínima, óptima y máxima son de 18-20, 25 y 35°C. La temperatura de congelación es de -1°C. El óptimo de crecimiento es 20-25°C (Yuste, 1997a).

El mayor amarre de frutos se produce a temperaturas nocturnas alrededor de 15°C (Rylski y Spiegelman, 1982).

A temperaturas nocturnas de 30°C o más, no se desarrollan flores; los botones permanecen pequeños y se caen antes de la antesis (Dorland y Went; citados por Rylski, 1985). Las temperaturas umbrales mínima y máxima para la etapa trasplante-aparición del fruto son 15 y 27°C, respectivamente; mientras que para la etapa aparición del fruto-fruto color rojizo, las umbrales mínima y máxima son 13 y 27°C, respectivamente (Sims y Smith, 1976).

El óptimo térmico está alrededor de los 20°C, mientras que temperaturas superiores a 32°C provocan la caída de flores y temperaturas por arriba de los 35°C bloquean el proceso de fructificación (De Vilmorin, 1977).

Durante el desarrollo, este cultivo requiere que las temperaturas diurnas se encuentren entre 20 y 25°C y las temperaturas nocturnas entre 16 y 18°C. El desarrollo se detiene a 10°C y por debajo de 1°C se hiela la planta. Las temperaturas mínima, óptima y máxima para el cuajado de la flor son 18, 25 y 35°C, respectivamente (Ibar y Juscafresa, 1987). Temperaturas de 10-15°C durante el desarrollo del botón floral ocasionan flores con pétalos curvados y sin desarrollar, así como alteraciones en el proceso de polinización (múltiples ovarios y/o su engrosamiento, acortamiento de estambres y de pistilo, fusión de anteras) y fructificación (frutos alrededor del fruto principal) (Pressman *et al.*, 1998). Óptimo de 15-22°C (Maciel *et al.*, 2005).

La temperatura óptima es 22-25°C durante el día y 16-18°C durante la noche; con temperaturas inferiores, el ápice de los frutos cuadrados se agudiza. Para desarrollo, la temperatura media mensual óptima es 18-22°C. A temperaturas alrededor de 15°C, el crecimiento vegetativo es lento, y a temperaturas inferiores a 10-12°C se detiene, ocasionando plantas compactas y entrenudos cortos formando rosetas (Serrano, 1974; citado por Valle, 2010).

El chile dulce se desarrolla bien con temperaturas de 15 a 30°C (Orellana *et al.*, 2012).

Precipitación (agua):

Requiere de 600 a 900 mm para completar el ciclo vegetativo. En condiciones en que la evapotranspiración máxima es de 5 a 6 mm día⁻¹, se puede agotar hasta el 25-30% del agua total disponible en el suelo, sin que se aprecie una reducción en la absorción de agua del suelo (Doorenbos y Kassam, 1979).

Requiere de 500 L m⁻², para lograr el desarrollo de todo el ciclo de cultivo (Ibar y Juscafresa, 1987).

Requiere 580 mm por ciclo de cultivo (Baradas, 1994).

Demanda de 750 a 1500 mm de precipitación (González, 1984).

600-1200 mm de precipitación. Se cultiva preferentemente bajo riego, siendo los periodos críticos por exigencia de agua los del establecimiento del cultivo, floración y formación del fruto (Benacchio, 1982).

Para plantas con una altura promedio de 70 cm, el coeficiente de cultivo (Kc) para las etapas inicial, intermedia y final es 0.6, 1.05 y 0.9, respectivamente (Allen *et al.*, 2006).

Requiere 425 mm de agua durante su ciclo vegetativo, con lo cual se obtiene una eficiencia en el uso del agua de 5.32 kg m⁻³ de fruto fresco y de 0.5 kg m⁻³ en términos de materia seca (Gómez *et al.*, 2010).

600-1200 mm distribuidos durante el ciclo vegetativo. La lámina de agua total que debería de satisfacer el suelo desde trasplante hasta el último corte comercial es de 900-1200 mm. Lluvias intensas en floración ocasionan caída de flor y mal desarrollo de frutos; en maduración ocasionan daños físicos y pudrición de frutos; además del riesgo permanente de enfermedades fungosas (Orellana *et al.*, 2012).

Humedad relativa:

Requiere de atmósfera moderadamente húmeda, ya que es muy susceptible al ataque de enfermedades. La humedad relativa óptima es de 50-70% (Ibar y Juscafresa, 1987). Óptima 60 a 70 % (Valle, 2010).

En periodo de floración y cuajado, la humedad relativa óptima está entre 50 y 70 %; valores altos y abundante follaje favorecen los ataques de enfermedades y dificultan la fecundación de las flores. Mientras que la humedad baja, ocasiona frutos deformes y pequeños. Si a esta se añan altas temperaturas, se provoca caída de flores y frutos (Serrano; citado por Valle, 2010).

70-90% (Orellana *et al.*, 2012).

Las condiciones de conservación en cámara frigorífica son 7-10°C y 90% de humedad relativa (Yuste, 1997a).

REQUERIMIENTOS EDÁFICOS

- Profundidad de suelo:** Requiere suelos con un mínimo de 60 cm de profundidad (INIFAP, 1994).
Los suelos deberían ser de al menos 70 cm de profundidad (Ibar y Juscafresa, 1987).
La profundidad de raíces puede llegar hasta 1 m, pero bajo riego, las raíces se concentran principalmente en la capa superior de suelo de 0.3 m de profundidad. Normalmente el 100% de absorción de agua tiene lugar en la primera capa de suelo de 0.5 a 1.0 m de profundidad (Doorenbos y Kassam, 1979).
Requiere suelos de profundidad moderada (FAO, 1994; Orellana *et al.*, 2012), con una profundidad efectiva mínima de 35 a 50 cm (Aragón, 1995).
- Textura:** Requiere suelos de textura ligera a media (Doorenbos y Kassam, 1979).
Prefiere suelos francos, franco-arcillo-limosos y franco-arcillosos (Benacchio, 1982).
Desarrolla mejor en suelos de textura ligera a media (FAO, 1994).
Los suelos ideales son de textura ligera a intermedia: franco arenosos, francos; no son convenientes suelos muy arcillosos (Orellana *et al.*, 2012).
- Drenaje:** Evitar encharcamientos, ya que el Chile requiere de suelos bien drenados (González, 1984).
Requiere suelos con buen drenaje (FAO, 1994).
Prefiere suelos bien drenados, el exceso de humedad incrementa enfermedades de la raíz asociadas a los hongos *Phytophthora capsici* y *Fusarium* sp. (Cano; citado por Gómez *et al.*, 2010).
Este cultivo requiere suelos profundos y con buen drenaje; el encharcamiento por periodos cortos, ocasiona la caída de las hojas por la falta de oxígeno en el suelo, además de que favorece el desarrollo de enfermedades fungosas (Orellana *et al.*, 2012).
- pH:** 5.5 – 7.0 (Doorenbos y Kassam, 1979).
5.0 – 7.5 (Benacchio, 1982).
El óptimo se ubica entre 6.5 y 7.0, pero puede vegetar en suelos con pH hasta de 8.0 (Ibar y Juscafresa, 1987).
Su rango de pH está entre 5.5 y 7.0, con un óptimo de 6.2 (FAO, 1994).
pH óptimo de 5.5-7.0 (Castellanos *et al.*, 2000; Orellana *et al.*, 2012).

Salinidad/Sodicidad:

En la etapa de plántula es muy sensible a la salinidad, pero en etapas posteriores es moderadamente sensible. La disminución del rendimiento para distintos niveles de conductividad eléctrica es la siguiente: 0% para 1.5 dS m⁻¹; 10% para 2.2 dS m⁻¹; 25% para 3.3 dS m⁻¹; 50% para 5.1 dS m⁻¹ y 100% para 8.6 dS m⁻¹ (Doorenbos y Kassam, 1979; Ayers y Westcot, 1985). Medianamente tolerante a la salinidad (Benacchio, 1982). Es un cultivo sensible a la salinidad (Sánchez, 2001).

Moderadamente tolerante en campo, mucho menos que tomate, ya que una conductividad eléctrica alrededor de 2.0 disminuye el rendimiento en 7% y, 31% si la C.E. es 3.0 (Castellanos *et al.*, 2000).

Durante la etapa de producción de plántula es sensible a la salinidad del suelo; pero a medida que se desarrolla en campo, se vuelve relativamente tolerante (Orellana *et al.*, 2012).

Fertilidad y química del suelo:

Es planta exigente en materia orgánica por lo que llega a agotar al suelo, de tal forma que además de agregar materia orgánica, es conveniente no repetir la plantación hasta pasados de tres a cinco años. Son buenas alternativas de cultivo leguminosas, compuestas, aliáceas, crucíferas y umbelíferas, pero deben evitarse otras solanáceas y las cucurbitáceas (Ibar y Juscafresa, 1987).

El Boro es un nutrimento esencial en la etapa de polinización; sin embargo, su requerimiento foliar es moderado, de 0.7-1.0 mg L⁻¹ (ppm) (Castellanos *et al.*, 2000).

La demanda nutrimental de N, P₂O₅, K₂O, CaO y MgO para producir una tonelada de frutos de pimiento morrón en invernadero es: 2.4, 0.2, 2.3, 0.5 y 0.4 Kg, respectivamente (Valle, 2010). En campo abierto varía de: 2.4-4.0, 0.4-1.0, 3.4-5.29, 0.55-1.80 y 0.28-0.49 Kg, respectivamente. La deficiencia de Mg puede ocasionar frutos pequeños, en menor cantidad y calidad (Salazar y Juárez, 2013).

Según Graifenberg *et al.*, citados por Valle (2010) las extracciones en invernadero son mayores en Potasio y menores en Fósforo que en campo abierto.

Para una producción de 50 t ha⁻¹ se requieren: 200 kg de N, 50 kg de Fósforo (P₂O₅), 37.5 kg de Potasio (K₂O) y 37.5 kg de Magnesio (MgO) (Ibar y Juscafresa, 1987).

CARACTERÍSTICAS DE RESPUESTA AL CAMBIO CLIMÁTICO

Respuesta a ambientes enriquecidos de CO₂:

A concentraciones de 1200 ppm de CO₂, el rendimiento se incrementa respecto a una concentración de CO₂ de 350 ppm (Krupa y Kickert, 1989).

A concentraciones de 800 ppm de CO₂, el crecimiento vegetativo inicial es más uniforme, aunque disminuye el área foliar (Rezende *et al.*, 2002). No obstante, se obtiene mayor tamaño de fruto y se tiene menor requerimiento hídrico (Rezende *et al.*, 2002a).

Por su parte Antón *et al.* (2011) reportan incremento en la calidad del fruto (14% en peso, 10% en su longitud, y 5% en su diámetro), bajo ambientes enriquecidos de CO₂ (750 ppm).

- Captura de carbono:** Bajo una densidad de plantación de 2.2 plantas m⁻², los valores de carbono y CO₂ por planta para las distintas partes de ésta son: 13.1 y 48 g, respectivamente, en raíz; 109.8 y 402.6 g en tallo; 95.2 y 349.1 g en hojas; 62.5 y 229.2 g en fruto; para un total por planta de 281 g C y 1,029 g CO₂ (Mota, 2011).
- Respuesta a ozono:** Al exponerse intermitentemente por 106 días a concentraciones de ozono de 0.12 y 0.20 ppm, se registró un incremento de la altura de planta y del número total de hojas a pesar de la formación de hojas cloróticas. De manera absoluta, los pesos secos de hojas, tallo y raíces no fueron afectados significativamente por ozono, pero la producción de materia seca en frutos bajó hasta en un 54% (Bennett *et al.*, 1979).
Este cultivo presenta una respuesta variable al ozono, de sensible a tolerante según los cultivares (Krupa y Kickert, 1989; Lee y Yun, 2006). Además se ha reportado que los genes relacionados con O₃, también tienen relación con la incidencia de patógenos y estrés por sequía o salinidad (Lee y Yun, 2006).
- Respuesta a radiación UV-B:** Algunas variedades son tolerantes, por lo que la radiación UV-B no tiene efectos negativos en el rendimiento (Krupa y Kickert, 1989).
- Resistencia a sequía:** Es muy sensible a la sequía por lo que el suelo debe mantenerse siempre húmedo (Ibar y Juscafresa, 1987).
El déficit hídrico estanca el desarrollo y ocasiona daños en la calidad del fruto (rajaduras o pudrición apical) (Gómez *et al.*, 2010).
Este cultivo se considera susceptible a la sequía ya que sólo puede tolerar el estrés hídrico por periodos cortos. Periodos más prolongados de sequía pueden ocasionar caída de hojas, flores y frutos, por lo que disminuye el rendimiento y la calidad del fruto (Orellana *et al.*, 2012).
- Tolerancia a altas temperaturas:** Es una especie moderadamente tolerante a altas temperaturas, ya que presenta problemas en la reproducción por arriba de los 32°C, por caída de flores (De Vilmorín, 1977).
Con altas temperaturas, la planta puede manifestar crecimiento vegetativo excesivo y baja producción. Cuando las altas temperaturas ocurren durante la fructificación, disminuye la calidad del fruto (más frutos pequeños, de coloración deficiente y con pudrición apical) y el rendimiento. Algunas medidas que pueden ayudar a aliviar el efecto de las altas temperaturas son incrementar la humedad del suelo y realizar la polinización de manera manual (Valle, 2010).
Con la ocurrencia de altas temperaturas se producen frutos partenocárpicos (muy pequeños y de formas irregulares) (Salas y Urrestarazu; citados por Valle, 2010).

CHILE HABANERO



CARACTERÍSTICAS DESCRIPTIVAS

Nombre científico:	<i>Capsicum chinense</i> Jack.
Nombres comunes:	Chile habanero.
Familia:	Solanaceae.
Origen:	Nativo del sur de América, específicamente de la Cuenca del Amazonas (OIRSA, 2003).
Distribución:	20° a 30° LN y LS (FAO, 2000).
Adaptación:	Zonas tropicales húmedas y húmedo-secas (FAO, 2000). Zonas templadas, subtropicales y tropicales (FAO, citado por Aceves <i>et al.</i> , 2008a).
Ciclo de madurez:	Anual.
Tipo fotosintético:	C ₃ .

REQUERIMIENTOS CLIMÁTICOS

Altitud:	0 a 2700 msnm (FAO, 1994; citado por Aceves <i>et al.</i> , 2008a). Para un desarrollo óptimo debe sembrarse a alturas que varían de 100 a 400 msnm (OIRSA, 2003).
Fotoperíodo:	Las plantas tienden a preferir fotoperíodo intermedio (Rylski, 1985).
Radiación (Luz):	Prospera en condiciones de iluminación de intensa a moderada (FAO, 1994). Los frutos son sensibles a los rayos directos del sol, por lo que se requiere que la planta tenga buena cobertura de hojas (OIRSA, 2003).

Temperatura:	La temperatura mínima es de 20°C, con una media de 23°C y temperatura máxima de 26°C (FAO, 2000). El rango térmico para el desarrollo del chile habanero es de 15 a 32°C, con un óptimo de 20 a 26°C (FAO, 2000). Es muy sensible a las bajas temperaturas. La temperatura debe oscilar de 25 a 38°C. El cuajado del fruto no ocurre a temperaturas inferiores a 15°C (OIRSA, 2003).
Precipitación (agua):	Requiere de 600 a 1250 mm anuales (FAO, 2000). Es preferible plantar el cultivo en lugares donde la precipitación pluvial sea de 600 a 1200 mm anuales bien distribuidos durante su ciclo vegetativo (OIRSA, 2003).
Humedad relativa:	La humedad relativa óptima oscila entre el 50 y 60 %. Humedades relativas muy elevadas favorecen el desarrollo de enfermedades aéreas y dificultan la fecundación (OIRSA, 2003).

REQUERIMIENTOS EDÁFICOS

Profundidad de suelo:	El cultivo necesita de suelos con mediana profundidad, de 50-150 cm aproximadamente (FAO, 2000).
Textura:	La textura adecuada del suelo va desde franco limosa a franco arcillosa, prefiriendo suelos ricos en materia orgánica (OIRSA, 2003).
Drenaje:	Necesita suelos con buen drenaje (FAO, 2000).
pH:	pH de 6-6.5 (FAO, 2000). El pH requerido va de 5.5 a 6.8 (OIRSA, 2003).
Salinidad/Sodicidad:	Presenta baja tolerancia a la salinidad (FAO, 2000). Los suelos salinos afectan el cultivo, interfiriendo con su crecimiento normal (OIRSA, 2003).
Fertilidad y química del suelo:	Preciado <i>et al.</i> (2007) reportan contenidos de 12.6 a 28.7 mg planta ⁻¹ de N; 0.93 a 1.11 mg de P y entre 9.9 y 14 mg de K. La fertilización al momento del trasplante se puede hacer con abonos orgánicos. La segunda fertilización se realiza 10 días después de la primera; las siguientes cada 15 días hasta iniciar la cosecha (OIRSA, 2003).

CARACTERÍSTICAS DE RESPUESTA AL CAMBIO CLIMÁTICO

Respuesta a ambientes enriquecidos de CO₂:	El aumento en la concentración atmosférica de CO ₂ a largo plazo incrementa la biomasa y el área foliar, adelanta la fenología reproductiva, modifica la morfología floral alargando los estambres e incrementando el tamaño y la producción de frutos. A nivel metabólico incrementa la concentración de capsicina en frutos (Garruña <i>et al.</i> , 2012). El número de frutos por planta se incrementa 88.5% cuando el nivel de CO ₂ se eleva de 380 a 1140 μmol mol ⁻¹ , mientras el contenido total de capsicinoides a la cosecha se incrementa 27% en los frutos (Garruña <i>et al.</i> , 2013).
--	--

Captura de carbono:	Produce 113.8 g planta ⁻¹ de materia seca (Sousa y Maluf, 2003), lo que a una densidad aproximada de 18,500 plantas ha ⁻¹ (López <i>et al.</i> , 2012), produce 2,105 kg ha ⁻¹ de materia seca. Aplicando el factor de conversión de materia seca a carbono (0.47, Montero <i>et al.</i> , 2004) se tiene que el chile habanero captura 989.35 kg ha ⁻¹ de carbono.
Resistencia a sequía:	Dentro de las especies de chile, no se considera como una de las que posean resistencia a sequía, por lo que en comunidades de Yucatán donde se le cultiva, comúnmente se hace en solares, parcelas de riego o en macetas (Latournerie <i>et al.</i> , 2001). El estrés hídrico puede llegar a afectar las propiedades de pungencia (Santana <i>et al.</i> , 2005).
Tolerancia a altas temperaturas:	Aunque el rango térmico de esta especie de es de 15 a 32°C (FAO, 2000), en Yucatán, México tolera temperaturas alrededor de 40°C.

CHIRIMOYA



CARACTERÍSTICAS DESCRIPTIVAS

Nombre científico:	<i>Annona cherimola</i> Mill.
Nombres comunes:	Chirimoya.
Familia:	Annonaceae.
Origen:	Valles andinos de Ecuador y Perú (González, 1984). Esta especie es originaria de Perú (Ibar, 1983).
Distribución:	30° LN a 30° LS (Ibar, 1983).
Adaptación:	Altiplanos tropicales (González, 1984). Especie eminentemente de clima subtropical (Andrés y Regollar, 1996). Se adapta a climas templados con verano cálido (Ochse, citado por Andrés y Regollar, 1996).
Ciclo de madurez:	Perenne.
Tipo fotosintético:	C ₃ .

REQUERIMIENTOS CLIMÁTICOS

Altitud:	500-1500 m (Ibar, 1983).
Radiación (Luz):	Requiere de unos cinco meses de estación seca, con días despejados (Ibar, 1983).

Temperatura:	<p>Es una especie moderadamente tolerante al frío. En zonas de invierno ligero se comporta como una especie perennifolia, pero en regiones con invierno más intenso se comporta como una caducifolia. Las temperaturas medias diurnas óptimas son de alrededor de 15°C. La chirimoya puede resistir temperaturas de hasta -5°C, pero le son perjudiciales largos periodos (12 a 14 días) con temperaturas de -2 a 4°C o periodos más largos con temperaturas entre 6 y 10°C. Si el chirimoyo entra en reposo invernal, reanuda su actividad celular significativa cuando la temperatura alcanza los 11-16°C, y si existe suficiente humedad en el suelo, incluso responde a temperaturas entre 8 y 10°C. En condiciones óptimas (17-20°C, sin restricciones de humedad del suelo), las semillas tardan 1-1.5 meses en germinar (Ibar, 1983).</p> <p>Su tolerancia al calor es mayor que su tolerancia al frío, ya que puede tolerar temperaturas hasta de 45°C (Yamada <i>et al.</i>, 1996).</p> <p>Para una buena polinización, se requiere una temperatura entre 16 y 20°C, lo cual explica los pocos frutos que se obtienen a partir de floraciones iniciales de cada temporada, cuando la temperatura está aún por debajo de este rango. Los frutos que no han madurado al llegar el invierno, detienen su desarrollo cuando la temperatura desciende por debajo de 13°C, sin embargo, no se desprenden del árbol y reanudan su maduración en la temporada del siguiente año. Si la temperatura desciende más allá de los 7.5°C, la reanudación del desarrollo ya no es posible. Una vez cosechada, la chirimoya debe mantenerse a temperaturas entre 9 y 12°C durante su almacenamiento y transporte, para su mejor conservación (Ibar, 1983).</p>
Precipitación (agua):	<p>Precisa de una condición en la que se alternen una estación seca y cálida de unos cinco meses, en la que deben administrarse los riegos adecuados, y el resto del año con un ambiente fresco y poco húmedo (Ibar, 1983).</p>
Humedad relativa:	<p>La humedad relativa promedio debe estar entre 50 y 70% para asegurar una buena polinización. Si la humedad ambiental está por debajo de este intervalo, los estigmas se secan rápidamente y dejan de ser receptivos de polen o no lo captan adecuadamente, por lo que la fecundación no se lleva a cabo (Ibar, 1983).</p>
Vientos:	<p>No debe tenerse la plantación en lugares expuestos a vientos fuertes o a los vientos marinos, sobre todo de orientación N-NW. Para una buena polinización deben tenerse vientos moderados (Ibar, 1983).</p>

REQUERIMIENTOS EDÁFICOS

Profundidad de suelo:	<p>Requiere suelos profundos (Ibar, 1983), por lo general mayores de 1.5 m.</p>
Textura:	<p>Requiere suelos de textura franca, migajón-arenosa o areno-arcillosa (Ibar, 1983).</p>

Drenaje:	Requiere buen drenaje (Ibar, 1983).
pH:	Prefiere un pH de 6.5 a 7.0 (Ibar, 1983). 6.0 a 8.0, con un óptimo de 7.0 (FAO, 1994).
Salinidad/Sodicidad:	No tolera salinidad. El carbonato de calcio del suelo debe ser inferior al 7% (Ibar, 1983).
Fertilidad y química del suelo:	Los requerimientos de N-P-K por árbol en los primeros cuatro años son los siguientes (Ibar, 1983): 1er. Año: 240 g N, 120 g P ₂ O ₅ , 120 g K ₂ O. 2do. Año: 360 g N, 180 g P ₂ O ₅ , 180 g K ₂ O. 3er. Año: 480 g N, 240 g P ₂ O ₅ , 240 g K ₂ O. 4º. Año: 600 g N, 300 g P ₂ O ₅ , 300 g K ₂ O. Posteriormente para los árboles en desarrollo se requieren: 1200 g de N, y 600 g de P ₂ O ₅ y K ₂ O.

CARACTERÍSTICAS DE RESPUESTA AL CAMBIO CLIMÁTICO

Resistencia a sequía:	Estudios realizados en <i>Annona squamosa</i> , una especie emparentada con la chirimoya, ha mostrado ausencia de daño de la maquinaria fotosintética en presencia de déficit hídrico, lo cual es un indicativo de cierta tolerancia a la sequía (Monteiro <i>et al.</i> , 2010).
Tolerancia a altas temperaturas:	Es tolerante al calor. Puede tolerar temperaturas hasta de 45°C. Esta tolerancia al calor ha sido medida en hojas a través de la fluorescencia de la clorofila (Yamada <i>et al.</i> , 1996). Sin embargo, el incremento en las temperaturas máximas disminuye la producción de frutos, aumentando el aborto de flores y retrasando los ritmos fenológicos (Garruña <i>et al.</i> , 2012).

CILANTRO



CARACTERÍSTICAS DESCRIPTIVAS

Nombre científico:	<i>Coriandrum sativum</i> L.
Nombres comunes:	Cilantro, culantro.
Familia:	Umbelliferae.
Origen:	Centro y Norte de India, Rusia y regiones orientales de Afganistán y Pakistán (Zeven and De Wet; Ivanova and Stoletova; citados por Vallejo y Estrada, 2004). Originario de Europa Meridional, Asia Menor y Norte de África, encontrándose espontáneamente en algunas regiones españolas (Raymond; Reed; citados por Hernández, 2003).
Distribución:	30° a 50-60° LN y LS (FAO, 2000).
Adaptación:	Climas templado-cálidos (Muñoz, 2002). Climas seco estepario, seco desértico, templado lluvioso con invierno seco y semicálido lluvioso con invierno seco (Andrio, citado por Hernández, 2003).
Ciclo de madurez:	Perenne.
Tipo fotosintético:	C ₃ .

REQUERIMIENTOS CLIMÁTICOS

- Altitud:** Hasta los 1200 m (Muñoz, 2002).
En México se cultiva en altitudes de los 14 a 2350 m (Hernández, 2003).
Prefiere alturas de 1000 a 1500 msnm (Acuña *et al.*, 2002).
- Fotoperíodo:** Prospera en días cortos, pues en días largos el peso del follaje se reduce por la presencia del punteamiento prematuro (Hernández, 2003).
Especie de día largo (FAO, 2011).
- Radiación (luz):** Prefiere lugares soleados pero crece bien en sombra parcial (Hernández, 2003).
Requiere de alta intensidad luminosa. Tolera el sol directo (Martínez, 2007c).
La planta prefiere alta intensidad lumínica para crecer. Si se cultiva bajo sol directo y se remueve el ápice de la planta, ésta ramifica y tiende a producir mayor cantidad de masa foliar (Morales, 1995).
- Temperatura:** Temperaturas entre 10 y 30°C, proveen las condiciones óptimas de crecimiento; tolera heladas ligeras (Benavides, 2007).
La temperatura óptima de germinación varía de 15 a 30°C, los mejores resultados se obtienen con temperaturas de 27 y 22°C durante el día y la noche, respectivamente (Putievsky, 1983; Jethani, 1984).
La temperatura óptima de germinación es de 18°C, variando entre genotipos de 17 a 19°C. En tanto la temperatura base del cilantro es 4.8°C, con variación entre genotipos de 4.1 a 5.8°C (Hernández, 2003).
Presenta una temperatura ideal para germinar de 25-30°C (FAO, 2011).
El crecimiento óptimo lo consigue entre 20 y 30°C. Las temperaturas más altas inducen la floración temprana. Puede sobrevivir ligeras heladas (Morales, 1995).
Resiste bajas temperaturas, siendo críticos valores de - 8 a -9 °C para el sistema radicular y de -13 a -14 °C para el follaje (Sergeeva y Sill'Chenco, 1984).
- Precipitación (agua):** El rango de precipitación anual va de los 500-1400 mm, con un mínimo de 300 mm y un máximo de 2600 mm por año (FAO, 2000).
Según Morales (1995), la productividad tanto en hojas como de semillas en cilantro, es mayor cuando se utiliza riego.
- Humedad relativa:** Alrededor del 75%.

REQUERIMIENTOS EDÁFICOS

- Profundidad de suelo:** Requiere de suelos profundos (Muñoz, 2002).
Suelos con profundidad de 50-150 cm (FAO, 2007).

Textura:	Poco exigente, se da en suelos franco silíceo-arcillosos, algo calcáreos, ligeros y frescos (Muñoz, 2002).
Drenaje:	Suelos con buen drenaje (FAO, 2000).
pH:	5.5 a 7.5 (FAO, 2000). 5.5 a 6.8 (FAO, 2011).
Salinidad/Sodicidad:	Presenta poca tolerancia a la salinidad (FAO, 2000).

CARACTERÍSTICAS DE RESPUESTA AL CAMBIO CLIMÁTICO

Respuesta a ambientes enriquecidos de CO₂:	Niveles elevados de CO ₂ en perejil causan una vida útil más prolongada de la planta (Apeland, 1971), por lo que para cilantro podría esperarse un efecto similar.
Captura de carbono:	El cilantro produce 725.2 kg ha ⁻¹ de materia seca (Linhares <i>et al.</i> , 2012), lo cual referido al factor de conversión de carbono (0.47, Montero <i>et al.</i> , 2004) da como resultado que el cilantro captura 340.8 kg ha ⁻¹ de carbono.
Resistencia a sequía:	No se considera un cultivo resistente a la sequía, ya que los órganos aprovechables son precisamente las hojas, las cuales con las primeras en manifestar los efectos de la sequía, y por tanto debe procurarse que el cultivo esté siempre bien hidratado. En climas subhúmedos y semiáridos incluso es recomendable contar con riego de auxilio.
Tolerancia a altas temperaturas:	Para Simon (1990) uno de los mayores problemas de producir cilantro es la floración prematura en climas cálidos ya que este cultivo es muy sensible a las altas temperaturas (>32°C).

CIRUELA MEXICANA



CARACTERÍSTICAS DESCRIPTIVAS

- Nombre científico:** *Spondias mombin* L. y *Spondias purpurea* L.
Sinonimia: *Myrobalanus lutez* Macf., *Spondias lutea* L., *Spondias pseudomyrobalanus* Tuss.
- Nombres comunes:** Ciruela amarilla, ciruela púrpura, yoyomo, jobo.
- Familia:** Anacardiaceae.
- Origen:** Trópico americano, trópico asiático (González, 1984).
Es originaria de Centro América, ubicándola algunos en México y en la actualidad se cultiva en toda América Tropical (Orduz y Rangel, 2002).
Bosques caducifolios tropicales y subtropicales de México y América Central (Pennington y Sarukhán, 1998; Macía y Barford, 2000).
- Distribución:** 0° a 35° LN y LS.
0-28° LN y LS, con un óptimo a los 22° LN y LS, (FAO, 2000)
- Adaptación:** Trópicos y subtrópicos semiáridos y subhúmedos.
Climas cálidos y subhúmedos (FAO, 1994).
Regiones de clima cálido-húmedo (Orduz y Rangel, 2002).
- Ciclo de madurez:** Perenne caducifolio.
- Tipo fotosintético:** C₃.

REQUERIMIENTOS CLIMÁTICOS

Altitud:	0-1800 m. Desde el nivel del mar hasta los 700 m (Orduz y Rangel, 2002). Hasta 1000 m (FAO, 2000). Desde el nivel del mar hasta los 1200 m (Pennington y Sarukhán, 1998).
Fotoperíodo:	Se considera una planta de día neutro (FAO, 1994; FAO, 2000).
Radiación (luz):	Prefiere ambientes soleados, pero también puede desarrollarse en condiciones de menor luminosidad (FAO, 2000). <i>Spondias purpurea</i> responde a niveles de flujo fotosintético de fotones (FFF) inferiores de $500 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ y el nivel de saturación se presenta a niveles de FFF cercanos a $1000 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ (Pimienta y Ramírez, 2004).
Temperatura:	El rango de temperatura donde se puede desarrollar el cultivo se encuentra entre los 21 y 27°C, siendo la temperatura óptima 24°C (FAO, 2000).
Precipitación (agua):	Puede desarrollarse en zonas con precipitación anual de 600 a 2800 mm, siendo el rango óptimo de 1000 a 2000 mm (FAO, 2000). En climas semiáridos y subhúmedos presenta hidroperiodicidad en cuanto a los patrones de floración, fructificación y desarrollo foliar; ocurriendo la floración y fructificación en época de secas y el desarrollo foliar en época de lluvias.
Humedad relativa:	Se considera un cultivo de humedad ambiental baja a media.

REQUERIMIENTOS EDÁFICOS

Profundidad de suelo:	Requiere suelos de mediana profundidad (FAO, 1994), con por lo menos 60 cm de espesor. Requiere de suelos profundos (Orduz y Rangel, 2002). Son suficientes suelos con profundidad media, 50 a 150 cm (FAO, 2000).
Textura:	Prefiere suelos de textura media a pesada (FAO, 1994) como es el caso de los suelos francos, franco-arenosos, francos-arcillosos, franco-arcillo-limosos, franco-limosos y arcillosos. La ciruela amarilla puede desarrollar en suelos rocosos y con baja fertilidad (Pimienta y Ramírez, 2004).
Drenaje:	Requiere de suelos con buen drenaje (FAO, 1994; FAO, 2007).
pH:	El rango de pH para esta especie está entre 4.3 y 8.0, con un óptimo de 6.5 (FAO, 1994).
Salinidad/Sodicidad:	Se considera un cultivo de ligera tolerancia a la salinidad (FAO, 1994). Presenta poca tolerancia a la salinidad (FAO, 2000).

Fertilidad y química del suelo:

Se ha reportado la capacidad de *S. purpurea* de establecer simbiosis micorrícica, lo cual le ayuda a promover la absorción de nutrimentos (Pimienta y Ramírez, 2004).

CARACTERÍSTICAS DE RESPUESTA AL CAMBIO CLIMÁTICO

Captura de carbono:

Los valores instantáneos de asimilación neta de CO₂ en *S. purpurea* varían de 7 a 35 μmol m⁻² s⁻¹ en condiciones de hojas totalmente expuestas a la luz. Esta variación se debe a baja conductancia estomática ocasionada por sequía y altas temperaturas, condiciones comunes en los ambientes en los que habita esta especie (Pimienta y Ramírez, 2004).

Resistencia a sequía:

La planta soporta bien las sequías (Orduz y Rangel, 2002). La ciruela mexicana es altamente resistente a sequía. Posee plasticidad anatómica y fisiológica. Pierde la hoja al final de la temporada de lluvias y esto le permite sobrellevar temporadas largas sin precipitación (7-8 meses). Esta es considerada una estrategia de escape a la sequía prolongada (Chazdon *et al.*, 1996; Goldstein *et al.*, 1996).

Es un frutal muy prometedor, por su aceptación en el mercado, por tratarse de una especie rústica, de alta resistencia a la sequía, fácil de producir en suelos pobres, y por ser exclusivamente de propagación vegetativa, lo que asegura una cosecha temprana (FAO, 2007).

Tolerancia a altas temperaturas:

S. mombin y *S. purpurea* presentan un nivel aceptable de tolerancia a altas temperaturas. Desarrollan en suelos donde la temperatura puede superar los 30°C en un día de verano (Pimienta y Ramírez, 2004).

En México *S. mombin* se encuentra distribuida en regiones semiáridas donde la temperatura suele rebasar los 42°C varios días al año, bajo una atmósfera tendiente a seca.

CIRUELO EUROPEO



CARACTERÍSTICAS DESCRIPTIVAS

Nombre científico:	Ciruelo europeo (<i>Prunus domestica</i> L.), ciruelo japonés (<i>Prunus salicina</i>).
Nombres comunes:	Ciruelo europeo, ciruelo japonés.
Familia:	Rosaceae.
Origen:	Especie originaria de Europa y Oeste de Asia, conocida desde la antigüedad y extendida en el Viejo y Nuevo Mundo. Son zonas probables de origen la región del Cáucaso, Anatolia y Persia, China (Westwood, 1978).
Distribución:	25° a 55° LN y LS. El ciruelo se encuentra distribuido actualmente en las regiones templadas de todo el mundo y en las zonas tropicales montañosas de América Latina y África (Calvo, 2009).
Adaptación:	Regiones templadas, regiones subtropicales de altura (Aragón, 1995).
Ciclo de madurez:	Perenne caducifolio. Duración del ciclo vegetativo de 190-220 días.
Tipo fotosintético:	C ₃ .

REQUERIMIENTOS CLIMÁTICOS

- Altitud:** Puede ser sembrado hasta los 700 msnm en zonas templadas, pero en el caso de latitudes tropicales, el ciruelo se produce en zonas que van desde los 1500 hasta los 2300 msnm (Calvo, 2009).
- Fotoperíodo:** Día neutro (entre 10 y 14 horas luz). Se considera una planta de día neutro (FAO, 1994).
- Radiación (luz):** El ciruelo puede crecer en condiciones de semi-sombra, es decir con la calidad de la luz de bosque, o sin sombra. Es exigente en luz durante la etapa de formación y maduración de frutos.
- Temperatura:** Presenta un requerimiento de 600 a 1600 horas frío (Yuste, 1997b). El ciruelo japonés requiere menos frío que el ciruelo europeo, en general son suficientes 600 horas frío (HF) o menos. Si se establece en regiones demasiado frías, terminará rápidamente su periodo de reposo y se expondrá al daño por heladas, por lo que el cultivo se limita a regiones semitempladas. Existen cultivares que requieren desde 250 hasta 800 horas frío. Algunos ejemplos de cultivares y sus requerimientos son: Criollo 250 HF, Santa Rosa 600 HF, Methley 600 HF, Kelsey 800 HF (Díaz, 1987). La temperatura óptima durante el periodo estival va de 20 a 24°C (Yuste, 1997b). Diez días antes de la floración, la temperatura crítica para botones florales es de -9°C, pero en la floración es de -2.5°C. Durante la floración la temperatura crítica para los botones vegetativos es de -7 a -8°C (Tombesi, citado por Santibáñez, 1994). Existe una alta y significativa correlación entre temperatura y producción en ciruelo dentro del rango de 4 a 18°C. La temperatura mínima para germinación de polen es 4°C y la óptima va de 15 a 18°C (Keulemans, 1984). Durante el desarrollo del embrión la temperatura no debería ser igual o inferior a 7-8°C, ya que se provocaría el aborto de la mayor parte de embriones (Gur, citado por Santibáñez, 1994). El mejor sabor de la fruta se obtiene en regiones de verano suave con temperaturas medias entre 15 y 22°C. Temperaturas por arriba de 38°C van en detrimento del sabor de la ciruela y pueden provocar quemaduras y otro tipo de daños al fruto (Chandler, citado por Santibáñez, 1994). En áreas muy frías (<15°C), el fruto puede resultar agrio o insípido. La temperatura media óptima para la maduración es de alrededor de 20°C, con un máximo de 28°C (Santibáñez, 1994). La temperatura óptima para su desarrollo está entre 12° y 22°C, sin embargo, dependiendo de la variedad, suele resistir bastante bien las bajas temperaturas (Calvo, 2009).

Los arboles necesitan cierta cantidad de horas frío para el rompimiento del reposo; unas 500 horas para los Ciruelos Europeos y unas 400 para los Ciruelos Japoneses, aunque en el Norte de Omán, el ciruelo requiere mínimamente de hasta 700 horas frío (Luedeling *et al.*, 2009).

Precipitación (agua):

Le favorece desarrollarse en la época seca, por lo que se recomienda cultivarla bajo riego (Aragón, 1995). Sin embargo, si se cultiva bajo temporal, requiere que se acumulen durante el ciclo de producción, como mínimo 600 mm y como máximo 1760 mm; el óptimo es de 900 mm (FAO, 1994). Para el caso de las zonas tropicales, el ciruelo requiere de precipitaciones superiores a los 1400 mm anuales bien distribuidos. La literatura menciona un requerimiento no menor de 700 mm anuales.

De acuerdo con Allen *et al.* (2006), para plantas con una altura promedio de 3 m, antes de perder la hoja, en huertos sin cobertura vegetal y con presencia de heladas, los coeficientes de cultivo para las etapas inicial, intermedia y final de desarrollo, son 0.45, 0.9 y 0.65, respectivamente. En tanto que bajo las mismas condiciones pero sin presencia de heladas los Kc son 0.55, 0.9 y 0.65. Para el caso de huertas con cobertura vegetal y con presencia de heladas los Kc varían a valores de 0.5, 1.15 y 0.9, mientras que en huertas con cobertura vegetal y sin presencia de heladas, los Kc son 0.8, 1.15 y 0.85.

Humedad relativa:

Prefiere atmósferas moderadamente húmedas o ligeramente secas.

REQUERIMIENTOS EDÁFICOS

Profundidad de suelo:

Por el hecho de tener raíces superficiales, puede cultivarse en suelos de poca profundidad, con subsuelo rocoso o ligeramente húmedo.

No obstante que sus raíces tienen poca penetración (Aragón, 1995), los mejores rendimientos se obtienen en suelos profundos (Yuste, 1997b), preferentemente mayores a 1 m (FAO, 1994).

Soporta suelos muy poco profundos (Yuste, 1997b).

Textura:

Prefiere suelos de textura franca o franca-arenosa (Aragón, 1995), aunque puede desarrollar adecuadamente en suelos arcillosos con buen drenaje (Teskey y Shoemaker, 1972). La planta prefiere suelos ligeros (arenosos), medios (francos) y pesados (arcillosos) (PD, 2012).

Drenaje:

Huertas localizadas en laderas de montañas o colinas con una pendiente moderada, tienen las mejores condiciones, ya que en las partes bajas de los valles o en terrenos planos se pueden presentar daños por heladas (Teskey y Shoemaker, 1972). Las condiciones de producción del ciruelo son óptimas en suelos bien drenados y húmedos.

Exposición de terreno:	La orientación Norte-Sur permite que la hilera de plantas reciba durante más tiempo la luz solar por ambas caras del seto de los árboles (Lemus, 2008). El ciruelo no tiene limitación cuando la pendiente es suave (2-6%), pero tiene una limitación leve cuando la pendiente del suelo está inclinada (6-10%). En condiciones de pendiente del suelo muy inclinada (11-20%) o fuertemente inclinada (21-30%) el ciruelo presenta una limitación moderada (CIREN, 1989a).
pH:	Su rango de pH es de 4.5-7.4 con un óptimo de 6.1 (FAO, 1994). Desde 6.5 a 7.5 (PD, 2012). La planta prefiere suelos ácidos, neutrales y básicos (alcalinos).
Salinidad/Sodicidad:	Para que no haya afecciones sobre el rendimiento, la conductividad eléctrica no debe estar por arriba de 1.5 dS m ⁻¹ ; a valores de 2.1, 2.9, 4.3 y 7.1 dS m ⁻¹ , el rendimiento se reduce 10, 25, 50 y 100% (Ayers y Westcot, 1985). Se clasifica como una especie muy sensible a la salinidad, ya que le dañan concentraciones hasta por debajo de 0.5 g L ⁻¹ de NaCl; además soporta suelos calizos (Yuste, 1997b). Se considera un cultivo de baja tolerancia a la salinidad (FAO, 1994; Aguilar, 2013).
Fertilidad y química del suelo:	Para cosechar 1 tonelada de fruta, el ciruelo necesita extraer 4.5 kg de Nitrógeno, 0.6 kg de Fósforo y 4.2 kg de Potasio, y absorbe en total por cada tonelada de fruta, 6.5, 0.9, 6 y 0.5 kg de N, P, K y Mg, respectivamente (IFA, 1992; Bertsch, 2003; IPNI, 2008). Para la siembra deberán escogerse plantas injertadas (generalmente sobre patrón durazno) vigorosas, sanas y erectas, que presenten un buen desarrollo radicular. El hoyo debe ser de 30 x 30 cm, pudiendo colocar en el fondo abono orgánico para mejorar la estructura física y 50 g de fórmula completa (10-30-10 o 15-15-15). Luego, poniendo una capa de tierra sobre el abono, se colocan las plantas de ciruelo (Calvo, 2009).

CARACTERÍSTICAS DE RESPUESTA AL CAMBIO CLIMÁTICO

Respuesta a ambientes enriquecidos de CO₂:	Con un incremento de 300 ppm en el contenido de CO ₂ , diversas especies del género <i>Prunus</i> han mostrado un incremento en la fotosíntesis entre 37 y 64% (CSCDGC, 2013).
Captura de carbono:	Para una densidad de 0.057 árboles m ⁻² , la cantidad total de carbono por árbol es de 11,121 gramos, en donde el fruto con 5,226 g y la raíz con 3,780 g representan las partes de la planta con las mayores cantidades de carbono; el tronco, las ramas y las hojas le siguen en importancia con 1109, 700 y 306 g. En tanto la cantidad total de CO ₂ por árbol es de 40,777 gramos, con la siguiente distribución: 19,161 g en frutos, 13,859 g en raíz, 4,066 g en tronco, 2,568 g en ramas y 1,123 g en hojas (Mota, 2011).

La tasa de asimilación de CO₂ del ciruelo disminuye linealmente de acuerdo con incrementos en la presión parcial media de ozono (Retzlaff *et al.*, 1991).

Respuesta a ozono:

La conductancia estomatal y la tasa de crecimiento relativo medida a través del crecimiento del tronco del árbol no son afectadas por el incremento en la presión parcial de ozono (Retzlaff *et al.*, 1991).

Resistencia a sequía:

Cuando el ciruelo es sometido a un moderado o severo stress hídrico, la planta suele declinar el potencial hídrico del tallo en -1.5 y -2.0 MPa, respectivamente. Además de este abatimiento en el potencial hídrico, también se producen reducciones en la conductancia foliar y en la fotosíntesis, las cuales son más severas en la medida en que se incrementa el stress. La tasa fotosintética de hojas completamente abiertas se reduce hasta en 90% bajo un moderado stress hídrico y hasta 81% bajo un severo stress, con respecto a aquellos casos en que el ciruelo se desarrolló sin stress de agua. El stress hídrico también influye en la orientación de la hoja y en la resultante distribución de la luz incidente en las hojas dentro de la cubierta, de tal manera que la luz se distribuye más uniformemente en cubiertas con privación de agua que con riego completo (Lampinen *et al.*, 2004).

Tolerancia a altas temperaturas:

El incremento de la temperatura reduce significativamente la viabilidad de los óvulos a través de los días. A los 5°C, el ciruelo suele mostrar una baja tasa en la senescencia de óvulos. A medida en que la temperatura se incrementa, la senescencia de óvulos también se incrementa. De acuerdo con observaciones de Moreno (1991) a los 15°C, solo un óvulo por flor permaneció viable a los 8 días después de la floración completa (DDFC), mientras que a 20 °C una senescencia total de óvulos ocurrió a los 2 DDFC. En condiciones de campo, la viabilidad del óvulo es dependiente del cultivar y de la temperatura. Mientras que en el 80% de las flores de uno de los cultivares llega a presentar al menos un óvulo viable a los 20 DDFC. En otro cultivar, solo el 40% de las flores tuvo óvulos viables y el restante 60% de las flores mostró senescencia total de los óvulos (Moreno, 1991).

COCOTERO



CARACTERÍSTICAS DESCRIPTIVAS

- Nombre científico:** *Cocos nucifera* L.
- Nombres comunes:** Cocotero, palma de coco, coco, árbol de la vida, palma cocotera, palmera de coco, palma indiana, adiyán.
- Familia:** Arecaceae.
- Origen:** Centro y Sudamérica (Murray, 1977).
Noroeste de Sudamérica (Purseglove, 1985).
Región Indo-Malaya en el Pacífico Occidental (Parrotta, 1993).
Sureste de Asia o Sudamérica (Granados y López, 2002).
Sureste de Asia (Gomes y Prado, 2007; Balderas, 2010).
- Distribución:** Los más importantes centros de producción se encuentran dentro de los 15°C a partir del ecuador (Ochse *et al.*, 1972). Con pocas excepciones, el cultivo exitoso del cocotero se limita a las regiones tropicales entre 20° al norte y sur del Ecuador, y por debajo de los 300 m de altitud. Prefiere las tierras costeras, pero se han establecido plantaciones exitosas hasta a una distancia de 320 km con respecto al mar (Purseglove, 1985).
África, El Caribe y América del Sur (Granados y López, 2002).
20° LN a 20° LS. Continente Asiático (Filipinas, Indonesia, India, Sri Lanka, Tailandia, Vietnam, Ceilán, Malasia), América (México y Brasil), y en África (principalmente Mozambique, Tanzania y Ghana) (Gomes y Prado, 2007; Balderas, 2010).

Adaptación:	Regiones tropicales cálido-húmedas. Fuera del área tropical no produce, la palma es solo de ornato (Balderas, 2010). Regiones costeras de trópicos y subtropicos (Gomes y Prado, 2007). Con suficiente humedad en el suelo es mejor un clima moderadamente seco que muy húmedo (Parrotta, 1993).
Ciclo de madurez:	Perenne. Según el genotipo, florece a los 4.5 a 7 años después de la plantación. La vida productiva de palmas altas heterocigóticas es de 60 a 70 años; las palmas enanas, homocigóticas, duran de 30 a 40 años (Balderas, 2010).
Tipo fotosintético:	C ₃ .

REQUERIMIENTOS CLIMÁTICOS

Altitud:	Hasta 1300 msnm en el ecuador. Al alejarse de él, una altitud máxima de 150 m para una latitud de 18° (Murray, 1977). En la zona ecuatorial, de 200 a 300 m, aunque a más de 300 msnm la producción se reduce y el periodo de floración se alarga. A latitudes más altas debe ser menor la altitud (Robles, 1991). Desarrolla satisfactoriamente hasta una altitud de 300 m (Purseglove, 1985). Hasta 1200 m cerca de la línea ecuatorial, o 900 m en mayores latitudes. Aunque la formación de flores y frutos se inhibe a medida que aumenta la altitud (Parrotta, 1993). Óptima de 0 a 250 msnm (Balderas, 2010).
Fotoperíodo:	Se considera una planta de día neutro (FAO, 1994). Este factor no es limitante (Baradas, 1994). El fotoperíodo para florecer debe ser de 12 h (Balderas, 2010).
Radiación (luz):	Planta heliófila, no admite sombras; por ello requiere días soleados la mayor parte del año. Con menos de 2000 horas de luz al año o 120 horas al mes, el rendimiento se reduce (Murray, 1977; Gomes y Prado, 2007). Necesita de 300 a 900 W m ⁻² (Gomes y Prado, 2007).
Temperatura:	La temperatura media anual óptima para mejor crecimiento y rendimiento máximo se considera de 27°C, con una oscilación diurna de 6 a 7°C. Con bajas temperaturas, aún por cortos periodos de tiempo, podrían ocurrir anomalías en la floración y frutos (Murray, 1977). La temperatura media anual óptima está entre 27 y 28°C. El promedio de oscilación diaria debe ser de alrededor de 7°C. A temperaturas medias por debajo de los 21°C, el cocotero no florece. Florida es la latitud mayor en que se cultiva el cocotero con éxito y la temperatura media es de 24.7°C, el mes más frío tiene 19.8°C y el más caliente 27.5°C (Montaldo, 1982).

El óptimo es de 24 a 29°C. Crece en trópicos arriba de 1520 msnm si la temperatura media anual está entre 21 y 31°C. No florece o los cocos no se forman si la temperatura es menor que 20°C por un periodo de tiempo largo (Baradas, 1994).

Requiere una temperatura media cuando menos de 25°C (Ochse *et al.*, 1972).

La temperatura media más adecuada está entre 27 y 32°C, con un rango diurno de 7°C (Purseglove, 1985).

Temperatura anual promedio entre 27 y 35°C y poca variación diurna (Parrotta, 1993).

22 a 34°C, ausencia de temperaturas <15°C (Gomes y Prado, 2007).

La temperatura media anual óptima es 27°C, mínima de 20°C y máxima de 33°C (Balderas, 2010).

Precipitación (agua):

1300 a 2300 mm anuales. Poco tolerante a sequía, requiriendo un mínimo de lluvia mensual de 70 mm o una capa freática cercana. Cuando la sequía es prolongada, los efectos pueden persistir en los árboles por más de dos años y medio (Murray, 1977).

Prospera bien en lugares que no alcanzan los 1000 mm y donde se sobrepasan los 3000 mm anuales. En lugares donde no se acumulan los 1300 mm anuales se debe proporcionar riego. Si las precipitaciones son excesivas, el factor limitante es el drenaje (Robles, 1991).

Requiere un mínimo de 1500 mm anuales, aun cuando una cantidad menor puede ser suficiente si la capa freática está localizada favorablemente para la absorción de agua por las raíces en los periodos de sequía (Ochse *et al.*, 1972).

El rango de precipitación anual adecuado para un buen crecimiento está entre 1270 y 2550 mm. El cocotero no crece satisfactoriamente con menos de 1000 mm de lluvia al año, a menos que se provea riego o de un hábitat que suministre constantemente humedad subterránea. En regiones con precipitación anual superior a 2500 mm, el cultivo es factible sólo si se aseguran suelos con buen drenaje (Purseglove, 1985).

Óptima de 1500 mm bien distribuidos en el año, siendo ideal 150 mm mes⁻¹; periodos con <50 mm por tres meses perjudican. Produce desde 1300 a 2500 mm (Gomes y Prado, 2007).

1500 a 1800 mm bien distribuidos; a precipitaciones mayores, la limitante es el drenaje (Balderas, 2010).

Para plantas con una altura promedio 8 m, los coeficientes de cultivo (Kc) para las etapas de desarrollo inicial, intermedia y final son 0.95, 1.0 y 1.0, respectivamente (Allen *et al.*, 2006).

Humedad relativa:

Debido a que el cocotero se asocia con regiones costeras de los trópicos, se consideran requerimientos de alta humedad ambiental (Murray, 1977).

La humedad relativa del aire debe alcanzar de 80 a 90% en el año (Montaldo, 1982; Balderas, 2010).

Requiere condiciones de alta humedad relativa (Purseglove, 1985).

REQUERIMIENTOS EDÁFICOS

Profundidad de suelo:	<p>El cocotero necesita buena profundidad del suelo para la exploración de raíces (Murray, 1977). La profundidad mínima de suelo requerida es de 80 a 100 cm (Montaldo, 1982). Los suelos ondulados no son apropiados principalmente en zonas de clima monzónico (estaciones alternadas de lluvia intensa y sequía) (Ochse <i>et al.</i>, 1972).</p>
Textura:	<p>El cocotero crece sobre arenas de playas, siempre que existan tierras altas o pantanos detrás de ellos, en las que la lenta percolación de agua hacia el mar le suministre nutrientes, aunque los mejores suelos son ricos depósitos aluviales, de textura limosa o arenas finas con buen drenaje interno, pues no tolera inundaciones de ninguna duración (Murray, 1977). Prefiere suelos sueltos con alto contenido de arena y materia orgánica. No son aptos los suelos arcillosos (Robles, 1991), a menos que haya riego. Suelos con texturas livianas (francas a arenosas), aluviales, profundos, con capa freática superficial (Granados y López, 2002; Balderas, 2010).</p>
Drenaje:	<p>Requiere suelos aireados y con muy buen drenaje (Murray, 1977; Montaldo, 1982). Prospera en suelos con buen drenaje, aireados y con constante suministro de humedad subterránea. Estas características se reúnen en los suelos costeros, lo cual explica la proliferación de esta especie en este tipo de hábitats. Áreas similares se pueden encontrar en terrenos de pendiente suave en las faldas de volcanes (Purseglove, 1985). No resiste inundaciones (Baradas, 1994). Se requiere buen drenaje, sobre todo a precipitaciones >1800 mm (Balderas, 2010).</p>
pH:	<p>Prospera en un amplio rango de pH, desde un poco menos de 8.0 en arenas derivadas de corales, a menos de 5.0 en arcillas ácidas. A pH de 8.0 hay evidencias que el Hierro es indispensable para la planta. A pH bajo puede ocurrir anomalía en el crecimiento por una posible toxicidad por Aluminio o Manganeso (Murray, 1977). Su rango de pH está entre 4.5 y 8.7 con un óptimo alrededor de 6.0 (FAO, 1994). 5.0 a 8.0 (Purseglove, 1985). 5.5 a 8.0 (Parrotta, 1993; Granados y López, 2002). 5.5 a 7.5 (Balderas, 2010).</p>
Salinidad/Sodicidad:	<p>Presenta alta tolerancia a sales (Murray, 1977). No soporta índices elevados de Sodio (Montaldo, 1982). Puede tolerar agua con alta concentración de sales (Ochse <i>et al.</i>, 1972). Puede tolerar condiciones salinas debido a su estructura radicular (Purseglove, 1985). Tolera inundaciones de agua salada por cortos periodos de tiempo (Parrotta, 1993).</p>

Fertilidad y química del suelo:

Con aplicaciones altas de K se ha encontrado un efecto antagónico con Mg y Na (Khan *et al.*, 1986).

Niveles críticos foliares de N-P-K-Mg-Ca-Na-Cl-S (%): 1.7-2.1, 0.12-0.13, 0.8-1.1, 0.26-0.35, 0.30-0.50, 0.1-0.2, 0.37-0.60, 0.13-0.17, respectivamente. Tiene alta demanda de Cloro. Los rangos de suficiencia para micronutrientes B-Fe-Mn-Zn-Cu (ppm) son: 8-11, 40-115, 60-120, 60, 12-13, respectivamente (Magat, 1979; Reddy *et al.*, 2002; Magat; citado por Magat, 2013).

Producir 50 nueces año⁻¹ requiere en g árbol⁻¹ de N-P-K-Mg: 480, 55, 900, 180, respectivamente. El orden de requerimientos en plantas jóvenes es N>P>K>Mg; mientras que en plantas adultas es K>Mg>N>P (Magat; citado por Magat, 2013).

CARACTERÍSTICAS DE RESPUESTA AL CAMBIO CLIMÁTICO

Captura de carbono:

En un sistema agrosilvopastoril cocotero-*Leucaena leucocephala* Var. Cunningham sembrada en alta densidad y *Penisetum purpureum* Cuba CT-115, el secuestro de carbono ascendió a 101.19, 109.73, 122 y 128.62 t C ha⁻¹ año⁻¹, con 0, 40, 60 y 80 mil plantas de leucaena, siendo el cocotero el que más carbono secuestró con 60 a 80% de las cantidades señaladas anteriormente (Anguiano *et al.*, 2013).

Resistencia a sequía:

Soporta condiciones de sequía extrema por cortos periodos; estaciones secas de 5 a 6 meses afectan la producción por varios años después (Parrotta, 1993).

Las plantas presentan mecanismos de evasión y tolerancia a sequía, el primero reduce la hidratación de los tejidos, el área de transpiración, el ciclo de desarrollo, se expande el sistema de raíces y se controla la pérdida de agua por regulación estomatal. En el segundo, el ajuste osmótico induce el cierre estomático aumentando el contenido de ácido abscísico en los tejidos de las hojas (Repellin *et al.*, 1994). La sequía es una de las principales limitantes para crecimiento y producción. Existen genotipos sensibles y tolerantes a sequía identificados por potencial hídrico foliar y su desempeño estomático (Lakmini *et al.*, 2006; Gomes y Prado, 2007).

La productividad en áreas de temporal es 50% menos que bajo riego. El estrés por sequía afecta más en primordio floral, que en desarrollo ovárico y fructificación. Se identificó que la cruz de híbridos con genotipos altos como palmas madres tiene mayor tolerancia a sequía que la cruz de híbridos con enanos como progenitores madre. Se determinó además que la heterosis es una característica deseable para la tolerancia (Rajagopal *et al.*, 2005; Kumar *et al.*, 2006).

Tolerancia a altas temperaturas:

Altas temperaturas, por arriba de su umbral máximo de desarrollo, es uno de los principales factores limitantes de su crecimiento y producción (Lakmini *et al.*, 2006). Sin embargo, se considera una especie tolerante al calor, ya que puede tolerar temperaturas hasta de 45°C (Yamada *et al.*, 1996).

COL



CARACTERÍSTICAS DESCRIPTIVAS

Nombre científico:	<i>Brassica oleracea</i> L. Var. Capitata.
Nombres comunes:	Col, repollo.
Familia:	Brassicaceae (Cruciferae).
Origen:	Región Mediterránea de Europa Occidental (Huerres y Carballo, 1988).
Distribución:	60° LN a 55° LS.
Adaptación:	Regiones templadas y zonas subtropicales con invierno definido.
Ciclo de madurez:	100 – 150 días (Doorenbos y Kassam, 1979).
Tipo fotosintético:	C ₃ .

REQUERIMIENTOS CLIMÁTICOS

Altitud:	800 a 2,800 m, con un óptimo entre 1500 y 2000 m (Benacchio, 1982).
Fotoperíodo:	Requiere de días largos para inducción de la floración (Doorenbos y Kassam, 1979).
Radiación (luz):	Es una planta exigente en luz, sobre todo al establecer los semilleros. Cuando se ha formado el sistema foliar completo, los requerimientos de luz son menores. En general se requieren 20,000 lux para un buen crecimiento de las hojas (Huerres y Carballo, 1988).

Temperatura:

El crecimiento ocurre entre temperaturas ligeramente arriba de 0°C y los 25°C, con un rango óptimo de 15-24°C. La col resiste temperaturas hasta de -6°C y acelera su floración a temperaturas por debajo de los 10°C (Santibáñez, 1994).

Rango, 5-30°C, con un óptimo entre 15.5 y 18°C; la media máxima no deberá superar los 24°C (Benacchio, 1982). Temperaturas mayores a 30°C son desfavorables. La temperatura más favorable para germinación es de 18-20°C (Huerres y Caraballo, 1988).

Rango, 10-24°C, con un óptimo de 15 a 20°C. Resiste periodos cortos de heladas entre -6 y -10°C (Doorenbos y Kassam, 1979).

La temperatura de congelación está entre -10 y -15°, mientras que la temperatura para crecimiento cero es 3-5°C y la temperatura para crecimiento óptimo es 13-18°C. El mínimo y máximo para desarrollo son 6 y 30°C, respectivamente; en tanto que para la germinación, la mínima, óptima y máxima son 5-8°C, 20-25°C y 30-35°C, respectivamente (Yuste, 1997a).

Se adapta a ambientes frescos (16 a 20°C), con alta humedad, generalmente irrigados (IFA, 1992).

Precipitación (agua):

Requiere entre 380 y 500 mm de agua por ciclo vegetativo. En condiciones de una evapotranspiración de 5 a 6 mm día⁻¹ el ritmo de absorción de agua por cultivo comienza a descender cuando el agua disponible en el suelo se ha agotado alrededor de un 35% (Doorenbos y Kassam, 1979).

900-1200 mm. Sin embargo, por ser una planta altamente exigente en agua, es preferible cultivarla bajo riego. El periodo crítico por exigencia de agua es la formación y alargamiento de la cabeza (Benacchio, 1982).

El consumo de agua por la planta en fase de repollo es de 4 mm por día por planta, medido sobre la base de la transpiración, lo que equivale a 120 mm por mes, distribuidos de forma que la humedad del suelo no llegue a menos del 50% de la capacidad de campo (Halle, citado por Huerres y Caraballo, 1988).

De acuerdo con Allen *et al.* (2006), los coeficientes de cultivo para las etapas inicial, intermedia y final de desarrollo en plantas de 40 cm de altura son 0.7, 1.05 y 0.95, respectivamente.

Humedad relativa:

La col es exigente en humedad del aire debido a su desarrollo foliar, por lo que el riego por aspersion es más favorable debido al refrescamiento que produce en las hojas, disminuyendo la transpiración (Huerres y Caraballo, 1988).

El óptimo de humedad relativa se encuentra entre 60 y 90% (Doorenbos y Kassam, 1979).

Las condiciones de conservación en cámara frigorífica son 0°C y 90-95% de humedad relativa; de esta forma la col puede conservarse por 20-90 días (Yuste, 1997a).

REQUERIMIENTOS EDÁFICOS

Profundidad de suelo:	Se requiere una profundidad de suelo mínima efectiva de 25-35 cm (Aragón, 1995). La mayoría de las raíces se encuentran en la capa superior de suelo de 0.4 a 0.5 m de profundidad. Normalmente el 100% del agua se extrae de esta capa (Doorenbos y Kassam, 1979).
Textura:	Requiere suelos de textura franca o franca-limosa, pero bien drenados (Benacchio, 1982). Prefiere suelos de textura limo-arenosa (IFA, 1992). Para producción temprana y embarque a grandes distancias, se cultiva en migajones arenosos bien drenados. Para producir y almacenar, elaborar colácida o para encurtir, se cultiva en migajones limosos, bien drenados y en migajones arcillosos (Aragón, 1995).
Drenaje:	Requiere de suelos con buen drenaje (Doorenbos y Kassam, 1979).
pH:	El pH apropiado para este cultivo está entre 6.5 y 7.5 (Huerres y Caraballo, 1988). El pH óptimo está entre 6 y 6.5 (Doorenbos y Kassam, 1979). No tolera suelos ácidos (IFA, 1992). Su rango de pH está entre 5.5 y 7.6 con un óptimo de 6.4 (FAO, 1994).
Salinidad/Sodicidad:	Es medianamente tolerante a la salinidad (Benacchio, 1982). La disminución del rendimiento para distintos niveles de conductividad eléctrica es la siguiente: 0% para 1.8 dS m ⁻¹ ; 10% para 2.8 dS m ⁻¹ ; 25% para 4.4 dS m ⁻¹ ; 50% para 7.0 dS m ⁻¹ y 100% para 12.0 dS m ⁻¹ (Doorenbos y Kassam, 1979; Ayers y Westcot, 1985).
Fertilidad y química del suelo:	Para producir 29 t ha ⁻¹ , se requiere un promedio de 121, 32, 106, 5, 21 y 21 kg ha ⁻¹ de N, P ₂ O ₅ , K ₂ O, MgO, CaO y S, respectivamente (IFA, 1992). Se estima que en una hectárea de cultivo de col se extraen 200-300 kg N, 85-100 kg P ₂ O ₅ , 250-500 kg K ₂ O. Además este cultivo tiene altas necesidades en Boro y no tolera la falta de Manganeso en el suelo (Yuste 1997a).

CARACTERÍSTICAS DE RESPUESTA AL CAMBIO CLIMÁTICO

Respuesta a ambientes enriquecidos de CO₂:	A una presión parcial ambiental de 950 μbar CO ₂ , se incrementó el peso seco de la hoja (g m ⁻²) en 72%, con relación a 300 μbar CO ₂ . Sin embargo, se redujo el contenido de nitrógeno por área (mmol m ⁻²) en 25%, el contenido de clorofila en hojas (μmol m ⁻²) en 35%, y, el contenido de rubisco en hojas (Sage <i>et al.</i> , 1989). Elevado CO ₂ (800 ppm) no afecta metabolitos primarios pero sí aumenta significativamente el contenido de glucosinolato (Klaiber <i>et al.</i> , 2013). En relación con esto, la colonización de plantas de col por parte del pulgón <i>Brevicoryne brassicae</i> se
--	---

reduce en 15 y 26% con exposiciones de 6 y 10 semanas a 800 ppm de CO₂, respectivamente (Klaiber, 2013). La emisión de compuestos orgánicos volátiles como respuesta al ataque de herbívoros masticadores de la hoja, no se altera por el incremento de CO₂ (720 μmol mol⁻¹) (Vuorinen *et al.*, 2004).

Respuesta a ozono:

Se produce una disminución en todos los parámetros de fluorescencia de la clorofila (Calatayud y Barreno, 2004). La exposición de plantas de col a ozono, causa una modificación de los parámetros de la clorofila a, e incrementa la peroxidación de lípidos y una fuga de solutos. Además decrece el transporte de electrones a través del fotosistema II (Calatayud *et al.*, 2002).

Resistencia a sequía:

Es muy sensible a la sequía. Necesita humedad constante en el suelo (Yuste, 1997a).

Tolerancia a altas temperaturas:

Prefiere ambientes frescos, no tolera temperaturas promedio mayores a 24°C (Macgillivray, 1961), aunque las variedades de primavera/verano son resistentes a altas temperaturas (Yuste 1997a).

COLIFLOR



CARACTERÍSTICAS DESCRIPTIVAS

Nombre científico:	<i>Brassica oleracea</i> L. Var. Botrytis.
Nombres comunes:	Coliflor.
Familia:	Brassicaceae (Cruciferae).
Origen:	Región Mediterránea (Benacchio, 1982).
Distribución:	50° LN a 45° LS (Benacchio, 1982).
Adaptación:	Regiones templadas, regiones subtropicales con estación fresca durante el año.
Ciclo de madurez:	45 a 60 días después del trasplante (Benacchio, 1982).
Tipo fotosintético:	C ₃ .

REQUERIMIENTOS CLIMÁTICOS

Altitud:	600 a 2500 m (Benacchio, 1982).
Fotoperíodo:	Se considera una planta de día neutro (FAO, 1994).
Radiación (luz):	Prefiere baja luminosidad (Yuste, 1997a).
Temperatura:	Rango 10-30°C; la temperatura media óptima está entre 15.5 y 18°C; la media máxima no debería superar los 24°C. La etapa de maduración debería coincidir con un periodo relativamente frío, ya que las temperaturas altas causan el desarrollo de los tallos florales y reducen el crecimiento de la parte comestible (Benacchio, 1982).

El punto de congelación se alcanza a -10°C , mientras que el crecimiento cero se encuentra entre 3 y 5°C . La mínima y máxima de desarrollo se sitúan en 6 y 30°C , respectivamente y el óptimo de crecimiento se alcanza a $16-18^{\circ}\text{C}$. La mínima para germinación está entre 6 y 8°C y la máxima entre 30 y 35°C , con un óptimo de $18-25^{\circ}\text{C}$ (Yuste, 1997a).

Se considera un cultivo de estación fría, la temperatura óptima de crecimiento es de cerca de 17°C , pero también tolera temperaturas bastante bajas.

Precipitación (agua):

800 a 1200 mm. Al igual que el repollo (col), la coliflor es bastante exigente en humedad y se cultiva preferentemente bajo riego. En esta especie no hay etapas críticas por exigencia de agua y se requiere humedad por arriba del 50% de capacidad de campo desde la siembra hasta la cosecha (Benacchio, 1982).

De acuerdo con Allen *et al.* (2006), los coeficientes de cultivo para las etapas inicial, intermedia y final de desarrollo en plantas de 40 cm de altura son 0.7, 1.05 y 0.95, respectivamente.

Humedad relativa:

Prefiere humedad atmosférica moderadamente alta (Benacchio, 1982).

Las condiciones de conservación en cámara frigorífica son 0 a 1°C y 90-95% de humedad relativa (Yuste, 1997a).

REQUERIMIENTOS EDÁFICOS

Profundidad de suelo:

Requiere suelos de mediana profundidad (FAO, 1994), con un mínimo de profundidad efectiva de 40 a 60 cm.

Textura:

Prefiere suelos de textura ligera; franca o franca-limosa (Yuste, 1997a; Benacchio, 1982).

Drenaje:

Requiere suelos con buen drenaje (FAO, 1994).

pH:

El rango de pH para esta especie es de 6.0 a 7.5, con un óptimo de 6.0 a 6.8 (Benacchio, 1982).

Rango 4.5 a 8.0, con un óptimo de 6.5 (FAO, 1994).

El óptimo de pH está entre 6.0 y 6.5 (Yuste, 1997a).

Se adapta a un pH del suelo desde 5.5 a 7.5 (IFA, 1992).

Salinidad/Sodicidad:

Medianamente tolerante a la salinidad (Yuste, 1997a).

Tolera suelos salinos (IFA, 1992).

Fertilidad y química del suelo:

Se reportan requerimientos del orden de 175 kg N, 60 kg P_2O_5 , 200 kg K_2O , 25 kg MgO, 115 kg CaO, 45 kg S ha^{-1} (IFA, 1992).

CARACTERÍSTICAS DE RESPUESTA AL CAMBIO CLIMÁTICO

Respuesta a ambientes enriquecidos de CO₂:	Daño por elevado CO ₂ puede no expresarse visualmente y volverse evidente después de la cocción, cuando las inflorescencias se vuelven grisáceas, extremadamente blandas y emiten un fuerte olor.
Captura de carbono:	Bajo una densidad de plantación de 3.5 plantas m ⁻² , los valores de carbono y CO ₂ por planta para las distintas partes de ésta son: 7.9 y 29.0 g, respectivamente, en raíz; 8.7 y 31.9 g en tallo; 45.7 y 167.6 g en hojas; 31.1 y 114 g en inflorescencia; para un total por planta de 93.4 g C y 342.5 g CO ₂ (Mota, 2011).
Respuesta a ozono:	La biomasa de flores de coliflor se incrementó significativamente en el tratamiento de +80 ppb de ozono sobre la concentración ambiental (Sanz <i>et al.</i> , 2001).
Resistencia a sequía:	No tolera sequía en ninguna de sus etapas de desarrollo, ya que es un cultivo que requiere mucha humedad durante todo su ciclo de vida. Es un cultivo que no resiste la sequía, aún periodos cortos de sequía afectan significativamente el desarrollo. El uso de acolchados puede ayudar a conservar agua y evitar la ocurrencia de sequía en el cultivo.
Tolerancia a altas temperaturas:	Temperaturas por arriba de los 25-30°C le resultan perjudiciales a este cultivo.

DURAZNO



CARACTERÍSTICAS DESCRIPTIVAS

Nombre científico:	<i>Prunus persica</i> (L.) Batsch.
Nombres comunes:	Durazno, melocotón.
Familia:	Rosaceae.
Origen:	China (Childers, 1978).
Distribución:	25° a 45°LN y LS (Childers, 1978). 45° LN a 40°LS (Benacchio, 1982).
Adaptación:	Zonas templadas, aunque se ha visto que logra aclimatarse en otras regiones como las subtropicales (González, 1984).
Ciclo de madurez:	Perenne.
Tipo fotosintético:	C ₃ .

REQUERIMIENTOS CLIMÁTICOS

Altitud:	1600 a 2700 m; aunque en ciertas áreas se cultiva a 1000 m (Benacchio, 1982). En regiones subtropicales el durazno se localiza entre 1400 y 2500 msnm, con un mayor número de plantaciones localizadas entre los 1900 y 2350 m (Coria <i>et al.</i> , 2005).
Fotoperíodo:	Se considera una planta de día neutro (FAO, 1994). El duraznero es una planta de día neutro (entre 10 y 14 horas luz) (CF, 2008).

Radiación (luz):

Aunque una alta insolación favorece la maduración y calidad de los frutos, en el periodo de inducción floral y pre-floración, una atmósfera nublada y brumosa es favorable, porque reduce los requerimientos de frío (Benacchio, 1982). La exposición a la luz incrementa tanto el número de brotes como el peso seco por brote (Gordon *et al.*, 2006).

Temperatura:

Es una de las especies de clima templado más susceptibles al daño de las heladas invernales. Las regiones donde las temperaturas mínimas de -28 a -30°C son comunes, no son aptas para este cultivo. La lenta o insuficiente acumulación de frío, que impide la rápida brotación del duraznero, puede ser una situación benéfica para el escape de heladas primaverales tardías (Santibáñez, 1994).

La temperatura base para la etapa de desarrollo del fruto está entre 2.5 y 4.5°C (Muñoz *et al.*, 1986).

Aplicaciones de Ethepon en otoño retrasan la floración en primavera e incrementan la resistencia de los botones en dormancia al daño por heladas (Gianfagna *et al.*; citados por Santibáñez, 1994).

Después de la polinización, temperaturas entre -1 y -1.5°C pueden dañar el primordio de la semilla y, a temperaturas de entre -3 y -4.5°C , más del 75% de los pequeños frutos pueden morir (Ryabova; citado por Santibáñez, 1994).

Requiere de 400 a 1000 horas frío (Westwood, 1978).

Existen cultivares de bajo requerimiento de frío (<400 HF), de mediano requerimiento (400-650 HF) y alto requerimiento de frío (>750 HF). Ejemplos de estos tres grupos son: Tetela (20 HF), Flordaprince (150 HF) y Desert Gold (350 HF) para el primero; Criollo Bajío (500 HF), Río Grande (450 HF) y Spring Time (650 HF) para el segundo grupo y, Elberta (850 HF), Red Haven (850 HF) y Baby Gold (800 HF) para el tercer grupo (Díaz, 1987).

En cuanto a requerimientos de frío de genotipos criollos mexicanos, los criollos de Zacatecas requieren de 250 a 650 HF, los criollos de Aguascalientes de 250 a 450 HF, los de Guanajuato y Michoacán de 150 a 450 HF, los de Morelos y Estado de México de 150 a 450 HF, los de Puebla y Veracruz de 100 a 600 HF, los de Oaxaca de 250 a 450 HF y los de Chiapas de 150 a 450 HF (Pérez, 1995).

El durazno criollo cultivado bajo condiciones de temporal en el estado de Zacatecas, México, requiere en promedio 550 unidades frío (UF; Método de Richardson). Con base en este parámetro (UF) y el cociente precipitación/evaporación (PE), el rendimiento (R) de este durazno criollo puede ser estimado mediante la ecuación:

$$R = -11.34 + 0.038UF + 0.02PE - 0.000024UF^2 - 0.000085PE*UF - 0.000012PE^2 \text{ (Rumayor et al., 1998).}$$

Warner (1998) reporta un requerimiento de frío para el durazno de 300 a 1200 UF, con base en 69 colectas de esta especie. Temperaturas de 18°C en adelante durante el periodo de reposo invernal, contribuyen a la desacumulación de frío, retrasando así la terminación de dicho periodo y la brotación en primavera (Erez *et al.*, 1979).

Las temperaturas óptimas durante el periodo estival van de 22 a 26°C (Yuste, 1997b).

Antes de entrar en dormancia, la madera del árbol sufre daños a partir de los -17°; mientras que ya en dormancia la madera se daña a -26°C (Ashworth *et al.*, 1983).

La temperatura base y el requerimiento térmico para desarrollo de fruto, es decir, para la etapa fin de floración-cosecha comercial, son 2.5 a 4.4°C y 1028 a 1432 grados-día, respectivamente (Muñoz *et al.*, 1986).

En el estado de Michoacán, la zona productora de durazno tiene una temperatura media anual que oscila entre 12 y 22°C, con la mayor concentración de huertas en el estrato de 14 a 16°C, siguiéndole los estratos de 16 a 18 y 18 a 20°C (Coria *et al.*, 2005).

Precipitación (agua):

Aunque se cultiva mayormente bajo riego, existen zonas productoras bajo condiciones de temporal (Rumayor *et al.*, 1998).

Requiere de 1200 a 1800 mm anuales para la obtención de altos rendimientos (Benacchio, 1982).

De acuerdo con Allen *et al.* (2006), para plantas con una altura promedio de 3 m, antes de perder la hoja, en huertos sin cobertura vegetal y con presencia de heladas, los coeficientes de cultivo para las etapas inicial, intermedia y final de desarrollo, son 0.45, 0.9 y 0.65, respectivamente. En tanto que bajo las mismas condiciones pero sin presencia de heladas los Kc son 0.55, 0.9 y 0.65. Para el caso de huertas con cobertura vegetal y con presencia de heladas los Kc varían a valores de 0.5, 1.15 y 0.9, mientras que en huertas con cobertura vegetal y sin presencia de heladas, los Kc son 0.8, 1.15 y 0.85.

Humedad relativa:

Una humedad atmosférica alta disminuye los requerimientos de frío (Benacchio, 1982).

REQUERIMIENTOS EDÁFICOS

Profundidad de suelo:

Requiere suelos profundos (Teskey y Shoemaker, 1972), mayores a 1.8 m de espesor.

La planta de durazno requiere de suelos profundos (CF, 2008).

Textura:

Son favorables suelos francos, franco-arenosos, franco-arcillosos (Zegbe *et al.*, 1988).

Desarrolla en suelos con textura de ligera a media (FAO, 1994).

El 81% de las plantaciones de durazno en el estado de Michoacán, México, se encuentra localizado sobre un suelo tipo Andosol, mientras que el resto se localiza en suelos tipo Feozem, Vertisol, Luvisol, Litosol, Regosol y Acrisol (Coria *et al.*, 2005).

Drenaje:	<p>Huertas localizadas en laderas de montañas o colinas con una pendiente moderada, tienen las mejores condiciones, ya que en las partes bajas de los valles o en terrenos planos se pueden presentar daños por heladas (Teskey y Shoemaker, 1972).</p> <p>Son recomendables los sitios con buen drenaje de aire (Childers, 1978). El duraznero debe estar libre de problemas de drenaje de suelo, tanto superficial como internamente. La humedad excesiva del suelo limita severamente el cultivo, aunque sea por un periodo corto de tiempo (CF, 2008).</p>
Exposición de terreno:	<p>Se recomienda instalar las líneas de árboles con una orientación de Norte a Sur, para que las hojas y los frutos tengan una buena insolación. La pendiente recomendable en huertas es de 0-27% (Coria <i>et al.</i>, 2005).</p>
pH:	<p>4.5 a 7.5, desarrollando mejor en el rango de 6.5 a 7.5. No tolera alcalinidad (Benacchio, 1982).</p> <p>Su rango de pH es 4.5 a 8.3, con un óptimo de 6.3 (FAO, 1994).</p> <p>El duraznero prospera en pH de 6.0 a 7.5, aunque en Zacatecas los árboles de durazno han sido localizados en suelos con pH de entre 5.6 y 7.9 (Zegbe <i>et al.</i>, 2005).</p>
Salinidad/Sodicidad:	<p>No tolera salinidad, ya que se ve afectado aún a concentraciones menores a 0.5 g l⁻¹ de NaCl (Yuste, 1997b).</p> <p>Se considera ligeramente tolerante a la salinidad (FAO, 1994).</p> <p>Para que el rendimiento del durazno no se afecte, la máxima conductividad eléctrica del suelo deberá ser de 1.7 dS m⁻¹; en tanto, que si su valor es de 2.2, 2.9, 4.1 o 6.5 dS m⁻¹, el rendimiento se reduce en un 10, 25, 50 y 100% (Ayers y Westcot, 1985).</p>
Fertilidad y química del suelo:	<p>En el primer año, aplicar 50 gramos de Nitrógeno árbol⁻¹ año⁻¹ al momento de la plantación, otra cantidad igual dos meses después y otros 50 gramos tres meses después de la plantación. Al segundo año, aplicar una mezcla por árbol por año de 75 g de Nitrógeno, 23 g de Fósforo (P₂O₅) y 25 g de Potasio (K₂O) en aplicaciones bimestrales a través de todo el año, empezando al inicio de la brotación en el mes de febrero. En el tercer año, aplicar la mezcla árbol⁻¹ año⁻¹ de 100 g de N, 46 g de P₂O₅ y 50 g de K₂O antes de la floración, repitiendo la aplicación a la caída de los pétalos y después de la cosecha. En el cuarto año, aplicar la mezcla árbol⁻¹ año⁻¹ de 150 g de N, 69 g de P₂O₅ y 100 g de K₂O. En el quinto año, aplicar 175 g de N, 69 g de P₂O₅ y 150 g de K₂O. Para árboles de seis años o mayores, aplicar 200 g de N, 69 g de P₂O₅ y 200 g de K₂O. Las fórmulas recomendadas después del cuarto año, deben aplicarse en las mismas épocas sugeridas a árboles de tres años. Una vez iniciada la producción de fruta, se recomienda realizar tres aplicaciones: la primera con todo el P₂O₅, todo el K₂O y un tercio del N un mes antes de la floración, la segunda con otro tercio del N al término de la caída de los pétalos y la última aplicación con el resto del N al término de la cosecha (Pérez, 1990; Mendoza y Larios, 1993).</p>

CARACTERÍSTICAS DE RESPUESTA AL CAMBIO CLIMÁTICO

Respuesta a ambientes enriquecidos de CO₂:

La producción de durazno probablemente se incrementará a medida en que la concentración de CO₂ en la atmósfera siga aumentando (Centritto *et al.*, 2002).

Plántulas de durazno a 700 ppm de CO₂ generaron 33% más materia seca que plántulas a 350 ppm; lo anterior debido principalmente a la producción de plántulas más altas. La conductancia estomática no es afectada por el CO₂ elevado ni en condiciones de buena irrigación ni con pobre suministro de agua; como consecuencia de esto y en combinación con un incremento de la tasa de asimilación de CO₂, se produjeron grandes incrementos en la tasa intrínseca de eficiencia en el uso del agua (Centritto, 2002).

Captura de carbono:

La cantidad total de carbono por árbol es de 13,574 g, en donde el fruto con 3,833 g, raíz con 4,721 g, hojas con 2,209 g, tronco con 1,782 g y ramas con 1,029 g, representan las partes de la planta con las mayores cantidades de carbono. La cantidad total de CO₂ capturada por árbol es de 49,771 g (Mota *et al.*, 2011).

En árboles de un año, el carbono fijado es primeramente acumulado en las estructuras permanentes de la biomasa aérea, como las ramas y el tronco y considerablemente menos en el sistema radical. El carbono acumulado en ramas, tronco, muñones y raíces de árboles de durazno, se incrementa cada año con porcentajes promedio de 61.3 y 63.7% del total de CO₂ fijado. El carbón fijado en hojas de árboles jóvenes y maduros suele ser removido y colocado en el suelo de la huerta contribuyendo a la producción de humus. Ejemplificando el comportamiento del carbono en el suelo está el coeficiente de mineralización, el cual es de 0.024 por año y la cantidad de CO₂ liberado por la mineralización del SOC (carbono orgánico del suelo) es de 1.57 t ha⁻¹año⁻¹ (Sofa *et al.*, 2005).

Tiene potencial para secuestrar carbono (COLPOS, 2013).

Respuesta a ozono:

De acuerdo con la respuesta observada en la tasa de asimilación de CO₂, conductancia estomatal y tasa de crecimiento relativo, el durazno no es afectado por incrementos en la presión parcial del O₃ (Retzlaff, 1991).

El O₃ no funciona para prevenir el decaimiento en duraznos (Palou *et al.*, 2002).

Resistencia a sequía:

El estrés hídrico induce reducciones en el peso fresco del fruto del durazno. El peso seco de fruto no es reducido por estrés hídrico en árboles que tienen de ligera a moderada carga de frutos. Los árboles en estrés hídrico con carga abundante de frutos, reducen significativamente el peso seco de fruto debido a limitaciones en la fuente de carbohidratos, resultantes de largas demandas de carbono y limitaciones por estrés hídrico en fotosíntesis (Berman y De Jong, 1996).

La sequía disminuye la fotosíntesis en durazno (Kramer, 1983).

Tolerancia a altas temperaturas:

Existe la posibilidad de que las necesidades hídricas del durazno se incrementen con el cambio climático, particularmente se tendría mayor déficit de agua en algunos meses y en otros pudieran presentarse excesos (Rumayor *et al.*, 2009).

Para dar calidad al fruto, la planta de durazno requiere de abundante luz, aunque el tronco y las ramas son afectadas por una excesiva insolación, por lo que se recomienda blanquearlas y/o realizar una poda adecuada (SDARH, 2008).

El incremento de la temperatura y descenso en la humedad relativa, durante la etapa de polinización y fertilización, pueden afectar negativamente el amarre o cuajado del fruto (Rumayor *et al.*, 2009).

ESPÁRRAGO



CARACTERÍSTICAS DESCRIPTIVAS

Nombre científico:	<i>Asparagus officinalis</i> L.
Nombres comunes:	Espárrago.
Familia:	Liliaceae.
Origen:	Rumania (Font Quer, citado por González, 1984). Sur de Europa y Asia (Yuste, 1997a).
Distribución:	15° a 45° LN y LS.
Adaptación:	Regiones templadas, regiones tropicales de altura y regiones subtropicales con invierno definido. Se adapta bien a climatologías muy variadas, tanto tropicales como continentales (Yuste, 1997a).
Ciclo de madurez:	Ciclo de producción: 270 a 300 días (FAO, 1994). Planta perenne (Halfacre y Barden, 1992).
Tipo fotosintético:	C ₃ .

REQUERIMIENTOS CLIMÁTICOS

Altitud:	En regiones tropicales, de 1200 m en adelante. En regiones templadas desde el nivel del mar en adelante.
Fotoperíodo:	Existen tanto cultivares de día corto como de día largo (FAO, 1994).

Radiación (luz):

Prefiere ambientes soleados, pero también puede desarrollarse en condiciones de menor luminosidad (FAO, 1994). Su respuesta a la luz es la típica de una planta tolerante a la sombra. Se reporta un bajo punto de compensación ($15 \text{ a } 30 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) y un bajo punto de saturación ($200 \text{ a } 450 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) en su sistema fotosintético (Krarup y Krarup, 2002).

Temperatura:

La temperatura mínima para germinación está entre $6 \text{ y } 8^\circ\text{C}$, estando la máxima entre $35 \text{ y } 40^\circ\text{C}$ y la óptima entre $20 \text{ y } 25^\circ\text{C}$. Para la brotación de turiones se requieren temperaturas de $11\text{-}13^\circ\text{C}$ y para el crecimiento, el óptimo está entre $18 \text{ y } 25^\circ\text{C}$ (Yuste, 1997a).

A -1.5°C se presentan daños por heladas, aunque también se presentan daños cuando existe una exposición prolongada de la planta a temperaturas cercanas a 0°C . Después de la emergencia, la tasa de crecimiento depende de la temperatura del aire, aumentando de manera curvilínea entre $\pm 5^\circ\text{C}$ y 10°C y linealmente entre $10 \text{ y } 32^\circ\text{C}$, con variaciones reportadas en la literatura según cultivar, edad de la planta y largo del turión (Krarup y Krarup, 2002).

El crecimiento de los tallos se activa a partir de una temperatura del suelo de $12 \text{ a } 13^\circ\text{C}$ (Frenz y Minz; citados por Takatori, 1985).

La temperatura mínima para crecimiento es 10°C , con un rango óptimo de $15 \text{ a } 21^\circ\text{C}$. Se requiere una temporada fría de por lo menos 5 meses para la etapa de dormancia. La ausencia de una temporada de descanso reduce la vida productiva de las plantas (Giaconi; citado por Santibáñez, 1994).

En contraparte, se requiere de una estación de crecimiento de por lo menos 5 meses para una producción satisfactoria. En climas cálidos, el espárrago crece demasiado rápido y se estimula el desarrollo de estructuras vegetativas, lo cual lo torna no comestible (Santibáñez, 1994).

El espárrago es cultivado en forma comercial normalmente en áreas donde prevalecen temperaturas muy bajas durante los meses del invierno, por lo que las plantas entran en un periodo de dormancia. Sin embargo, parece que la dormancia no es un pre-requisito para que se produzca la floración (Takatori, 1985).

El rango térmico para crecimiento de esta especie es $6\text{-}38^\circ\text{C}$, con un óptimo alrededor de los 23°C (FAO, 1994).

Una vez cosechado, el espárrago es extremadamente perecedero, con lo que declina de manera considerable su calidad. Es necesario el hidrofriamiento y se debe mantener tan cerca de 0°C como sea posible durante su comercialización (Halfacre y Barden, 1992).

El espárrago es muy susceptible al daño por frío, cuando pasa 10 días a 0°C (Madakadze y Kwaramba, 2004).

Tolera condiciones climáticas extremas, pero requiere al menos de 12°C en el suelo con una óptima cerca de 25°C para producir brotes (IFA, 1992).

Precipitación (agua):	Normalmente se cultiva bajo condiciones de riego, sin embargo, se le cultiva bajo temporal; requiere de 300 a 4000 mm de lluvia anual, siendo el óptimo alrededor de los 990 mm (FAO, 1994). Para plantas con una altura promedio de 0.2 a 0.8 m, el coeficiente de cultivo (Kc) para la etapa inicial de desarrollo es 0.5. En esta etapa se hace la primera cosecha de espárrago. Para continuar con el rebrote se considera un Kc de 0.95, y para la etapa final de desarrollo se considera un Kc de 0.3 (Allen <i>et al.</i> , 2006).
Humedad relativa:	La humedad ambiental no es una variable muy importante para el desarrollo de esta especie, más bien debe procurarse regularidad en el contenido de humedad del suelo (Santibáñez, 1994). Después de la cosecha es necesario el almacenamiento bajo sistemas de hidrogenfriamiento (Halfacre y Barden, 1992). Las condiciones de conservación en cámara frigorífica son 0 a 1°C y 90-95% de humedad relativa (Yuste, 1997a).

REQUERIMIENTOS EDÁFICOS

Profundidad de suelo:	Requiere de suelos de mediana profundidad (FAO, 1994), con un mínimo de 50 cm de suelo.
Textura:	Prefiere suelos de textura media, como suelos francos, franco-arenosos y franco-arcillosos (FAO, 1994).
Drenaje:	Requiere suelos con buen drenaje (FAO, 1994).
pH:	El rango de pH para esta especie está entre 4.5 y 8.2, con un óptimo alrededor de 6.4 (FAO, 1994). 6 a 8 (Madakadze y Kwaramba, 2004). El pH óptimo es de 6 a 7 (Porta <i>et al.</i> , 1999).
Salinidad/Sodicidad:	Se considera un cultivo de alta tolerancia a la salinidad (Gostinçar, 1997; Aguilar, 2013). Es preferible un suelo con una salinidad inferior a 4 dS m ⁻¹ (Krarup y Krarup, 2002).
Fertilidad y química del suelo:	El espárrago extrae 85-100 kg de N, 40-60 kg de P ₂ O ₅ y 100-120 kg de K ₂ O (Yuste, 1997a).

CARACTERÍSTICAS DE RESPUESTA AL CAMBIO CLIMÁTICO

Respuesta a ambientes enriquecidos de CO₂:	Cuando la concentración de CO ₂ se incrementa en 300 y 600 ppm sobre la concentración actual, la fotosíntesis se incrementa en 25 y 75%, respectivamente (CSCDGC, 2013). El espárrago produce 10 g planta ⁻¹ de materia seca (Pertieira <i>et al.</i> , 2006), lo que a una densidad de 25,000 planta ha ⁻¹ (Castagnino <i>et al.</i> , 2012) producen apenas 250 kg ha ⁻¹ de materia seca. Si a esta cantidad se le aplica el factor de conversión de carbono de 0.47 (Montero <i>et al.</i> , 2004), entonces se tiene que el espárrago captura 117.5 kg de carbono ha ⁻¹ .
Resistencia a sequía:	Esta especie es tolerante a la sequía (Hackett y Carolane; citados por Santibáñez, 1994).

ESPINACA



CARACTERÍSTICAS DESCRIPTIVAS

Nombre científico:	<i>Spinacia oleracea</i> L.
Nombres comunes:	Espinaca.
Familia:	Chenopodiaceae.
Origen:	La espinaca fue introducida en Europa alrededor del año 1000 siendo procedente de las regiones asiáticas.
Distribución:	Latitudinalmente de distribuye hasta los 65° N y S (FAO, 2000). Se cultiva en China, Japón, Estados Unidos, Turquía, Bélgica, República de Corea, Francia, Italia, Indonesia, Pakistán, España, Alemania, Grecia, Países Bajos, México, Bangladesh, Portugal, Túnez, Perú, Austria, Hungría, República Checa y Australia.
Adaptación:	Se adapta a regiones con clima de tipo estepa o semiárido (BS), subtropical húmedo (Cf), subtropical con veranos secos (Cs), subtropical con inviernos secos (Cw), templado oceánico (Do), templado continental (Dc), templado con inviernos húmedos (Df) y templado con inviernos secos (Dw) (FAO, 2000).
Ciclo de madurez:	Anual. Ciclo del cultivo de 40 a 120 días (FAO, 2000).
Tipo fotosintético:	C ₃ .

REQUERIMIENTOS CLIMÁTICOS

Altitud:	Se puede cultivar hasta los 3600 msnm (FAO, 2000).
Fotoperíodo:	<p>Responde a días cortos, días neutros y días largos (FAO, 2000).</p> <p>Si el fotoperíodo se alarga (más de 14 horas luz) y existen temperaturas mayores a 15°C, las plantas pasan de la fase vegetativa a la de etapa de emisión de tallo y flores, reduciéndose la producción si persisten estas condiciones, debido a que la planta permanece poco tiempo en la fase de roseta y no alcanza un crecimiento adecuado.</p> <p>Es una planta de día largo. Requiere un mínimo de 14 horas luz (Persoglia, 2011).</p> <p>Muchos cultivares muestran una reacción fotoperiódica, ya que los días largos estimulan la floración (Casseres, 1980).</p>
Temperatura:	<p>Los rangos óptimos oscilan entre 13 y 20°C, con temperaturas mínimas extremas de 2°C y máximas extremas de 27°C (FAO, 2000).</p> <p>Puede llegar a soportar temperaturas por debajo de 0°C. Sin embargo, si éstas persisten por un tiempo considerable, originan lesiones foliares y se detiene el crecimiento. La temperatura mínima mensual de crecimiento es de aproximadamente 5°C. Temperaturas de 15 a 18°C inducen la floración (Persoglia, 2011).</p> <p>Prefiere climas frescos con temperaturas de 15 a 18°C, tolerando extremos promedio de 4 y 24°C (Casseres, 1980).</p> <p>Para la germinación, la temperatura mínima, óptima y máxima son 5-7, 15-18 y 25-30°C, respectivamente. La temperatura de congelación es de -5°C, mientras que la mínima, óptima y máxima para desarrollo son en ese orden 6, 15-25 y 30°C (Yuste, 1997a).</p>
Precipitación (agua):	<p>Requiere de 800 a 1200 mm para un crecimiento satisfactorio, pudiéndose desarrollar en regiones con precipitaciones anuales de 300 a 1700 mm (FAO, 2000).</p> <p>Para plantas con una altura promedio de 30 cm, el coeficiente de cultivo (Kc) para las etapas inicial, intermedia y final de desarrollo es 0.7, 1 y 0.95, respectivamente (Allen <i>et al.</i>, 2006).</p>
Humedad relativa:	Las condiciones de conservación en cámara frigorífica son 0°C y 90-95% de humedad relativa (Yuste, 1997a).

REQUERIMIENTOS EDÁFICOS

Profundidad de suelo:	Se desarrolla en suelos someros, con profundidades de 20 a 50 cm (FAO, 2000).
Textura:	Requiere de suelos con texturas medias y ligeras para desarrollo óptimo, además se puede desarrollar en suelos con texturas pesadas y suelos con gran cantidad de materia orgánica (FAO, 2000).
Drenaje:	Le son favorables suelos con buen drenaje (FAO, 2000).

pH:	pH óptimo de 6-7.5, pudiendo soportar valores extremos de 5.3 y 8.3 (FAO, 2000). En suelos ácidos con pH inferior a 6.5 se desarrolla mal, en suelos con un pH ligeramente alcalino, se produce el enrojecimiento del pecíolo y en suelos con pH muy elevado la planta se vuelve muy susceptible a la clorosis.
Salinidad/Sodicidad:	Presenta poca tolerancia a suelos salinos (FAO, 2000). De acuerdo con Ayers y Westcot (1985) la espinaca puede tolerar una conductividad eléctrica de hasta 2.0 dS m ⁻¹ sin afectaciones al rendimiento; sin embargo a 3.3, 5.3, 8.6 y 15 dS m ⁻¹ el rendimiento se reduce 10, 25, 50 y 100%. Tiene una alta tolerancia a la salinidad (Aguilar, 2013).
Fertilidad y química del suelo:	Este cultivo es muy exigente en nitrógeno.

CARACTERÍSTICAS DE RESPUESTA AL CAMBIO CLIMÁTICO

Respuesta a ambientes enriquecidos de CO₂:	Las plantas de espinaca cultivadas en ambientes con CO ₂ elevado (600 ± 50 μmol mol ⁻¹) mantienen una tasa fotosintética 65% mayor con relación a plantas cultivadas bajo CO ₂ ambiente (Jain <i>et al.</i> , 2007). La aplicación de óxido nítrico es una estrategia efectiva para incrementar la productividad vegetal aún más, en ambientes con CO ₂ elevado (Jin <i>et al.</i> , 2009).
Captura de carbono:	Con una producción de materia seca de 2 t ha ⁻¹ bajo cultivo orgánico (Chahua y Siura, 2006) y el factor de conversión a carbono (0.47% de materia seca; Montero <i>et al.</i> , 2004), se estima una captura de 0.940 t ha ⁻¹ año ⁻¹ de carbono.
Resistencia a sequía:	Se considera una especie moderadamente resistente a la sequía.
Tolerancia a altas temperaturas:	Temperaturas por arriba de 32-35°C pueden ser perjudiciales, dependiendo de las condiciones de humedad relativa y humedad del suelo.

FRAMBUESA



CARACTERÍSTICAS DESCRIPTIVAS

Nombre científico:	<i>Rubus idaeus</i> L.
Nombres comunes:	Frambuesa, frambuesa roja.
Familia:	Rosaceae.
Origen:	Zonas templadas del hemisferio norte (González, 1984).
Distribución:	30° a 45° LN y LS. 10° a 30° LN y LS en valles altos (González, 1984; Rodríguez y Avitia, 1984; Díaz, 1987).
Adaptación:	Regiones templadas, regiones tropicales de altura y regiones subtropicales con invierno definido.
Ciclo de madurez:	Semiperenne.
Tipo fotosintético:	C ₃ .

REQUERIMIENTOS CLIMÁTICOS

Altitud:	Mayor de 2000 m. Si se cultiva en regiones más bajas, se recomienda utilizar cultivares de bajo requerimiento de frío y la aplicación de compensadores de frío y hormonas de crecimiento (Rodríguez y Avitia, 1984).
-----------------	--

Fotoperíodo:	<p>El fotoperíodo tiene un efecto significativo sobre la floración del cultivar "Autumn Bliss". Sin embargo, no tiene efecto sobre el crecimiento vegetativo. Cuando el fotoperíodo se incrementa de 8 hasta 11-14 horas, los días a floración disminuyen. En tanto por arriba de 14 horas, la floración se retrasa (Carew <i>et al.</i>, 2003).</p> <p>Se considera una planta de día neutro (FAO, 1994).</p> <p>Con el aumento de la temperatura, la iniciación de capullos tiene un límite superior de temperatura de 15°C, y requiere de días cortos, mientras que a temperaturas aún más bajas (igual o menores a 12°C), la iniciación floral tiene lugar en días largos.</p>
Radiación (luz):	<p>Prefiere días despejados (Santibáñez, 1994).</p> <p>Se considera una planta de iluminación intensa a moderada (FAO, 1994).</p>
Temperatura:	<p>Es una especie de gran tolerancia a las heladas invernales (Santibáñez, 1994).</p> <p>El crecimiento se propicia a temperaturas entre 5 y 26°C, siendo el óptimo 20°C (FAO, 1994).</p> <p>Los requerimientos de frío van de 750 a 1700 horas por debajo de 7°C (Sudzuki, 1988).</p> <p>Las temperaturas por arriba de 40°C pueden dañar el fruto (Renquist <i>et al.</i>, 1989).</p> <p>Dentro de los cultivares de bajos requerimientos de frío (700 horas por debajo de 7°C) están MALLING EXPLOIT, MALLING JEWEL, HERITAGE, CITADEL (Díaz, 1987).</p> <p>En general los requerimientos de frío de la frambuesa van de 700 a 1700 horas por debajo de 7°C (Westwood, 1978).</p> <p>Durante la maduración del fruto requiere una estación cálida breve (Santibáñez, 1994).</p> <p>La producción exitosa de bastones largos de frambuesas, requiere de un programa de temperatura adecuada, que permita el crecimiento vegetativo y oportuna iniciación floral, lo que significa que las plantas no deben ser trasladadas fuera de un invernadero antes de que la temperatura haya aumentado al nivel de 12 a 15°C, para evitar el cese de crecimiento. En un clima templado, condiciones de temperatura y fotoperíodo decrecientes, causan iniciación floral y el cese de crecimiento en fructificación bienal de frambuesa (Sønsteby <i>et al.</i>, 2009a).</p> <p>Los cultivares de frambuesa Malling Exploit, Malling Jewel, Heritage y Cita requieren 700 horas frío (Díaz, 1987).</p> <p>Entre los 10 y 24°C la tasa relativa de crecimiento se incrementa linealmente, y, por arriba de 24°C, la tasa de crecimiento desciende (Carew <i>et al.</i>, 2003).</p>

- Precipitación (agua):** Le favorece desarrollarse en la época seca, por lo que se recomienda cultivarla bajo riego. Los ambientes nublados y lluviosos reducen el llenado de los frutos (Santibáñez, 1994).
Se puede cultivar con precipitaciones acumuladas de 300 a 1700 mm, durante el ciclo de desarrollo, siendo el óptimo 1000 mm (FAO, 1994).
Para arbustos con una altura promedio de 1.5 m, los coeficientes de cultivo (Kc) para las etapas de desarrollo inicial, intermedia y final son 0.3, 1.05 y 0.5, respectivamente (Allen *et al.*, 2006).
- Humedad relativa:** Prefiere una atmósfera seca (Santibáñez, 1994).

REQUERIMIENTOS EDÁFICOS

- Profundidad de suelo:** Requiere de un mínimo de 60 cm de suelo. Sin embargo, la frambuesa es más productiva en suelos más profundos (Rodríguez y Avitia, 1984).
- Textura:** Prefiere suelos de textura franca o franca-arcillosa (Rodríguez y Avitia, 1984).
- Drenaje:** Requiere suelos con buen drenaje (Rodríguez y Avitia, 1984).
- pH:** El pH debe estar en el rango de 5.5 a 7.0 (Rodríguez y Avitia, 1984).
Su rango de pH va de 4.5 a 7.8, con un óptimo alrededor de 6.2 (FAO, 1994).
En una textura de suelo de franco-arenosa a franco-limo-arenosa, el pH ideal es de 6.2 a 7.0, mientras que en una textura de franco-limosa a franco-arcillosa, el pH óptimo es de 5.8 a 6.8 (Hirzel, 2009).
- Salinidad/Sodicidad:** La conductividad eléctrica umbral es de 1 dS m⁻¹ a 25°C; a niveles de 1.4, 2.1 y 3.2 dS m⁻¹, la pérdida en rendimiento es de 10, 25 y 50%, respectivamente (Porta *et al.*, 1999).
No tolera salinidad, No tolera excesos de cloro, sodio ni suelos calcáreos (Rodríguez y Avitia, 1984).
- Fertilidad y química del suelo:** En suelos de textura franco-arenosa a franco-limo-arenosa, y en suelos de textura franco-limosa a franco-arcillosa, los contenidos ideales de nutrimentos en el suelo son los siguientes (cantidades por kg de suelo): Nitrógeno 15-30 mg y 20-40 mg, Fósforo >15 mg y >20 mg, Potasio 0.3-0.5 cmol(+) y 0.4-0.6 cmol(+), Calcio 7-10 cmol(+) y 8-12 cmol(+), Magnesio 1-1.5 cmol(+) y 1.2-2.0 cmol(+), Sodio 0.03-0.3 cmol(+) y 0.05-0.6 cmol(+), Azufre >8 mg y >8 mg, Hierro 2-4 mg y 2-10 mg, Manganeso 1-2 mg y 2-5 mg, Cobre 0.5-1 mg y 0.5-1 mg, Boro 0.8-1.5 mg y 1-2 mg (Hirzel, 2009).

CARACTERÍSTICAS DE RESPUESTA AL CAMBIO CLIMÁTICO

Respuesta a ambientes enriquecidos de CO₂:	<p>El enriquecimiento (1500 ppm) de CO₂ promueve el crecimiento de las plántulas de frambuesa, su enraizamiento, su supervivencia y su crecimiento inicial después del trasplante. El enriquecimiento de CO₂ también incrementó la apertura estomatal pero no incrementó el estrés hídrico al trasplante, con relación al cultivo a CO₂ ambiente; 340 ppm (Deng y Donnelly, 1993).</p> <p>A 436 ppm aplicados en túneles, el rendimiento y tamaño de la fruta se incrementaron 12 y 5%, respectivamente, con relación a las plantas cultivadas en CO₂ ambiente (Mochizuki <i>et al.</i>, 2010).</p>
Respuesta a ozono:	<p>No existe una respuesta significativa de la frambuesa a ozono, a una concentración de 0.12 ml l⁻¹ de O₃. Sin embargo a una concentración de 0.24 ml l⁻¹ de O₃, la variedad “Heritage” muestra una significativa reducción de la altura de la caña, el número de nodos, el diámetro de caña y el peso seco. Estos cambios son acompañados por una pérdida de 52% en rendimiento, causado principalmente por una reducción en el número de frutos. En contraste la variedad “Redwing” no es afectada ni en caracteres vegetativos ni en rendimiento (Sullivan <i>et al.</i>, 1994).</p>
Captura de carbono:	<p>Una producción normal de materia seca en frambuesa es de 9.3 a 10.4 t ha⁻¹ año⁻¹ (Ovalle <i>et al.</i>, 2007). Aplicando el factor 0.47 de conversión a carbono (Montero <i>et al.</i>, 2004), se tiene que la captura de carbono en frambuesa oscilaría entre 4.371 a 4.888 t ha⁻¹ año⁻¹.</p>
Resistencia a sequía:	<p>Entre los genotipos resistentes a sequía se encuentran Benenden=PI553318 (816.001), Latham=PI553564 (1200.001) y Marcy=PI553446 (377.002) (ARS, 2013).</p>
Tolerancia a altas Temperaturas:	<p>No se considera un cultivo tolerante a altas temperaturas. Por arriba de 24°C se aprecia un descenso en su tasa de crecimiento (Carew <i>et al.</i>, 2003).</p> <p>Temperaturas superiores a 30°C le perjudican significativamente en su crecimiento y calidad. Las temperaturas de 40°C o mayores pueden causar daños al fruto (Renquist <i>et al.</i>, 1989).</p>

FRESA



CARACTERÍSTICAS DESCRIPTIVAS

Nombre científico:	<i>Fragaria chiloensis</i> L.
Nombres comunes:	Fresa, frutilla.
Familia:	Rosaceae.
Origen:	Europa (Benacchio, 1982).
Distribución:	70° LN a 55° LS (Benacchio, 1982).
Adaptación:	Regiones templadas y subtropicales con invierno definido. En las regiones de clima mediterráneo, los cultivares de día corto se plantan en verano o en otoño; la floración ocurre en invierno y primavera; la cosecha empieza en primavera (IFA, 1992).
Ciclo de madurez:	Triannual.
Tipo fotosintético:	C ₃ .

REQUERIMIENTOS CLIMÁTICOS

Altitud:	800 a 2500 m (Benacchio, 1982).
Fotoperíodo:	El fotoperíodo y la temperatura controlan significativamente el crecimiento vegetativo y la floración (Santibáñez, 1994). Días largos y cálidos favorecen el crecimiento de la hoja y la formación de la guía (Heide, 1977). Días cortos, despejados y fríos favorecen la floración (Sudzuki, 1988).

La fresa de junio es una planta facultativa de día corto con iniciación floral a temperaturas de 15 a 25°C. A temperaturas más altas la floración se inhibe aún en días cortos. Debido a una pronunciada interacción del fotoperíodo con la temperatura, la iniciación floral también tiene lugar en muchos cultivares, incluso en días largos de 24 h si la temperatura está por debajo de 15°C (Sønsteby *et al.*, 2009b).

Radiación (luz):

Prefiere una condición media de iluminación (Yuste, 1997a). Prefiere áreas un poco sombreadas, pero para lograr frutos de calidad, la época de cosecha debería contar con bastante insolación (Benacchio, 1982).

La orientación de las hileras de siembra de la fresa es útil para maximizar la intercepción de luz por marquesinas de planta para alcanzar el alta rendimiento y calidad de fruta (Sønsteby *et al.*, 2009b).

Temperatura:

El punto de congelación se encuentra entre -3 y -5°C, mientras que el punto de crecimiento cero se ubica en 2-5°C; la temperatura diurna óptima es de 15-18°C y la temperatura nocturna óptima es de 8-10°C. Para el arraigo las temperaturas mínima, óptima y máxima son de 10, 18 y 35°C, respectivamente, mientras que para la maduración la óptima diurna y la óptima nocturna son de 18-25°C y 10-13°C, respectivamente (Yuste, 1997a).

Durante el periodo de descanso, la fresa puede tolerar condiciones muy frías (hasta -6°C); durante las fases vegetativas y reproductivas, los requisitos térmicos son bastante bajos: punto cero crecimiento es cerca de 5°C; las condiciones térmicas óptimas nocturnas son de 10-13°C y diurnas de 18-22°C (IFA, 1992).

La dormancia en esta especie se puede romper con temperaturas continuas desde 10°C, no así con temperatura de 14°C (Kronenberg *et al.*, 1976).

La inducción floral se favorece a temperaturas entre 10 y 25°C, especialmente a 14°C, en un fotoperíodo de 12 horas (Sudzuki, 1988).

Cerca del límite superior del rango térmico (18-25°C) se requieren días cortos para inducir la floración y a 30°C no existe inducción floral (Santibáñez, 1994).

La disminución de temperatura y la presencia de días cortos inducen el establecimiento del periodo de dormancia (Shoemaker, 1978).

Si durante la dormancia ocurren temperaturas por debajo del punto de congelación, se produce oxidación de la corona, lo cual provoca una reducción en el vigor de la planta y en el llenado del fruto (Santibáñez, 1994).

Durante la dormancia, el LT10 (temperatura que destruye el 10% de las estructuras vivas) es de -3.8°C, mientras que el LT50 y el LT90 son de -12.5°C y -21°C, respectivamente (Marini y Boyce, 1979).

En primavera, después de la dormancia, el LT50 para los botones florales es de -5.4°C y para frutos inmaduros es de -1.6°C (Boyce y Stroter, 1984).

Los requerimientos de frío para romper el descanso van de 350 a 450 horas (Sudzuki, 1988).

La temperatura es uno de los más importantes factores que afectan la absorción de nutrimentos de planta de fresa; la alta temperatura (24/32°C) reduce la formación de flores de fresa y calidad de fruta. La temperatura está asociada con la inducción floral de la fresa, emergencia del meristemo apical y foliar, inducción de dormancia, sabor de la fruta y fosfolípidos de la membrana (Sønsteby *et al.*, 2009b).

Precipitación (agua):

Se cultiva bajo condiciones de riego. Si se cultiva bajo condiciones de temporal, se debe contar con una precipitación anual entre 900 y 1500 mm, procurando que la planta cuente con suficiente humedad durante los periodos de crecimiento y desarrollo del cultivo, pero con una atmósfera relativamente cálida y seca durante la maduración del fruto. Un tiempo lluvioso, nublado y frío en esa época afecta mucho tanto los rendimientos como la calidad de la fresa. Este cultivo no tolera sequía (Benacchio, 1982).

Para arbustos con una altura promedio de 20 cm, los coeficientes de cultivo (Kc) para las etapas de desarrollo inicial, intermedia y final son 0.4, 0.85 y 0.75, respectivamente (Allen *et al.*, 2006).

Humedad relativa:

Prefiere condiciones medias de humedad ambiental (Yuste, 1997a).

Puede prosperar en regiones con bastante humedad atmosférica, sin embargo, al acercarse la maduración es preferible una atmósfera relativamente seca (Benacchio, 1982).

Las condiciones de conservación en cámara frigorífica son -0.5 a 0°C y 85-90% de humedad relativa (Yuste, 1997a).

REQUERIMIENTOS EDÁFICOS

Profundidad de suelo:

Requiere suelos profundos (Benacchio, 1982).

Como la madurez y fruteo de la fresa ocurren en un corto tiempo (entre 20 y 40 días después de la polinización) y también fresas tienen sistemas de raíces poco profundos (las plantas crecen a través de estolones), el manejo de la luz y el agua son críticos para lograr altos rendimientos y calidad de la fruta de fresas (Sønsteby *et al.*, 2009b).

Textura:

Prefiere suelos de textura franco-arenosa (Benacchio, 1982).

Drenaje:

Requiere suelos con buen drenaje (Yuste, 1997a).

pH:

El pH óptimo oscila entre 5.5 y 6.5 (Yuste, 1997a). Desarrolla en un rango de 4.5 a 7.0, con un óptimo de 5.7 a 5.8 (Benacchio, 1982).

El pH óptimo está en el rango de 5.2 a 6.5 (Porta *et al.*, 1999).

Salinidad/Sodicidad:

No tolera salinidad y no crece bien en suelos calcáreos (Benacchio, 1982).

La CE debe estar por debajo de 1 dS m⁻¹ para no causar pérdidas de rendimiento; si la CE tiene un valor de 1.3, 1.8, 2.5 o 4 dS m⁻¹, el rendimiento se reduce 10, 25, 50 y 100%, respectivamente (Ayers y Westcot, 1985).

Fertilidad y química del suelo:

Aumentar el suministro de nutrimentos desde una base baja, generalmente aumenta la floración y los rendimientos de fruta, pero incrementos demasiado altos, especialmente de Nitrógeno, pueden inhibir la formación de la flor y reducir el rendimiento de fruta, aunque la retención de Nitrógeno y Fósforo puede aumentar floración. El Nitrógeno extra se ha reportado que reduce la iniciación de flores de verano para la cosecha de otoño de un cultivar de doble cultivo en Inglaterra, pero tuvo poca influencia en floración de primavera (Sønsteby *et al.*, 2009b).

La remoción de nutrimentos por tonelada de fruta puede ascender a 6-10 kg N, 2.5-4.0 kg P₂O₅ y 10 o más kg K₂O, con una proporción de nutrimentos de sobre 2.5:1.0:3.5, con cantidades absorbidas totales del orden de 200-250 kg ha⁻¹ N, 100-150 kg ha⁻¹ P₂O₅ y 400 kg ha⁻¹ K₂O (IFA, 1992).

CARACTERÍSTICAS DE RESPUESTA AL CAMBIO CLIMÁTICO

Respuesta a ambientes enriquecidos de CO₂:

Niveles elevados de CO₂ aumentan los niveles de materia seca, el contenido de fructosa y glucosa, el azúcar total y el índice de dulzura por materia seca, pero disminuye el contenido de Nitrógeno en la fruta, la capacidad antioxidante total y todos los compuestos antioxidantes por materia seca en la fruta de la fresa (Sun *et al.*, 2012).

CO₂ elevado (56 Pa) incrementó el rendimiento en 42% en condiciones de alto contenido de Nitrógeno, y, en 17% en condiciones de bajo contenido de Nitrógeno, con relación a CO₂ ambiente (39 Pa). Este incremento ocurrió debido a un aumento en el número de flores y frutos por planta (Deng y Woodward, 1998).

Con un incremento de 300 y 600 μmol mol⁻¹ CO₂ sobre la concentración ambiente, se produce en el fruto un incremento de materia seca, contenido de fructosa, glucosa y azúcares totales, y, una disminución del contenido de ácidos cítrico y málico. Los elevados niveles de CO₂ magnificaron significativamente el contenido en el fruto de etilhexanoato, etilbutanoato, metilhexanoato, metilbutanoato, hexilacetato, hexilhexanoato, furaneol, linalool y metiloctanoato; siendo la condición del mayor enriquecimiento de CO₂ (600 μmol mol⁻¹) la que rindió frutos con el nivel más alto de estos compuestos aromáticos (Wang y Bunce, 2004).

Captura de carbono:

Con una densidad de 155,000 plantas ha⁻¹, la fresa puede producir de 158 a 944 kg ha⁻¹ materia seca (Torun *et al.*, 2013), lo cual multiplicado por el factor de conversión a carbono de 0.47 (Montero *et al.*, 2004) da como resultado que la fresa puede capturar de 74.26 a 443.68 kg ha⁻¹ de carbono.

Respuesta a ozono:	Incrementa en tres veces el contenido de vitamina C cuando la aplicación de ozono (0.35 ppm) se combina con un almacenamiento en frío (2°C). Sin embargo, produce un efecto detrimental en el aroma de la fresa, al reducirse en 40% la emisión de esteres volátiles. El tratamiento de ozono es inefectivo en la prevención del ataque de hongos en la fruta cuando ésta es almacenada en temperaturas superiores (20°C) por un periodo incluso de 4 días (Pérez <i>et al.</i> , 1999).
Resistencia a sequía:	No tolera sequía (FAO, 2007).
Tolerancia a altas temperaturas:	Este cultivo es muy afectado por altas temperaturas (>30°C).

FRIJOL



CARACTERÍSTICAS DESCRIPTIVAS

Nombre científico:	<i>Phaseolus vulgaris</i> L.
Nombres comunes:	Frijol, habichuela, judía, caraota, poroto, alubia, frijos, ñuña, vainita y vainita, feijo, frisol, chuwi, habilla.
Familia:	Fabaceae (Leguminosae).
Origen:	América, siendo el principal centro de diversificación primaria el área de México y Guatemala (Lépiz, 1983; Sauza y Delgado, 1979; Miranda, 1991). México (Benacchio, 1982). Mesoamérica y Suramérica (Sánchez, 1996).
Distribución:	50° LN a 45° LS (Benacchio, 1982). En la actualidad se cultiva en forma extensiva en todo el mundo (Sauza y Delgado, 1982). Los principales países productores son India, Brasil, China, Estados Unidos y México (Reyes <i>et al.</i> , 2008).
Adaptación:	Regiones tropicales y subtropicales semiáridas frescas (González, 1984), así como zonas subhúmedas. Es un cultivo que se adapta mejor a regiones subtropicales (Crispín y Miranda, 1978). Pocos frijoles crecen en trópico húmedo caliente (Duke, 1983). Se adapta desde el trópico hasta las regiones templadas (Debouck y Hidalgo, 1985; Reyes <i>et al.</i> , 2008).
Ciclo de madurez:	85 a 90 días (Crispín y Miranda, 1978). 90 a 120 días (Doorenbos y Kassam, 1979). 70 a 300 días, dependiendo del hábito de crecimiento y de la región y época de cultivo (Voysest, 1985). 80 a 180 días (Reyes <i>et al.</i> , 2008).
Tipo fotosintético:	C ₃ .

REQUERIMIENTOS CLIMÁTICOS

- Altitud:** 0-2400 m (Crispín y Miranda, 1978; Lépiz, 1983).
500 – 1000 m (Benacchio, 1982).
500-1800 m y en Perú entre 1500 y 2800 m (Miranda, 1991).
- Fotoperíodo:** Existen cultivares indiferentes a la duración del día, pero hay otros que se comportan como plantas de día corto (Doorenbos y Kassam, 1979).
Es una especie de días cortos; días largos tienden a demorar la floración y madurez; cada hora más de luz en el día puede retardar la maduración en 2-6 días (White, 1985).
En general, los genotipos más tardíos y de hábito de crecimiento indeterminado, son más sensibles al fotoperíodo que los de hábito determinado o indeterminado pero de tipo mata o arbustivo (Laing *et al.*, Wallace; Purseglove; citados por Summerfield y Roberts, 1985b).
Los genotipos sensibles al fotoperíodo se comportan como plantas de día corto con respuesta cuantitativa (Duke; Kay; Laing *et al.*; Purseglove; Vince-Prue; citados por Summerfield y Roberts, 1985b; Reyes *et al.*, 2008).
- Radiación (luz):** Prefiere días despejados (Benacchio, 1982).
Con baja intensidad de luz y sombra, aumenta la altura de la planta, área foliar, número de nodos y entrenudos (Vyas *et al.*, 1996).
Los genotipos son susceptibles a radiación solar (Reyes *et al.*, 2008).
- Temperatura:** El rango térmico para crecimiento es de 2 a 27°C, con un óptimo de 18°C (FAO, 1994).
El rango térmico para desarrollo es de 10 a 27°C, con un óptimo de 15 a 20°C (Doorenbos y Kassam, 1979).
El óptimo para desarrollo está entre 15.6 y 21.1°C; a 30°C hay abscisión de flores (Duke, 1983).
Rango, 10-35°C; con un óptimo para fotosíntesis de 25 a 30°C. La temperatura media óptima está entre 18 y 24°C y las mínimas de preferencia deberían estar por arriba de los 15°C. La temperatura mínima para germinación es de 8°C, para florecer es 15°C y para la maduración es de 17°C. Es una especie muy sensible a temperaturas extremas y las noches relativamente frescas le favorecen (Benacchio, 1982).
El rango térmico para esta especie es de 10-30°C, con un óptimo entre 16 y 24°C. La temperatura óptima para germinación está entre 16 y 29°C. Para siembra de otoño-invierno, las temperaturas medias mensuales óptimas para el desarrollo del cultivo de frijol, oscilan entre 20 y 28°C; el cultivo puede resistir variaciones extremas de 12 a 35°C, aunque no por tiempos prolongados (Navarro, 1983; SEP, 1990).
El frijol no tolera heladas (Debouck y Hidalgo, 1985).
La temperatura óptima para máxima fotosíntesis en tierras bajas (<1500 m) es de 25-30°C, y para tierras altas (>1500m) es de 15-20°C (Ortiz, 1982).

Para la germinación la temperatura mínima, óptima y máxima son 12, 15-25 y 30°C, respectivamente. La temperatura de congelación es de -1°C, mientras que la mínima, óptima y máxima para desarrollo son en ese orden 10-12, 18-30 y 35-40°C. Los valores de estos parámetros para floración son 12-15, 15-25 y 30-40°C (Yuste, 1997a).

Precipitación (agua):

Son convenientes 1000 a 1500 mm en el año; lluvias durante la floración provocan caídas de flor (SEP, 1990).

Requiere de 350 a 400 mm durante el ciclo de cultivo y prospera en regiones con precipitación anual entre 600 y 2000 mm. Son convenientes 110-180 mm entre siembra y floración; 50-90 mm durante la floración e inicio de la fructificación. Las épocas más críticas por la necesidad de agua son 15 días antes de la floración y 18-22 días antes de la maduración de las primeras vainas. Los 15 días previos a la cosecha, deberían ser secos (Benacchio, 1982).

Las necesidades de agua durante el periodo de cultivo son de 300 a 500 mm. Puede permitirse hasta un agotamiento de 40 a 50% del total de agua disponible en el suelo durante el desarrollo del cultivo (Doorenbos y Kassam, 1979). Para plantas con una altura promedio de 40 cm, el coeficiente de cultivo (Kc) para las etapas inicial, intermedia y tardía es 0.4, 1.15 y 0.35, respectivamente; para ejote los Kc son 0.5, 1.05 y 0.9 (Allen *et al.*, 2006).

Humedad relativa:

Esta especie requiere una atmósfera moderadamente húmeda y es afectada por una atmósfera excesivamente seca y cálida (Benacchio, 1982).

Periodos alternados de alta y baja humedad relativa favorecen la incidencia de enfermedades como mancha angular *Isariopsis griseola* (Cardona *et al.*, 1982).

Las condiciones de conservación de ejotes en cámara frigorífica son 0 a 4°C y 85-95% de humedad relativa (Yuste, 1997a).

REQUERIMIENTOS EDÁFICOS

Profundidad de suelo:

Puede prosperar en suelos delgados (FAO, 1994).

Requiere de un mínimo de 60 cm de suelo (INIFAP, 1994); aunque son mejores para la obtención de máximos rendimientos, los suelos profundos (Benacchio, 1982).

La absorción de agua se produce principalmente en los primeros 0.5 a 0.7 m de profundidad (Doorenbos y Kassam, 1979).

Textura:

Los suelos óptimos son los de texturas ligeras como los franco-arcillosos y franco-arenosos; en tanto que los suelos pesados de tipo barrial son un poco menos productivos (Navarro, 1983).

En sistemas de producción bajo humedad residual la productividad de los terrenos varía en forma descendente en el siguiente orden: suelos aluviales, arenosos y arcillosos (Debouck y Hidalgo, 1985).

Prefiere suelos sueltos y ligeros de textura franca o franca limosa (Benacchio, 1982).

Drenaje:	Requiere suelos aireados y con buen drenaje (Doorenbos y Kassam, 1979; Schwartz y Gálvez, 1980; Duke, 1983).
pH:	<p>Puede desarrollar en el rango de 5.3 a 7.5, con un óptimo de 5.5 a 6.5 (Benacchio, 1982; Duke, 1983).</p> <p>No tolera alcalinidad (Benacchio, 1982).</p> <p>El pH óptimo va de 5.5 a 6.0 (Doorenbos y Kassam, 1979).</p> <p>El rango óptimo está entre 6.5 y 7.0 (Rodríguez y Maldonado, 1983).</p> <p>Suelos ácidos ocasionan bajo rendimiento (White, 1985).</p> <p>Las condiciones óptimas son de 6.5 a 7.5 (Thung <i>et al.</i>, 1985; Schwartz y Gálvez, 1980).</p> <p>Por debajo de 5.0 el cultivo desarrolla síntomas de toxicidad de Aluminio y/o Manganeso, en tanto que valores superiores a 8.2 presentan inconvenientes de sal, exceso de Sodio, alcalinidad y deficiencia de elementos menores (Schwartz y Gálvez, 1980).</p> <p>Cuando el pH es alto, el frijol presenta deficiencias de Zn; en suelos aluviales muestra deficiencias de Boro, o de Hierro si los suelos son orgánicos o minerales (Cardona <i>et al.</i>, 1982).</p> <p>Su rango de pH está entre 5.5 y 7.5, con un óptimo de 6.0 (FAO, 1994).</p>
Salinidad/Sodicidad:	<p>Se considera un cultivo sensible a la salinidad y la reducción del rendimiento para distintos niveles de C.E. es la siguiente: 0% a 1 dS m⁻¹; 10% a 1.5 dS m⁻¹; 25% a 2.3 dS m⁻¹; 50% a 3.6 dS m⁻¹ y 100% a 6.3 dS m⁻¹ (Doorenbos y Kassam, 1979; Duke, 1983; Ayers y Westcot, 1985).</p> <p>Requiere suelos libres de sales (Rodríguez y Maldonado, 1983).</p> <p>El frijol tolera un porcentaje máximo de saturación de sodio de 8 – 10 % y una conductividad eléctrica hasta de 1 dS m⁻¹; por encima de estos niveles, los rendimientos disminuyen significativamente (Schwartz y Gálvez, 1980).</p> <p>El nivel crítico para saturación de Na es 4%; en tanto para la C.E. en el extracto de saturación es de 0.8 dS m⁻¹ (Cardona <i>et al.</i>, 1982). El frijol es sensible a altas concentraciones de sales (Wichmann, 1992).</p> <p>A niveles de 2.0 y 3.0 dS m⁻¹ el rendimiento decrece en 20 y 40%, respectivamente (Castellanos <i>et al.</i>, 2000).</p>
Fertilidad y química del suelo:	En esta leguminosa, la fijación biológica de N atmosférico no es eficiente (Danilo, 2011), pero satisface parte de sus requerimientos de N en asociación con <i>Rhizobium</i> (Maia <i>et al.</i> , 2012). Es sensible a toxicidad de Al y Mn, así como a toxicidad o deficiencias de Zn, B, Mo y Mg (Duke, 1982; Wichmann, 1992). Responde a aplicaciones de Ca, Mg, S y B (Danilo, 2011).

El frijol absorbe en promedio 134, 16, 117, 23, 64 y 21 kg ha⁻¹ de Nitrógeno, Fósforo, Potasio, Azufre, Calcio y Magnesio; de éstos, las cantidades extraídas del suelo y exportadas a 1000 kg de semilla fueron: 36.2, 5.4, 17.2, 10, 4 y 4 kg de N-P-K-S-Ca-Mg. Con relación a los niveles críticos en el suelo de P, K, Ca, B, Zn, Mn y S se han determinado (en ppm) los siguientes: 13, 50, 902, 0.5, 0.8, 7.0 y <0.6. En tanto los niveles de deficiencia de N, P, K, Zn, Mg, S y Mn en las hojas superiores, a inicio de floración, se han determinado (en %) con los siguientes valores: <3, <0.35, <2, <0.0020, <0.3, <0.15 y <0.0030 (Mn a >500 ppm = >0.05%, implica toxicidad). Para Fe, los niveles convenientes en las hojas están entre 100 y 800 ppm. En cuanto a B el contenido indicado es <25 ppm. El frijol rara vez manifiesta deficiencia de Cu, las plantas normales tienen contenidos de 15-25 ppm en hojas superiores (Cardona *et al.*, 1982).

CARACTERÍSTICAS DE RESPUESTA AL CAMBIO CLIMÁTICO

Respuesta a ambientes enriquecidos de CO₂:

Bunce (2008) reporta que existe diferencia intraespecífica en frijol con relación a la respuesta al incremento de CO₂. En un estudio por cuatro años en donde la condición de elevado CO₂ consistió en 180 μmol mol⁻¹ por arriba de la condición de CO₂ ambiente, se encontró que existe una interacción variedad X CO₂ significativa en cuanto a rendimiento, con un rendimiento de semilla a CO₂ elevado entre 0.89 y 1.39 veces superior al obtenido en CO₂ ambiente, al promediar los rendimientos de 4 años. La variedad con más alto rendimiento a elevado CO₂ no correspondió con la de mayor rendimiento a CO₂ ambiente. Las variedades con la mayor y menor respuesta en rendimiento a elevado CO₂, tuvieron un hábito de crecimiento indeterminado. El aumento en rendimiento por incremento de CO₂ se explica por el incremento en número de vainas.

Al evaluarse el efecto de un ambiente enriquecido de CO₂ consistente en 600±50 mmoles mol⁻¹, se observó que esta condición incrementó la tasa de fotosíntesis del frijol entre 47 y 100 %; la eficiencia del uso del agua entre 30 y 81 %, la biomasa entre 18 y 25 % y el rendimiento 20%, debiéndose este incremento a la mayor producción de vainas por planta y no al mayor peso o tamaño de las semillas. El enriquecimiento con CO₂ disminuyó entre 46 y 55% la densidad estomática evaluada en el quinto trifolio de las plantas de frijol (Sánchez *et al.*, 2000). La condición de CO₂ elevado (800 μmol mol⁻¹) incrementa el número de nódulos en la raíz, la biomasa y la proporción de nódulos que producen leghemoglobina, en comparación con plantas en CO₂ ambiente (400 μmol mol⁻¹). El CO₂ elevado también acelera la expresión de deficiencias de Nitrógeno en condiciones bajo nivel de Nitrógeno en el suelo. En nódulos el CO₂ elevado incrementó la acumulación de malato como fuente principal de carbono para los microsimbiontes y de malonato con funciones esenciales de desarrollo de nódulos (Haase *et al.*, 2007).

Bajo ambiente elevado de CO_2 ($700 \mu\text{mol mol}^{-1}$) el frijol produce 3% más de materia seca por planta cuando llega a la etapa de floración, y, 106% más cuando llega a la madurez fisiológica y senescencia. Esto con relación a una concentración de CO_2 ambiente ($370 \mu\text{mol mol}^{-1}$). Otros efectos son 143% más de biomasa en periodo reproductivo, 11% menos de biomasa asignado al crecimiento reproductivo, 112% más biomasa de semilla por planta, 91% más de Nitrógeno de semilla por planta y 8% menos de concentración de Nitrógeno en la semilla (Miyagi *et al.*, 2007).

Captura de carbono:

Con incrementos de 300, 600, 900 ppm de CO_2 en el aire, la captura de carbono (biomasa en % peso seco) incrementa en 64, 72 y 71%, respectivamente (Bunce, 2008).

La labranza de conservación puede secuestrar carbono hasta en $500 \text{ kg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$; además la incorporación de residuos de la cosecha también contribuye al secuestro de carbono por el suelo, desde $200 \text{ kg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$ (Schlesinger, 2000; Follett, 2001).

Respuesta a ozono:

Planta sensible al ozono (Krupa *et al.*, 2001).

Se han reportado efectos negativos del ozono sobre la actividad fotosintética y la productividad del cultivo a través de la reducción del número de vainas y de semilla, pero no por el peso de éstas. La dosis en la que se ha observado daño visible en la hoja es de 1.33 mmol m^{-2} (Gerosa *et al.*, 2009). Altas concentraciones de ozono ($49\text{-}79 \text{ nmol mol}^{-1}$) inhiben la fijación de Nitrógeno atmosférico (Tu *et al.*, 2009).

En el frijol, el ozono produce lesiones rojizas internerviales, que inicialmente sólo se observan al trasluz; con posterioridad se hacen más intensas. Las lesiones están distribuidas por toda la superficie de la hoja, siempre entre los nervios, y se pueden acentuar hasta dar a la hoja un tono rojizo. No traspasan al envés, solo afectan al haz de la hoja. Aparecen en las hojas más viejas en primer lugar. En plantas muy afectadas se observa una pérdida importante de las hojas de más edad (Sanz *et al.*, 2001).

Respuesta a radiación UV-B:

Los rayos UV-B afectan negativamente el peso seco de la hoja primaria y el peso seco total de la planta (Krupa y Jäger, 1996).

Resistencia a sequía:

La sequía puede dañar la planta; bajo estas condiciones el frijol es susceptible a enfermedades como mildew *Erysiphe polygoni* y marchitamiento bacteriano *Corynebacterium flaccumfaciens*; también se favorecen las poblaciones de ácaros (Cardona *et al.*, 1982).

Algunas variedades toleran sequía (Duke, 1983), entre ellas Pinto Villa (Acosta *et al.*, 1995)

Existen genotipos cuyos genes contienen proteínas que hacen que las plantas sean resistentes a escasez de agua y que son capaces de incrementar sus rendimientos hasta 30% bajo sequía (Montero *et al.*, 2008).

Tolerancia a altas temperaturas:

Se ha evaluado la resistencia a sequía en genotipos de frijol, relacionándola con sus parámetros fotosintéticos (Xoconostle *et al.*, 2011), así como con su respuesta en simbiosis con micorrizas (Xoconostle y Ruíz, 2002) y Rhizobium (Suárez *et al.*, 2008). De esta manera se asegura tolerancia a sequía e incrementos en el rendimiento.

En América Latina, se ha estimado que el estrés hídrico reduce el rendimiento del frijol en 73 % (Van Schoonhoven y Voysest, 1989).

El rendimiento de frijol es más susceptible a sufrir mermas cuando el estrés por sequía se presenta en la etapa reproductiva (la cual comprende las fases posteriores a la floración) debido al incremento en la demanda de asimilados por las estructuras reproductivas (Acosta y Kohashi, 1989).

El frijol no es reconocido como una especie resistente a la sequía, sin embargo, posee características que confieren escape (precocidad), evasión y tolerancia a la deshidratación, pero es necesario identificar y utilizar dichas características en un programa de mejoramiento genético (Rosales *et al.*, 2000).

Altas temperaturas inducen la abscisión de órganos reproductivos, reduciendo el rendimiento (Baradas, 1994; Omae *et al.*, 2006).

A más de 32°C el frijol se torna susceptible a ciertas enfermedades y a la presencia de ácaros (Cardona *et al.*, 1982).

Altas temperaturas reducen el rendimiento porque disminuyen la producción de polen y afectan la fecundación (Thuzar *et al.*, 2010).

El frijol tampoco soporta bajas temperaturas por lo que se le denomina como planta termófila (Reyes *et al.*, 2008).

Temperaturas extremosas disminuyen la floración y ocasionan problemas de esterilidad; temperaturas de 5°C o 40°C pueden provocar daños irreversibles (White, 1985).

Existen genotipos como Pinto Saltillo, Pinto Durango y Bayo Madero, cuyos genes contienen proteínas que hacen que las plantas sean tolerantes a altas temperaturas (Montero *et al.*, 2008). También se han identificado cultivares tolerantes a altas temperaturas que se relacionan con mayor asignación de biomasa a las vainas, lo cual es un rasgo de selección para regiones muy cálidas (Omae *et al.*, 2012).

El frijol común está adaptado a condiciones climáticas relativamente frescas, por lo que temperaturas diurnas >30 °C o nocturnas >20 °C resultan en reducciones del rendimiento.; los índices de tolerancia al calor STI (índice de tolerancia al estrés) y GM (media geométrica) son efectivos para seleccionar genotipos tolerantes al estrés por calor (Porch, 2006). Los bajos rendimientos en temporal se deben principalmente a los frecuentes periodos de sequía, altas temperaturas durante la etapa reproductiva, las cuales pueden ocasionar pérdida total del rendimiento (Acosta *et al.*, 2000).

Las altas temperaturas también afectan la fenología y el rendimiento de semilla; un periodo de 10 horas a 35°C en dos días consecutivos, en la etapa de floración, ocasiona 82% de abscisión de vainas (< 2 cm de longitud) y deshidratación del polen (Monterroso y Wien, 1990).

GARBANZO



CARACTERÍSTICAS DESCRIPTIVAS

Nombre científico:	<i>Cicer arietinum</i> L.
Nombres comunes:	Garbanzo, guisante (Minoshima <i>et al.</i> , 2007).
Familia:	Leguminosae.
Origen:	Noroeste de la India y Afganistán (Vavilov, 1951). Sur de Asia y Etiopía (Bejiga y van der Maesen, 2006).
Distribución:	45° LN a 40° LS. Introducido en la cuenca del Mediterráneo, África e India. Países productores son: India, Pakistán, Turquía y México (Bejiga y van der Maesen, 2006). India, Australia, Pakistán, Turquía, Myanmar, Etiopía, Irán, EE.UU. y Canadá (FAO; ICRI-SAT; citados por ECOPORT, 2013).
Adaptación:	Regiones templadas, subtropicales y tropicales como cultivo de invierno (FAO, 1994). Clima tropical con temperaturas moderadas. En muchos países tropicales se cultiva con éxito bajo riego en la temporada de frío (Bejiga y van der Maesen, 2006).
Ciclo de madurez:	90-180 días (FAO, 1994). 120-150 días a maduración (Bejiga y van der Maesen, 2006).
Tipo fotosintético:	C ₃ .

REQUERIMIENTOS CLIMÁTICOS

Altitud:	Desde el nivel del mar (latitudes medias; 30-60°) hasta 2000 m (latitudes bajas; 0-30°). 0-2500 m (Bejiga y Van Der Maesen, 2006).
Fotoperíodo:	Existen cultivares indiferentes a la duración del día, como también los hay que se comportan como plantas de día corto (FAO, 1994). Aunque se le conoce como una planta de día neutro, el garbanzo es realmente una planta de día largo cuantitativa, pero florece en cualquier fotoperíodo (Smithson <i>et al.</i> , 1985). Requiere días largos (Bejiga y van der Maesen, 2006).
Radiación (luz):	Prefiere días despejados (FAO, 1994). La exposición a alta intensidad luminosa y rayos ultravioleta puede alterar la función y densidad de los estomas, en consecuencia reducir su actividad fotosintética (Martínez <i>et al.</i> , 2009).
Temperatura:	Las plantas de garbanzo no se dañan fácilmente por las bajas temperaturas, comunes en invierno; sin embargo, las heladas pueden afectar a la planta en las etapas de floración y formación de vainas (Chena <i>et al.</i> , 1978). El rango térmico para desarrollo es de 5 a 35°C, con un óptimo alrededor de 22°C (FAO, 1994). Una combinación de temperaturas diurnas de 18-25°C y nocturnas de 5-10°C parece ser muy adecuada para el desarrollo del garbanzo (Muehlbauer <i>et al.</i> , citados por Muehlbauer y Tullu, 1997). Aunque esta especie es sensible al frío, algunos cultivares pueden tolerar temperaturas tan bajas como -9.5°C (Smithson <i>et al.</i> , 1985). La respuesta fototérmica de la floración en garbanzo puede ser descrita por la ecuación: $1/f=a+bt+cp$, donde f es el número de días de siembra a primera flor, t es la temperatura media y p es el fotoperíodo. Los valores de las constantes a, b y c varían entre genotipos y proveen la base para la selección de genotipos por su sensibilidad a la temperatura y fotoperíodo (Roberts <i>et al.</i> , 1985). Algunos genotipos responden a la vernalización. En estos casos, se dice que las plantas vernalizadas tienen un desarrollo anatómico más rápido, por ejemplo, diferenciación vascular y terminación de la actividad del cambium, y que además, florecen más temprano y en nudos más bajos (inferiores) que las plantas provenientes de semillas no vernalizadas (Chakravorti; Pal y Murty; Pillay; citados por Summerfield y Roberts, 1985c). Durante el periodo de crecimiento la temperatura óptima es de 10 a 25°C (Bejiga y Van Der Maesen, 2006). Óptima de 17 a 20°C.

- Precipitación (agua):** No es muy exigente en cuanto a humedad, puede prosperar bajo un rango de precipitación de 150 a 1000 mm, siendo el óptimo alrededor de los 650 mm (FAO, 1994). En algunas regiones tropicales su cultivo se practica bajo condiciones de humedad residual (Aragón, 1995) y de hecho está catalogado como una especie tolerante a la sequía (Gispert y Prats, 1985). Se consideran suficientes 600 a 1000 mm para el cultivo de garbanzo bajo temporal (Duke, 1981). Para plantas con una altura promedio de 40 cm, los coeficientes de cultivo (Kc) para las etapas de desarrollo inicial, intermedia y final son 0.4, 1 y 0.35, respectivamente (Allen *et al.*, 2006). Se cultiva en áreas donde llueve de 500 a 1800 mm; exceso de humedad en floración, perjudica la producción de semilla (Bejiga y Van Der Maesen, 2006).
- Humedad relativa:** El contenido de proteína del garbanzo es mayor en climas con atmósfera seca (Chena *et al.*, 1978). Una humedad relativa de 21 a 41% es óptima para el amarre y establecimiento de la semilla (Smithson *et al.*, 1985). Exceso de humedad en floración, daña el cultivo (Bejiga y Van Der Maesen, 2006).

REQUERIMIENTOS EDÁFICOS

- Profundidad de suelo:** Requiere suelos de mediana profundidad (FAO, 1994), con un mínimo de 25-60 cm (Aragón, 1995).
- Textura:** Desarrolla adecuadamente en suelos con bajo contenido de humus. Prefiere suelos silicio-arcillosos sin yeso (Gispert y Prats, 1985). Requiere suelos de textura media a pesada, no se desarrolla bien en suelos de textura ligera (FAO, 1994). En suelos arenosos vírgenes o en suelos pesados donde se cultiva por primera vez el garbanzo, el uso de inoculaciones es sabido que incrementa el rendimiento en 10-62% (Duke, 1981). Desarrolla adecuadamente en suelos bien aireados, arenosos a franco arenosos; los arcillosos deben tener menos humedad (Bejiga y Van Der Maesen, 2006).
- Drenaje:** Requiere suelos con buen drenaje, ya que le perjudica el exceso de humedad (Gispert y Prats, 1985; Bejiga y Van Der Maesen, 2006).
- pH:** 4.2 a 8.6, con un óptimo alrededor de 7.0 (FAO, 1994). pH óptimo de 6.0 a 7.5 (Castellanos *et al.*, 2000). pH óptimo de 5-7.5 (Bejiga y Van Der Maesen, 2006).

Salinidad/Sodicidad:	Es ligeramente tolerante a la salinidad (FAO, 1994). Apenas tolera la salinidad, lo óptimo es evitar salinidad y sodicidad (Bejiga y Van Der Maesen, 2006). Cuando la salinidad está presente, se pueden utilizar genotipos tolerantes en la etapa reproductiva y potenciar el rendimiento mediante irrigación (Vadez <i>et al.</i> , 2007).
Fertilidad y química del suelo:	Los requerimientos nutricionales para producir 1 t de garbanzo son: 52-10-50 kg ha ⁻¹ de N-P ₂ O ₅ -K ₂ O ₅ (Castellanos <i>et al.</i> , 2000). Fija aproximadamente 100 kg ha ⁻¹ de N.

CARACTERÍSTICAS DE RESPUESTA AL CAMBIO CLIMÁTICO

Respuesta a ambientes enriquecidos de CO₂:	Duplicar el CO ₂ causa reducción en los días a madurez, biomasa, rendimiento y requerimientos de agua en garbanzo bajo riego. Sin embargo en temporal, los días a madurez se reducen pero aumenta el índice de cosecha, la biomasa y el rendimiento (Koocheki <i>et al.</i> , 2006). El tratamiento de CO ₂ elevado (700 μmol mol ⁻¹) incrementa la producción de biomasa aérea entre 18 y 64%, y, este efecto se enfatiza cuando el Fósforo no es limitante. Bajo estas condiciones el CO ₂ elevado también estimula el rendimiento de grano en 70%; sin embargo reduce el contenido de proteína en grano entre 17 y 18% sin importar la disponibilidad de Fósforo. Con el CO ₂ elevado también se incrementa la cantidad de Nitrógeno fijado (20-86%) siempre y cuando el nivel de Fósforo sea adecuado. Estos resultados sugieren que en condiciones de cambio climático, las leguminosas (como el garbanzo) pueden contribuir a mantener la fertilidad nitrogenada del suelo, siempre y cuando tengan una buena respuesta al Fósforo (Lam <i>et al.</i> , 2012). El CO ₂ elevado (550 ppm) incrementa la longitud y biomasa de raíces en 16 y 14%, respectivamente; la biomasa de nódulos se incrementa 46% en respuesta a elevado CO ₂ y 16 mg P kg ⁻¹ , pero no hay efecto de carbono elevado al no suplementarse fósforo (Jin <i>et al.</i> , 2012).
Captura de carbono:	Con una producción de materia seca de 5.38 t ha ⁻¹ (Minoshima <i>et al.</i> , 2007), y el factor de conversión a carbono (0.47% de materia seca; Montero <i>et al.</i> , 2004), se estima una captura de 2.53 t ha ⁻¹ año ⁻¹ de carbono.
Respuesta a ozono:	Altas concentraciones de ozono (49-79 nmol mol ⁻¹) inhiben la fijación de nitrógeno atmosférico (Tu <i>et al.</i> , 2009). La exposición de las semillas de garbanzo a ozono, no afecta su velocidad de germinación ni su vigor, por el contrario, las estimula. Tampoco afecta a nivel de raíz y tallo (Valdés <i>et al.</i> , 2012). Exposiciones a concentraciones de 80 ppb de ozono, 1.5 h día ⁻¹ , durante 30 días, reducen el rendimiento en 9.7% (Rai y Agrawal, 2012).

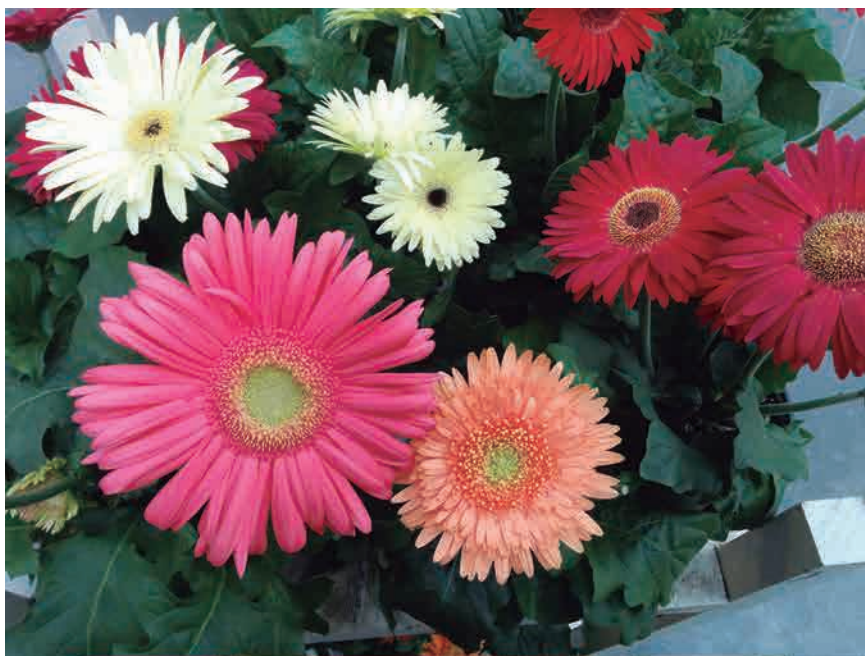
Resistencia a sequía:

Esta especie es medianamente tolerante a sequía, en floración es sensible (Bejiga y Van Der Maesen, 2006). Depende del genotipo; puede haber tolerancia por efecto de la reducción de la transpiración (Martínez *et al.*, 2009). Mecanismos de escape: genotipos precoces, de floración temprana y potencial de rendimiento mediante irrigación (Vadez *et al.*, 2007; Krishnamurthy *et al.*, 2011).

Tolerancia a altas temperaturas:

Es sensible a altas temperaturas (por arriba del umbral máximo de temperatura del garbanzo). Se trabaja sobre mejora genética hacia tolerancia a altas temperaturas y escape de periodos críticos (Dua, 2001; Wang *et al.*, 2006; Vadez *et al.*, 2007). Los periodos críticos de tolerancia en producción de vainas son: $\geq 37^{\circ}\text{C}$ en genotipos tolerantes y $\geq 33^{\circ}\text{C}$ en genotipos sensibles (Devasirvatham *et al.*, 2012). Las temperaturas críticas de estrés por calor son: $>35^{\circ}\text{C}$ durante la etapa reproductiva; $32\text{-}35^{\circ}\text{C}$ durante floración y desarrollo de vainas. Si esto ocurre, se producen pérdidas en el rendimiento (ICRISAT, 2010; Devasirvatham *et al.*, 2012). En India, por cada 1°C de incremento, el rendimiento disminuye 301 kg ha^{-1} , ya que los granos de polen pierden fertilidad y se producen vainas más pequeñas (Devasirvatham *et al.*, 2012).

GERBERA



CARACTERÍSTICAS DESCRIPTIVAS

Nombre científico:	<i>Gerbera</i> spp., <i>Gerbera jamesonii</i> x <i>Gerbera viridifolia</i> , <i>Gerbera asplenifolia</i> x <i>Gerbera kunzeana</i> .
Nombres comunes:	Gerbera.
Familia:	Asteraceae.
Origen:	Sureste de África, Madagascar (Oszkinis y Lisiecka, 1990). Sur de África, Madagascar, Asia, Sudamérica e Indonesia (Singh, 2006). África, Madagascar y Asia (Sheela, 2008).
Distribución:	50° LN a 55° LS.
Adaptación:	Regiones subtropicales y templadas.
Ciclo de madurez:	Perenne, intervalo entre cortes, alrededor de los 100 días (Bañón <i>et al.</i> , 1993). La duración del cultivo es de 24-30 meses aproximadamente (Sheela, 2008).
Tipo fotosintético:	C ₃ .

REQUERIMIENTOS CLIMÁTICOS

- Fotoperíodo:** Planta de día neutro. Sin embargo, las mejores condiciones de crecimiento son cuando el fotoperíodo dura más de 12 horas con una temperatura óptima (Oszkinis y Liseicka, 1990). Se considera una especie de día corto (Roh, 1984). Existen cultivares indiferentes al fotoperíodo. La mayoría de los cultivares sensibles al fotoperíodo se comportan como plantas de día corto, siendo una duración del día de 8 a 10 horas la óptima (Leffring, citado por Bañón *et al.*, 1993).
- Radiación (luz):** Con frecuencia, el incremento de la radiación en ambientes confinados, activa la producción y translocación de carbohidratos, estimulando así el desarrollo floral (Sachs, citado por Bañón *et al.*, 1993). La producción de un mayor número de flores puede lograrse a través del incremento en la radiación fotosintéticamente activa (Leffring, 1975). Requiere de alta intensidad luminosa (4000 a 5000 pies candelas), pero no tolera el sol directo. Lo mejor es un invernadero con sombreado ligero (aproximadamente 50%) (Martínez, 2007d).
- Temperatura:** La temperatura del aire influye sobre la duración del periodo de maduración de la flor y sobre la primera etapa de crecimiento del pedúnculo floral; la temperatura del suelo en cambio es decisiva en la formación de nuevos brotes, en la etapa final del crecimiento del pedúnculo y en su longitud total. La elongación del tallo es prácticamente nula a una temperatura del aire de 3°C, cuando la temperatura del suelo está por arriba de 8°C. Esto mismo sucede cuando la temperatura del suelo es 6°C y la temperatura del aire está por arriba de 6°C (Berninger, 1979). Las temperaturas idóneas del cultivo están en función del nivel de iluminación: en condiciones de baja luminosidad las temperaturas óptimas oscilan entre 12 y 15°C para la noche y entre 14 y 18°C para el día; en periodos de alta luminosidad, el óptimo está entre 15 y 18°C para la noche y entre 22 y 25°C para el día. Con temperaturas inferiores a 8°C, el cultivo se va paralizando, produciéndose daños a partir de 0-2°C. Los efectos de altas temperaturas, sobre todo en las etapas de plantación como de arraigue de la planta, van desde baja en la producción hasta la muerte de plantas. El efecto de bajas temperaturas se manifiesta mediante malformaciones y abortos florales. Las condiciones térmicas para la fecundación son 22-24°C (Bañón *et al.*, 1993). Durante los meses de invierno, la temperatura más adecuada para la gerbera en periodos de reposo es de 10-12°C durante el día y 8-10°C durante la noche, a causa de la baja intensidad de la luz en esta época. Las plantas cultivadas en invierno para flor cortada, requieren temperaturas más altas: 18-20°C de día y 12-14°C de noche. En verano la temperatura óptima es de 20-25°C durante el día y 16-18°C durante la noche. Además de la temperatura ambiental, es importante la temperatura del sustrato, la cual debe estar entre 21 y 25°C, durante el periodo del cultivo (Oszkinis y Liseicka, 1990).

En general durante el día requiere temperatura de 22-25°C, y en la noche de 20-22°C. Para plantaciones en primavera, en el día necesita 15-20°C, por la noche 14-16°C; plantaciones en verano, durante el día 18-22°C y por la noche 12-14°C; plantaciones en invierno requiere durante el día temperaturas de 14-17°C y por la noche mínimo 12°C (Singh, 2006).

Tolera temperaturas desde 8 hasta 30°C, temperaturas extremas retrasan el desarrollo y la floración. El rango óptimo es de 15 a 26°C (Martínez, 2007d).

Precipitación (agua):

Para una superficie de 1000 m² se requieren de 640 a 660 m³ el primer año y de 580 a 600 m³ el segundo y tercer año. El potente sistema radicular de la planta adulta permite soportar déficits hídricos importantes, sin que repercutan en la evolución posterior del cultivo (Bañón *et al.*, 1993).

Humedad relativa:

La gerbera requiere niveles más bien elevados de humedad atmosférica, estando el intervalo óptimo comprendido entre el 79 y 90%. Para la fecundación se requiere una humedad relativa entre 40 y 50% (Bañón *et al.*, 1993).

REQUERIMIENTOS EDÁFICOS

Profundidad de suelo:

Requiere un suelo con una profundidad mínima de 50-60 cm (Bañón *et al.*, 1993).
45-60 cm (Sheela, 2008).

Textura:

Prefiere suelos sueltos y ligeros, poco calcáreos (Bañón *et al.*, 1993) con textura franca, franco-arenosa o franco-arcillosa.

Drenaje:

Requiere buen drenaje, ya que es susceptible a enfermedades fungosas (Bañón *et al.*, 1993).

pH:

La gerbera prospera en suelos medianamente ácidos (Bañón *et al.*, 1993).

El óptimo de pH está entre 5.0 y 6.0. El pH óptimo para soluciones nutritivas es de 5.5 (Verdure, citado por Bañón *et al.*, 1993).

Requiere de un pH de 6-7 (Singh, 2006).

Suelos con un rango de pH de 5 a 7.2 (Sheela, 2008).

Salinidad/Sodicidad:

La conductividad eléctrica no debe ser superior a los 2.2-2.7 dS m⁻¹ (Verdure, citado por Bañón *et al.*, 1993).

Fertilidad y química del suelo:

Requiere gran cantidad de materia orgánica en el suelo (Sheela, 2008).

Es una planta que requiere alta fertilización. Por cada 1000 l de agua de riego se debe proporcionar 520 g de nitrato de amonio, 570 g de nitrato de potasio, 150 ml de ácido fosfórico, 120 g de sulfato de magnesio y 80 g de multiquel o similar (Martínez, 2007d).

CARACTERÍSTICAS DE RESPUESTA AL CAMBIO CLIMÁTICO

Respuesta a ambientes enriquecidos de CO₂:	La gerbera, como otras muchas plantas, mostró efectos positivos al aporte de 1200 ppm CO ₂ , que se tradujeron principalmente en un incremento del desarrollo general de la planta, aumento de peso seco y del número de flores, mejora de la calidad de la flor y aumento de longitud del pedúnculo (Auge <i>et al.</i> , 1988).
Resistencia a sequía:	La planta puede soportar déficits hídricos importantes, sobre todo cuando no se encuentra en producción de flor. Esto gracias a su potente sistema radicular (Bañón <i>et al.</i> , 1993), por lo que debe procurarse su cultivo en condiciones de suelo profundo.
Tolerancia a altas temperaturas:	Se deben evitar las altas temperaturas (>30°C) en el momento de la plantación y en el arraigue, para no producir desequilibrios entre la parte aérea y las raíces de la planta (EcuRed, 2013).

GIRASOL



CARACTERÍSTICAS DESCRIPTIVAS

Nombre científico:	<i>Helianthus annuus</i> L.
Nombres comunes:	Girasol.
Familia:	Asteraceae (Compositae).
Origen:	México y Suroeste de Estados Unidos (González, 1984). Norte de México y Oeste de Estados Unidos (Heiser, citado por Purselove, 1987). Entre el Sur de California y Utah (Heiser, citado por Purselove, 1987).
Distribución:	55° LN a 50° LS (Purselove, 1987).
Adaptación:	Regiones tropicales, subtropicales y templadas. No es una buena opción en regiones o estaciones cálidas y muy cálidas, debido a que su ciclo vegetativo se acorta demasiado, afectando el tamaño de la semilla y el rendimiento final (Ruiz, 1984).
Ciclo de madurez:	90 a 130 días (Doorenbos y Kassam, 1979). 80 a 125 días (Ruiz, 1984).
Tipo fotosintético:	C ₃ .

REQUERIMIENTOS CLIMÁTICOS

Altitud:	0-1900 m. A alturas superiores a 1900 m, el girasol desarrolla lentamente y el ciclo se alarga demasiado debido a bajas temperaturas, fuera del rango óptimo (Ruiz, 1985).
-----------------	--

Fotoperíodo:	<p>El fotoperíodo no es una variable crítica para girasol (Baradas, 1994).</p> <p>Es una especie indiferente a la duración del día, existen cultivares de día corto (Doorenbos y Kassam, 1979).</p>
Radiación (Luz):	<p>Es una planta exigente en luz (FAO, 1994).</p>
Temperatura:	<p>Las temperaturas medias diurnas para un buen desarrollo están entre los 18 y 25°C (Doorenbos y Kassam, 1979).</p> <p>El rango térmico es de 15-30°C (Baradas, 1994).</p> <p>La temperatura óptima para fotosíntesis va de 22 a 27°C (Viega, 1988).</p> <p>Para la emergencia, la temperatura base es de 3°C con un óptimo de 37°C, el requerimiento térmico en esta etapa a temperatura base de 3°C es de 130 grados-día de desarrollo (Singh y Singh, 1976).</p> <p>Para esta misma etapa, siembra-emergencia, Doyle (1975) reporta que la Tb es de 1°C y el RT es de 130 GDD.</p> <p>La temperatura base durante la etapa de floración es de 1°C con un óptimo que va de 18–23 a 27°C. En la etapa de maduración la temperatura óptima es de 18 a 27°C (Rawson <i>et al.</i>, 1984).</p> <p>La temperatura base durante la floración es de 5°C (Horie, citado por Van Heemst, 1988).</p> <p>La temperatura base promedio para el ciclo de desarrollo del girasol es de 7°C (Robinson,; citado por Villalpando <i>et al.</i>, 1991).</p> <p>A una temperatura media de 19.9°C, el girasol emerge a los 113 días, mientras que a 28.5°C el girasol emerge a los 9 días, inicia floración a los 51 días y madura a los 113 días (Olalde <i>et al.</i>, 2001).</p> <p>Considerando los datos de duración de ciclo anteriores y que las temperaturas máxima y mínima promedios que les dieron origen fueron 30.3 y 9.5°C en Montecillo (México) para la duración de ciclo de 113 días, y, de 35.5 y 21.5°C en Cocula (Guerrero) para la duración de ciclo de 77 días; el cálculo del requerimiento térmico en términos de grados-día de desarrollo efectivos (GDDE) con una temperatura base de 6°C y una temperatura umbral máxima de desarrollo de 30°C para este cultivo (Medina <i>et al.</i>, 2003), produce un valor de 1554 GDD en Montecillo y de 1521 GDD en Cocula.</p> <p>La temperatura base es 6°C (Merrien, citado por Olalde <i>et al.</i>, 2001).</p> <p>Una exposición de las cabezas de girasol después de la antesis, a temperaturas mayores a 29°C por 10-12 días causa una reducción del rendimiento de 6% °C⁻¹ (Rondanini <i>et al.</i>, 2006). Chimenti y Hall (2001) reportaron que temperaturas por debajo de 19°C o por arriba de 30°C reducen significativamente el número de granos llenos (llenado de grano).</p>

Precipitación (agua):	<p>Las necesidades de agua varían de 600 a 1000 mm, dependiendo del clima y de la duración del periodo vegetativo total. La evapotranspiración aumenta desde el establecimiento hasta la floración y puede llegar hasta los 12–15 mm día⁻¹. En condiciones en que la evapotranspiración máxima es de 5–6 mm día⁻¹, la absorción de agua se ve afectada cuando se ha agotado alrededor del 45% del agua total disponible en el suelo (Doorenbos y Kassam, 1979).</p> <p>Produce con precipitación anual mínima de 250 mm (Purseglove, 1987).</p> <p>La evapotranspiración de cultivo para todo el ciclo de desarrollo es de 353 mm en un clima Aw₀ cálido subhúmedo (Olalde <i>et al.</i>, 2000).</p> <p>De acuerdo con Escalante (1995), el valor de la evapotranspiración global del cultivo es de 371 mm en condiciones de seco y en un clima Cw templado con lluvias de verano.</p> <p>Para plantas con una altura promedio de 2 m, el coeficiente de cultivo (Kc) para las etapas inicial, intermedia y tardía es 0.35, 1-1.15 y 0.35, respectivamente (Allen <i>et al.</i>, 2006).</p>
Humedad relativa:	<p>Requiere una atmósfera moderadamente seca, sobre todo en la época de maduración de la semilla, donde la humedad excesiva puede causar daños por enfermedades en la semilla, reduciendo así su calidad y rendimiento.</p>

REQUERIMIENTOS EDÁFICOS

Profundidad de suelo:	<p>Requiere una profundidad mínima de 25-35 cm (Aragón, 1995), siempre que el agua esté fácilmente disponible en este estrato.</p> <p>Para su desarrollo óptimo, el girasol requiere suelos profundos, ya que su sistema radical puede extenderse hasta 2-3 m, pero normalmente cuando el cultivo está plenamente desarrollado, el 100% del agua se extrae de la capa de 0.8 hasta 1.5 m (Doorenbos y Kassam, 1979).</p>
Textura:	<p>El girasol se desarrolla en una amplia gama de suelos (Doorenbos y Kassam, 1979), por lo que puede prosperar en diversos tipos texturales, a excepción de las texturas extremas, tales como arenosa y arcillosa.</p>
Drenaje:	<p>Requiere suelos bien drenados (Doorenbos y Kassam, 1979).</p>
pH:	<p>El óptimo de pH es de 6.0 a 7.5 (Ignatieff, citado por Moreno, 1992).</p> <p>6 a 7.5 (Doorenbos y Kassam, 1979).</p> <p>Rango de 4.0 a 8.5, con un óptimo alrededor de 6.5 (FAO, 1994).</p> <p>pH para rendimientos satisfactorios 6 a 7.5 (Porta <i>et al.</i>, 1999).</p>
Salinidad/Sodicidad:	<p>Tolerante a la salinidad y sodicidad (Aragón, 1995).</p> <p>Una indicación de la tolerancia a la salinidad durante el establecimiento del cultivo la proporciona el porcentaje de nacencia de plántulas. El porcentaje de nacencia de plántulas de girasol a 0, 4.5, 9.5, 10 y 13 dS m⁻¹ es de 80-100%, 70–75%, 30-60%, 15-55% y 0-25%, respectivamente (Doorenbos y Kassam, 1979).</p>

Fertilidad y química del suelo:

La remoción de nutrientes por cada 3.5 toneladas por hectárea es de: 131 kg N ha⁻¹, 85 kg P₂O₅ ha⁻¹, 385 kg K₂O ha⁻¹, 70 kg de MgO ha⁻¹ y 210 kg de CaO ha⁻¹ (IFA, 1992).

La extracción promedio de nutrientes por tonelada de semilla de girasol producida es la siguiente: Nitrógeno 21.3 kg, Fósforo 6.0 kg, Potasio 5.0 kg, Calcio 1.2 kg, Azufre 2.0 kg, Boro 0.0321 kg (Cruzate y Casas, 2009).

CARACTERÍSTICAS DE RESPUESTA AL CAMBIO CLIMÁTICO

Respuesta a ambientes enriquecidos de CO₂:

Es una de las plantas C₃ con menores tasas de fotorrespiración y con el punto de compensación en CO₂ más bajo. El valor de este parámetro para las plantas C₃ va de 40 a 80 ppm y el girasol se sitúa en el límite inferior de este rango. El girasol es una especie de alta eficiencia fotosintética (Viega, 1988). Bajo ambiente elevado de CO₂ (700 μmol mol⁻¹) el girasol produce 12% más de materia seca por planta cuando llega a la etapa de floración, y, 43% más cuando llega a la madurez fisiológica y senescencia. Esto con relación a una concentración de CO₂ ambiente (370 μmol mol⁻¹). Otros efectos son 38% más de materia seca en semilla, 31% más de Nitrógeno en planta y 4% menos de Nitrógeno en semilla (Miyagi *et al.*, 2007).

El incremento de CO₂ (700 ppm) aumenta el volumen de raíces en 146%. En presencia de sequía, el potencial hídrico de la hoja, la conductancia estomática y la transpiración disminuyen pero el CO₂ elevado contribuye a recuperar a la planta de tal forma que bajo sequía, las plantas con CO₂ elevado muestran mayores tasas de fotosíntesis neta que las plantas con sequía en CO₂ ambiente (Vanaja *et al.*, 2011).

Captura de carbono:

En un sistema de asociación girasol-frijol y con fertilización Nitrógeno-Fósforo controlada para eficientar rendimiento, el girasol produce 1842 g m⁻² de biomasa (Morales *et al.*, 2007), que se traduce en un rendimiento de 18.482 t ha⁻¹. Aplicando el factor de conversión a carbono (0.47, Montero *et al.*, 2004) se tiene que bajo este sistema, el girasol captura 8.686 t C ha⁻¹.

Respuesta a ozono:

La tasa de asimilación de CO₂ se reduce en presencia tanto de ozono como de cadmio, pero la conductancia estomática no se altera. La actividad de Rubisco es significativamente reducida en presencia de cadmio; el ozono y el cadmio también afectan fuertemente el metabolismo del ascorbato (Di Cagno *et al.*, 2001).

Resistencia a sequía:

Posee mecanismos de tolerancia a la sequía, que actúan de manera diversa: a) tiene un amplio sistema radicular, lo que en condiciones de suelos con capacidad de almacenaje de agua a niveles inferiores, permite explorar estas capas de suelo, manteniendo el aporte de agua a la planta; b) posee la capacidad de reducir el crecimiento foliar como respuesta al estrés hídrico, lo que provoca una reducción en las pérdidas por transpiración, aunque también provoca una merma potencial en la capacidad fotosintética del cultivo; c) es

Tolerancia a altas temperaturas:

capaz de continuar fotosintetizando a valores bajos de potencial hídrico en la planta. Esto podría implicar que o bien el cierre estomático se produce a bajos potenciales hídricos permitiendo que el intercambio gaseoso continúe, o bien la existencia de mecanismos como ajuste osmótico que aseguran un metabolismo celular normal a pesar de la existencia de deficiencias hídricas (Viega, 1988).

La influencia negativa de las altas temperaturas durante la fase de floración, varía según el régimen de temperaturas que ha soportado la planta en la fase anterior de crecimiento y desarrollo foliar. Si éstas han sido altas en la fase anterior, la planta aguantará mejor las altas temperaturas en la fase de floración. Si no es así, la planta podría sufrir situaciones de estrés (Alba y Llanos, 1990).

GLADIOLA



CARACTERÍSTICAS DESCRIPTIVAS

Nombre científico:	<i>Gladiolus</i> spp. Los cultivares en la actualidad pertenecen a los siguientes grupos: a) Multiflores: <i>Gladiolus x grandiflorus hort.</i> b) Híbridos primulinus: <i>G. x primulinus hort.</i> c) Híbridos multiflores primulinus: <i>G. x primulinus grandiflorus hort.</i> d) Miniaturas (Pixiola) (Grabowska, citado por Leszczyńska y Borys, 1994).
Nombres comunes:	Gladiola.
Familia:	Iridaceae.
Origen:	África y Euroasia (Leszczyńska y Borys, 1994). Originaria de la cuenca mediterránea y del África Austral (UTN, 2010).
Distribución:	55°LN a 50°LS.
Adaptación:	Regiones templadas y subtropicales.
Ciclo de madurez:	De plantación a floración transcurren desde menos de 70 días a más de 100 días, dependiendo del cultivar y el ambiente de cultivo (NAGC; citado por Leszczyńska y Borys, 1994).
Tipo fotosintético:	C ₃ .

REQUERIMIENTOS CLIMÁTICOS

- Fotoperíodo:** Tanto el fotoperíodo como la intensidad de la luz solar influyen en la formación de las flores. Florece en días largos. El periodo más crítico es desde cuando aparece la tercera hoja hasta cuando son visibles la sexta y la séptima. En días cortos, con baja luminosidad, se presentan problemas en la cantidad y calidad de las flores (Leszczyńska y Borys, 1994). De día largo, florece muy bien cuando los días son mayores de 12 horas luz (UTN, 2010).
- Radiación (Luz):** En el periodo cuando ocurre la iniciación floral, que es desde la tercera a la séptima hoja, deben proporcionarse las mejores condiciones de luminosidad. La falta de luz en la primera fase del desarrollo de la espiga, provoca desecamiento de las flores. La intensidad de luz debe ser mayor que 1000 joules m⁻² (Hillegon, citado por Leszczyńska y Borys, 1994). Una intensidad de luz disminuida provoca una mayor longitud de tallo pero menor número y tamaño de flores.
- Temperatura:** La temperatura óptima para el desarrollo de la gladiola es 25°C. Temperaturas menores que 10°C detienen el crecimiento de la planta. Esta especie puede resistir temperaturas mayores de 25°C, hasta 40°C, siempre y cuando la humedad del aire sea alta y la del suelo óptima (Hillegon; citado por Leszczyńska y Borys, 1994). Dos semanas después de la cosecha de los cormos, se recomienda almacenarlos a 4-8°C para romper la dormancia de éstos. Para cormos grandes se recomienda almacenarlos por 6-12 semanas, para cormos medianos durante 10-14 semanas y para cormos pequeños por 12-16 semanas. Durante este almacenamiento la temperatura no debe subir de 10°C ni bajar de 2.2°C (Leszczyńska y Borys, 1994). De 10 a 15°C por la noche y de 20-25°C por el día. La temperatura mínima es de 5 a 6°C; temperaturas superiores a 30°C son perjudiciales para la planta. La temperatura ideal del suelo es de 10 a 12°C (UTN, 2010). Bajo condiciones de baja intensidad de luz en el invierno y bajas temperaturas (1-4°C) se incrementa la ocurrencia de flores reventadas (Shillo y Halevy, 1976).
- Precipitación (agua):** Es altamente demandante de humedad. La mayor precocidad de floración, la mayor longitud de espiga, el mayor número de florecillas por espiga y el mayor peso fresco de espiga y de cómo la cosecha, se obtienen manteniendo la humedad del suelo a no menos del 90% de la capacidad de campo (Ozskinisowa y Haber; citados por Leszczyńska y Borys, 1994).

Humedad relativa: La humedad ambiental deberá estar comprendida entre el 60 y 70%, humedades inferiores al 50% provocan que el crecimiento sea más lento y favorece el desarrollo de la plaga araña roja. Exceso de humedad produce alargamiento en la planta y se presentan pudriciones por enfermedades (UTN, 2010).

REQUERIMIENTOS EDÁFICOS

Profundidad de suelo: El manto freático de los suelos arenosos debe estar de los 60 cm de profundidad en adelante y en suelos arcillo-arenosos de 75-100 cm en adelante (Grabowska; citado por Leszczyńska y Borys, 1994).

Suelos bien roturados a una profundidad de 30 cm, rico en materia orgánica (UTN, 2010).

Textura: Las gladiolas son más exigentes en estructura que en textura de suelo. Sin embargo, le resultan favorables los suelos de textura arenosa o arcillo-arenosa. En suelos pesados se debe procurar un buen drenaje, para evitar problemas por acumulación de sales (Leszczyńska y Borys, 1994).

El tipo de suelo ideal es ligero y bien drenado, aunque es posible cultivarlo en terrenos arcillosos y con buen drenaje (UTN, 2010).

Drenaje: Es exigente de un buen drenaje en el suelo, sobre todo para evitar problemas de salinización del suelo o sustrato (Leszczyńska y Borys, 1994).

Necesita de suelos bien drenados para evitar encharcamientos y enfermedades (UTN, 2010).

pH: El óptimo de pH se encuentra entre 6.5 y 7.0 (Leszczyńska y Borys, 1994; UTN, 2010).

Salinidad/Sodicidad: El contenido de cloruros debe ser menor de 3 ml equivalentes por litro del suelo o sustrato. Para gladiolas cultivadas en invernadero, el contenido de cloro en el agua de riego, debe ser menor a 200 mg por litro. Para gladiolas cultivadas a la intemperie el contenido de cloro no debe rebasar los 600 mg por litro de agua (Buschman; citado por Leszczyńska y Borys, 1994).

El contenido de sales en el agua de riego debe estar por debajo de 1800 ppm (Woltz; citado por Leszczyńska y Borys, 1994).

Requiere especial cuidado en el contenido de sales en el suelo, conductividades eléctricas mayores a 4 dS m⁻¹ son perjudiciales para el cultivo (UTN, 2010).

Fertilidad y química del suelo:

En un experimento utilizando diferentes dosis de fertilización y variedades de gladiolo se demostró que éstas no afectan las variables fenológicas, rendimiento ni calidad de la flor, pero hubo diferencia entre variedades para estas variables. Una fertilización con alto nivel de N provoca una respuesta negativa en la sanidad del cultivo, mientras la baja concentración de N, combinada con aportaciones de B y S, presentó menor mortalidad y no afectó el desarrollo del cultivo ni la calidad (González *et al.*, 2011).

CARACTERÍSTICAS DE RESPUESTA AL CAMBIO CLIMÁTICO

Respuesta a ambientes enriquecidos de CO₂:

Al someter a dos variedades de gladiolo (American Beauty and Snow Princess) a tres condiciones de CO₂, 400 (referencia), 700 y 900 ppm, Kadam *et al.* (2012) reportan que la mayor altura de planta (76.06 cm) con Snow Princess se obtuvo a 700 ppm y que a 900 ppm la altura disminuyó. Otras características que se reportaron máximas a 700 ppm fueron la longitud de tallo floral, longitud de raquis (21.43 cm), longitud de hoja (48.05 cm), número de tallos florales por planta (1.67) y duración de la floración (6 días). El número máximo de días para la emergencia de tallos florales (78.73) se registró en la variedad American Beauty a 900 ppm. El número de flores por tallo floral y el número de hojas por planta no fueron afectados significativamente por el incremento de CO₂, pero en cambio el contenido de Nitrógeno bajó, registrándose el valor más bajo de este elemento en hojas a 900 ppm. El máximo contenido de clorofila (a+b) se reportó para la concentración de 700 ppm.

Captura de carbono:

Para una producción de 10.79 g planta⁻¹ (Ruppenthal y Conte, 2005) y considerando una población de 125,000 plantas ha⁻¹ (Aranda, 2007), se producen 1349 kg ha⁻¹ de materia seca, los cuales referidos al factor de conversión de carbono (Montero *et al.*, 2004) dan como resultado una fijación de carbono en gladiolo de 634 kg C ha⁻¹.

Resistencia a sequía:

El déficit hídrico en *G. grandiflorus*, aún al nivel más ligero, disminuye la habilidad de la inflorescencia de movilizar asimilados, la incrementa en el cormo y retrasa la translocación fuera de las hojas (Robinson, 1983). La disminución de la humedad del suelo a partir de la capacidad de campo, reduce la floración en la mayoría de las etapas de desarrollo, siendo las etapas más sensibles, el periodo inmediatamente posterior a la plantación y justo antes de la emergencia de tallos florales (Shillo y Halevy, 1976).

Tolerancia a altas temperaturas:

La gladiolo es extremadamente tolerante a las altas temperaturas (hasta 50°C), siempre que la humedad relativa y la humedad del suelo estén en el óptimo para esta planta (Shillo y Halevy, 1976).

GRANADA



CARACTERÍSTICAS DESCRIPTIVAS

Nombre científico:	<i>Punica granatum</i> L.
Nombres comunes:	Granada, granado.
Familia:	Punicaceae.
Origen:	Originario de Asia (FAO, 2000).
Distribución:	Se cultiva desde hace mucho tiempo en muchos países de la cuenca mediterránea. Actualmente se cultiva en casi todas las regiones cálidas del globo, sobre todo en las subtropicales (FAO, 1982).
Adaptación:	Se adapta a climas tropical seco y húmedo (Aw), tropical húmedo (Ar), estepa o semiárido (BS), subtropical húmedo (Cf), subtropical con veranos secos (Cs) y subtropical con inviernos secos (Cw) (FAO, 2000).
Ciclo de madurez:	Perenne.
Tipo fotosintético:	C ₃ .

REQUERIMIENTOS CLIMÁTICOS

Altitud:	Crece satisfactoriamente desde los 0 hasta los 1600 msnm (FAO, 2000).
-----------------	---

Fotoperíodo:	Planta de día corto, requiere menos de 12 horas de luz por día (FAO, 2000).
Radiación (luz):	Requiere de ambientes con gran intensidad lumínica (FAO, 2000).
Temperatura:	La temperatura óptima oscila entre los 23 y 32 °C, con extremos de 8 y 40°C (FAO, 2000).
Precipitación (agua):	Crece en zonas con un mínimo de 400 mm anuales, un óptimo de 900 a 1200 y un valor máximo de precipitación anual de 4200 mm (FAO, 2000).
Humedad relativa:	90-95%; las granadas son muy susceptibles a la pérdida de agua que produce arrugamiento de la piel (FAO, 2000).

REQUERIMIENTOS EDÁFICOS

Profundidad de suelo:	Crece bien en suelos profundos, de más de 1.5 m de profundidad, aunque se puede llegar a desarrollar en suelos con profundidad media de 0.5 a 1.5 m de profundidad (FAO, 2000).
Textura:	Se adapta a suelos con texturas medias y pesadas, llegando a desarrollar en menor medida en suelos con texturas ligeras (FAO, 2000).
Drenaje:	Crece bien en suelos con buen drenaje, aunque puede desarrollarse en suelos con poco y excesivo drenaje (FAO, 2000).
pH:	Óptimo de 6.5 a 7.5, con valores mínimos de 5.8 y máximo de 8.5 (FAO, 2000).
Salinidad/Sodicidad:	Tiene tolerancia baja a la salinidad (FAO, 2000).
Fertilidad y química del suelo:	El granado no es muy exigente en cuanto al abonado, a la caída de las hojas es el momento óptimo para aportar fosfatos y potásicos, y en el momento de entrar en vegetación, los nitrogenados en fórmulas equilibradas. Las necesidades medias en elementos fertilizantes para una producción próxima a los 30.000 kg/ha por año son: 216 U.F. de N, 150 U.F. de P ₂ O ₅ y 416 U.F. de K ₂ O.

CARACTERÍSTICAS DE RESPUESTA AL CAMBIO CLIMÁTICO

Resistencia a sequía:	Soporta muy bien la sequía, pero para fructificar requiere agua en abundancia.
Tolerancia a altas temperaturas:	Tolera temperaturas elevadas, alrededor de los 40°C. Las mejores cosechas de granada se producen en regiones subtropicales, donde la época de mayores temperaturas coincide con la época de maduración de los frutos.

GUANÁBANA



CARACTERÍSTICAS DESCRIPTIVAS

- Nombre científico:** *Annona muricata* L.
- Nombres comunes:** Guanábana, manzana acanalada, guanatábano (Ibar, 1983). Zapote de viejas (México); Cabeza de negro (Oaxaca y Jalisco); Catuch, Catucho (Jalisco); Guanábana (Yucatán, Chiapas, Oaxaca); Polvox, Tak-ob (Maya, Yucatán); Caduts-at (Popoluca, Veracruz); Xunáipill (Mixe, Oaxaca); Llama de Tehuantepec (Oaxaca) (Vázquez *et al.*, 1999).
- Familia:** Annonaceae.
- Origen:** Centroamérica (Benacchio, 1982). Regiones tropicales de América del Sur (Hernández, 1981). Nativa de Mesoamérica. No se conoce con certeza su lugar de origen. Extensamente sembrada y naturalizada en los trópicos de América y de África Occidental. Se extiende a lo largo de las Antillas excepto en las Bahamas y desde México hasta Brasil (Vázquez *et al.*, 1999; Orwa *et al.*, 2009). Nativa de Puerto Rico (Orwa *et al.*, 2009; USDA, 2012), donde se planta en las laderas de las cordilleras (Orwa *et al.*, 2009).
- Distribución:** 30°LN a 30° LS (Benacchio, 1982).
- Adaptación:** Regiones tropicales y subtropicales sin periodo de heladas. Se adapta con facilidad, sobre todo en tierras bajas del trópico, con climas cálidos y húmedos (Vázquez *et al.*, 1999).

Ciclo de madurez: Perenne.
Florece de octubre a enero, fructifica de diciembre a abril. Las plantas provenientes de semillas o injertos entran en producción al tercer año. En zonas montañosas produce pocos frutos (Vázquez *et al.*, 1999).
Su fase reproductiva o de fructificación es marcadamente estacional. Bajo condiciones de riego y manejo agronómico apropiado, la producción se torna relativamente continua, con picos estacionales menos pronunciados (Miranda *et al.*, 1998).

Tipo fotosintético: C₃.

REQUERIMIENTOS CLIMÁTICOS

Altitud: 0-500 m (Benacchio, 1982). 0-1000 msnm, siendo la óptima de 400 a 600 msnm (Hernández, 1981). Hasta 1150 msnm (Vázquez *et al.*, 1999). Óptimo de 300 a 1000 msnm; <100 y >1200 msnm no es apta para cultivo (Miranda *et al.*, 1998).

Fotoperíodo: Existen cultivares tanto de día largo como de día corto (FAO, 1994).

Radiación (luz): Requiere de una estación seca con días despejados. Tolerancia a la sombra (Vázquez *et al.*, 1999). Intermedia tolerancia al sombreado (USDA, 2012).

Temperatura: El rango de temperatura es de 15 a 35°C, con un óptimo para fotosíntesis de 25 a 30°C. La temperatura media óptima va de 25 a 28°C (Benacchio, 1982).
Sensible al frío (Vázquez *et al.*, 1999).
Temperatura media anual entre 25-30°C (Orwa *et al.*, 2009).
No tolera heladas (USDA, 2012).

Precipitación (agua): 1000-1200 mm. Aguanta periodos de sequía prolongados, como también es resistente a excesos de humedad. Necesita de una estación seca bien definida (Benacchio, 1982).
Puede cultivarse en zonas con estación seca moderada (Hernández, 1981).
Óptima entre 1300-1700 mm, con amplitud desde 1000 a 2000 mm; rangos mayores afectan (Miranda *et al.*, 1998).
> 1000 mm (Orwa *et al.*, 2009).

Humedad relativa: Prefiere una atmósfera relativamente seca (Benacchio, 1982).
Óptima entre 60 y 75%, <50 o >80% afectan la producción (Miranda *et al.*, 1998).

REQUERIMIENTOS EDÁFICOS

Profundidad de suelo: No es exigente de suelos profundos y puede prosperar en suelos delgados (FAO, 1994), con un espesor de por lo menos 60-70 cm.
Sin embargo, la obtención de los más altos rendimientos se producen en suelos profundos (Benacchio, 1982).
Suelos profundos, ya que su raíz profundiza a más de 1.5 m (Orwa *et al.*, 2009).

Textura:	Los mejores suelos son los de textura franca o franco-arcillosa (Benacchio, 1982), aunque puede desarrollar en otros tipos de textura. Esta planta prefiere suelos francos, pudiendo variar de arenosos a arcillosos, aunque no se consideran aptos los arcillosos (Miranda <i>et al.</i> , 1998). Desarrolla en todo tipo de textura (fina, media o gruesa) (Vázquez <i>et al.</i> , 1999; USDA, 2012).
Drenaje:	Requiere suelos con drenaje de bueno a excelente (FAO, 1994), sin embargo, tolera suelos someros e inundación temporal (Vázquez <i>et al.</i> , 1999).
pH:	El óptimo se ubica en 5-7 (Benacchio, 1982, USDA, 2012). 4.3 a 8.0, siendo el óptimo 6.0 (FAO, 1994). Ligeramente ácido: pH de 5.5 a 6.5 (Hernández, 1981; Vázquez <i>et al.</i> , 1999; Orwa <i>et al.</i> , 2009).
Salinidad/Sodicidad:	Sensible a salinidad (Vázquez <i>et al.</i> , 1999).

CARACTERÍSTICAS DE RESPUESTA AL CAMBIO CLIMÁTICO

Resistencia a sequía:	Tolerancia media (USDA, 2012). Con sequía prolongada pierde las hojas y sólo se recupera con riego suplementario (Orwa <i>et al.</i> , 2009). Estudios realizados en <i>Annona squamosa</i> , una especie emparentada con la chirimoya, ha mostrado ausencia de daño de la maquinaria fotosintética en presencia de déficit hídrico, lo cual es un indicativo de cierta tolerancia a la sequía (Monteiro <i>et al.</i> , 2010).
Tolerancia a altas temperaturas:	Es tolerante al calor. Puede tolerar temperaturas hasta de 45°C. Esta tolerancia al calor ha sido medida en hojas a través de la fluorescencia de la clorofila (Yamada <i>et al.</i> , 1996).

GUAYABA



CARACTERÍSTICAS DESCRIPTIVAS

Nombre científico:	<i>Psidium guajava</i> L. Burm.
Nombres comunes:	Guayaba, guava.
Familia:	Myrtaceae.
Origen:	Brasil (Menon, 1950).
Distribución:	Ampliamente distribuido por toda la América tropical y la mayor parte de la subtropical; actualmente se encuentra en toda la zona tropical y subtropical del mundo (Orduz y Rangel, 2002).
Adaptación:	Regiones tropicales y subtropicales (Cobley, 1977), subhúmedas y semiáridas (Ruiz y Medina, 1993).
Ciclo de madurez:	Perenne. Bajo sistemas de producción forzada, el ciclo primer riego-cosecha toma 210 a 290 días (Ruiz, 1991).
Tipo fotosintético:	C ₃ .

REQUERIMIENTOS CLIMÁTICOS

Altitud:	Posee buena producción hasta alturas cercanas a los 1500 msnm y sobrevive hasta los 2000 msnm (Orduz y Rangel, 2002). Alturas debajo de los 800 msnm (PROMOSTA, 2005b).
Fotoperíodo:	De manera natural, se considera una planta de día corto (FAO, 1994).

Radiación (luz):	Para la obtención de frutos consistentes es determinante la presencia de días despejados durante la formación y maduración del fruto. La planta debe someterse a la radiación solar en forma directa a plena luz solar (PROMOSTA, 2005b).
Temperatura:	La media anual óptima es 23-28°C (Baraldi, 1975). Rango 15-35°C. Óptima para fotosíntesis 25-30°C (Benacchio, 1982). Árboles jóvenes pueden ser destruidos a -2°C (Le Bourdelles y Estanove, 1967). Árboles jóvenes pueden ser destruidos a una temperatura de -1.7°C y árboles viejos a una temperatura de -3.3°C (Ruehle, 1959). La temperatura máxima letal es 45°C (Baraldi, 1975). La temperatura umbral mínima para desarrollo es 9.2°C para la brotación, 14.8°C para la etapa brotación-botón floral, 10°C para la etapa botón floral-inicio de floración y 8.4°C para la etapa inicio de floración-inicio de cosecha (Ruiz <i>et al.</i> , 1992). La temperatura óptima se encuentra entre los 18 y 28°C, temperaturas muy bajas cercanas a 0°C dañan la planta y los frutos (Orduz y Rangel, 2002). Requiere temperaturas comprendidas entre los 15 y 34°C (PROMOSTA, 2005b).
Precipitación (agua):	Bajo condiciones de temporal requiere de 600-1000 mm (Benacchio, 1982). Es más resistente a la sequía que la mayoría de los frutales tropicales (Baraldi, 1975). Tolera altas precipitaciones. La precipitación mínima requerida se encuentra alrededor de los 1000 mm (Orduz y Rangel, 2002). Precipitación anual entre 1000 y 3800 mm (PROMOSTA, 2005b).
Humedad relativa:	Prefiere atmósfera seca (Benacchio, 1982). Humedad relativa del 70-90% (PROMOSTA, 2005b).

REQUERIMIENTOS EDÁFICOS

Profundidad de suelo:	>60 cm. Puede darse incluso en suelos de poca profundidad (FAO, 1994).
Textura:	No es muy exigente en el aspecto suelos, incluso puede darse en terrenos calichosos, clasificados como no aptos para otras especies (Ruiz y Medina, 1993). Se da en una gran variedad de texturas, pero prefiere suelos francos, limosos y franco-arcillosos (Naithani y Srivastava; citados por Baraldi, 1975). Prefiere suelos de textura pesada (FAO, 1994).
Drenaje:	Requiere suelos con drenaje de bueno a excelente (FAO, 1994).

pH:	4.5-8.2 (Taha <i>et al.</i> ; citados por Baraldi, 1975). El rango de pH para esta especie es de 4.5 a 8.2, con un óptimo de 6.3 (FAO, 1994). Se adapta a suelos con un pH entre 5 y 7; con pH superiores presenta deficiencias de Zinc y Hierro (Orduz y Rangel, 2002).
Salinidad/Sodicidad:	Tolera un nivel considerable de sales (Taha <i>et al.</i> , citados por Baraldi, 1975). Presenta ligera a moderada tolerancia a la salinidad del suelo (FAO, 1994).
Fertilidad y química del suelo:	Para el caso de los frutos, sus necesidades nutrimentales son muy altas y se dan en el siguiente orden: K>N>P>S>Mg>Ca>Mn>Fe>Zn>Cu>B (Domínguez, citado por Perales <i>et al.</i> , 2002). De acuerdo con Maldonado (citado por Perales <i>et al.</i> , 2002) se estima que para producir una tonelada de fruta, la planta extrae 6.29, 0.61, 8.33 y 4.98 kg de N, P, K y Ca, respectivamente. Por su parte Domínguez (citado por Perales <i>et al.</i> , 2002) señala que una huerta con 285 árboles ha ⁻¹ , extrae 7.4, 0.6, 5.9, 6.5, 1.8, 1.4, 0.022, 0.122, 0.207, 0.282 y 0.021 kg de N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn y Zn, respectivamente. A partir de investigaciones en la estación Experimental Plaitas de Comayagua, se recomienda la siguiente fertilización para guayaba taiwanesa: plantas de 1 año de edad 4 g planta ⁻¹ de N y P y 40 g planta ⁻¹ de K; plantas de 2 años requieren de 60 g planta ⁻¹ de N, P y K; 3-4 años requieren 120 g planta ⁻¹ de N y K y 100 g planta ⁻¹ de P; 5-6 años 200 g planta ⁻¹ de N y K y 120 de P; 7-8 años 250 g planta ⁻¹ de N y K y 140 de P; 9-10 años 300 g planta ⁻¹ de N y K y 180 g planta ⁻¹ de P; plantas mayores de 11 años requieren de 400 g planta ⁻¹ de N y K y 200 g planta ⁻¹ de P (PROMOSTA, 2005b).

CARACTERÍSTICAS DE RESPUESTA AL CAMBIO CLIMÁTICO

Respuesta a ambientes enriquecidos de CO₂:	Un incremento en 300 ppm de la concentración actual de CO ₂ atmosférico, produciría un incremento de 36% en la producción de biomasa de guayaba (Idso, 2013).
Captura de carbono:	La composta y el estiércol utilizados como fuentes de materia orgánica, cumplen el objetivo de incrementar la captura de carbono en el suelo de las huertas de guayaba (Jiménez <i>et al.</i> , 2013).
Respuesta a ozono:	Psidium guajava “Paluma” ha sido reportada como planta bioindicadora de ozono (Furlan <i>et al.</i> , 2007). La acumulación de un compuesto fenólico se describe como un síntoma resultante de la presencia de O ₃ , provocando una pigmentación rojiza en las hojas.

Resistencia a sequía:

Es una planta bastante resistente a la sequía, ya que ha sobrevivido a sistemas tradicionales que imponen sequía extrema al árbol, tales como el “calmeo” que implica retirar el riego una vez obtenida la cosecha, recibiendo agua de nuevo una vez que comienza el ciclo de lluvias o cuando el productor decide reanudar el riego. En este proceso el árbol fácilmente puede experimentar varios meses sin agua, por lo que pierde su follaje por completo (Ruiz *et al.*, 1992).

Tolerancia a altas temperaturas:

El guayabo es resistente a altas temperaturas. En las zonas productoras del estado de Zacatecas, México, el árbol soporta sin problemas periodos con temperaturas máximas cercanas a los 40°C (Medina y Ruiz, 2004).

GUAYABA FRESA



CARACTERÍSTICAS DESCRIPTIVAS

Nombre científico:	<i>Psidium cattleianum</i> Afzel. Ex. Sabine.
Nombres comunes:	Guayaba fresa, guayabo peruano, guayabita del Perú, Araçá. El fruto contiene sustancias antioxidantes, antimicrobiales y que tienen un efecto antiproliferativo del cáncer en células humanas (Lisboa <i>et al.</i> , 2011).
Familia:	Myrtaceae.
Origen:	Nativa de Brasil (Geilfus, 1994).
Distribución:	15°-40° LN Y LS (FAO, 2000).
Adaptación:	Regiones subtropicales (Geilfus, 1994), con clima cálido, semicálido o templado, semisecos o secos.
Ciclo de madurez:	Perenne.
Tipo fotosintético:	C ₃ .

REQUERIMIENTOS CLIMÁTICOS

Altitud:	A partir de los 700 msnm (Geilfus, 1994).
Fotoperíodo:	Cultivo de día corto (FAO, 2000).

Radiación (luz):	Es una planta que prefiere días soleados y se considera más una especie de luz completa que de media sombra.
Temperatura:	Se desarrolla satisfactoriamente en zonas con temperaturas anuales mínima de 22°C, media de 25°C y máxima de 28°C (FAO, 2000). La floración y fructificación se estimulan con temperaturas por debajo de 18°C.
Precipitación (agua):	Requiere de 1600 a 2000 mm de precipitación anual (FAO, 2009). Se adapta y produce satisfactoriamente en regiones con no menos de 1000-1200 mm anuales de lluvia, siempre que su distribución sea más o menos uniforme durante el año.
Humedad relativa:	Le son favorables ambientes con una humedad relativa de moderada a alta; sin embargo, desarrolla bastante bien aún en épocas del año en que la humedad relativa se conserva por debajo de 50%.

REQUERIMIENTOS EDÁFICOS

Profundidad de suelo:	Con gran profundidad, no se adapta a suelos superficiales (Geilfus, 1994). Suelos profundos, más de 150 cm (FAO, 2000).
Textura:	Suelos arcillosos (Geilfus, 1994).
pH:	5.5-6.5 (FAO, 2000). 6.0 a 7.5 es el pH ideal.
Salinidad/Sodicidad:	Baja tolerancia a la salinidad (FAO, 2000).

CARACTERÍSTICAS DE RESPUESTA AL CAMBIO CLIMÁTICO

Resistencia a sequía:	Puede soportar periodos cortos de sequía, sin embargo su requerimiento de agua no es muy elevado.
------------------------------	---

HABA



CARACTERÍSTICAS DESCRIPTIVAS

- Nombre científico:** *Vicia faba* L.
- Nombres comunes:** Haba, haba de caballo, frijol de campo, fava, feverole.
- Familia:** Fabaceae (Leguminosae).
- Origen:** Cercano Oriente (Zahorí y Hopo; citados por Summerfield y Roberts, 1985d). Región Mediterránea y Asia Suroccidental (González, 1984; Confalone, 2008). Cercano Oriente (Bond, 1976; Solórzano, 1981; Confalone, 2008).
- Distribución:** 52°C LN a 50° LS (Percival; citado por Summerfield y Roberts, 1985d). Especie dividida en cuatro variedades botánicas: *paucijuga*, una forma primitiva, que se puede encontrar desde la India a Afganistán; *major*, de semilla grande, en el Mediterráneo sur, China y Latinoamérica; *equina*, con semilla de tamaño intermedio, en el norte de África y Egipto; y *minor*, con semilla de tamaño pequeño, en Etiopía y norte de Europa (Cubero; Duc; citados por Confalone, 2008).
- Adaptación:** Regiones subtropicales, templadas y tropicales de altura, con régimen subhúmedo (FAO, 1994). Regiones áridas y semiáridas, húmedas con estación seca, cálidas, semicálidas, templadas, semifrías (Aragón, 1995). En primavera en latitudes septentrionales, y en otoño/invierno en zonas templadas y subtropicales (Duc, 1997). Clima mediterráneo y regiones templadas (Confalone, 2008).

- Ciclo de madurez:** 100 – 150 días (FAO, 1994).
4 – 7 meses (Frére y Popov, 1979).
90 – 220 días (Kay, 1979).
Primera flor de 70 a 85 días después de la siembra (dds) e inicio de vainas 83-105 dds, mientras que el ciclo completo es de aproximadamente 124-128 días (Agung y McDonald, 1998).
El ciclo completo requiere de 2317-2580 grados-día (Mwanamwenge *et al.*, 1999).
Especie de día largo, sus rendimientos se ven influidos por la fecha de siembra (Confalone, 2008).
- Tipo fotosintético:** C₃.

REQUERIMIENTOS CLIMÁTICOS

- Altitud:** Desde el nivel del mar (en latitudes medias) hasta 2700 m (en latitudes bajas).
Desarrolla en altitudes de 1800 a 3050 m. La óptima para mayores rendimientos oscila entre 2000 y 2650 m (Frére y Popov, 1979; Aragón, 1995).
- Fotoperíodo:** Es una planta de día neutro (FAO, 1994).
Existen muchos genotipos que responden al fotoperíodo como plantas de día largo con tendencia cuantitativa. Los genotipos de floración temprana, en cambio, se comportan como plantas indiferentes a la duración del día (Evans; citado por Summerfield y Roberts, 1985d).
Planta de día largo cuantitativa (Summerfield *et al.*, citados por Confalone, 2008) ya que su floración inicia más rápidamente en días largos, pero no es inhibida (carácter cualitativo) bajo días cortos, sino sólo retrasada.
- Radiación (luz):** Le favorecen los ambientes moderadamente soleados (FAO, 1994).
Le son favorables periodos de alta radiación, debido a que sus hojas son erectas. En el Mediterráneo intercepta 95% de la radiación fotosintéticamente activa, con una eficiencia de 1.79 gMJ⁻¹ (Mínguez *et al.*, 1993); mientras que en otras regiones registró 1.35 gMJ⁻¹ (Husain *et al.*, citado por Confalone, 2008).
- Temperatura:** Esta especie tolera el frío (Gispert y Prats, 1985).
El rango térmico para el desarrollo se ubica entre 5 y 28°C, con un óptimo alrededor de los 17°C (FAO, 1994).
Con excepción de los genotipos de floración temprana, muchas variedades responden a la vernalización adelantando su floración (Evans; citado por Summerfield y Roberts, 1985d).
La vernalización es más rápida a 10°C que a temperaturas más bajas y puede realizarse durante el desarrollo del embrión en la planta madre, durante la germinación o más efectivamente durante el crecimiento de la plántula (Summerfield y Roberts, 1985d).

Desarrolla bien en estaciones con temperatura poco extrema, más o menos uniforme. Con excepción de la etapa de floración, el haba tolera temperaturas de hasta -2 a -4°C. En zonas muy cálidas y húmedas se presenta esterilidad (Aragón, 1995).

La temperatura media óptima oscila entre 11.5 y 16°C durante el ciclo de cultivo.

Temperaturas constantes por arriba de 23°C, así como una fluctuación térmica diaria con temperaturas diurnas superiores a 20°C y temperaturas nocturnas debajo de 10°C, pueden inhibir la floración (Evans; citado por Summerfield y Roberts, 1985d).

Temperatura óptima para floración 19.9-25.4°C (Agung y McDonald, 1998).

La temperatura base para formación de vainas y madurez fisiológica es de 2.5°C (Confalone, 2008).

Para la germinación la temperatura mínima, óptima y máxima son 7, 12-20 y 30°C, respectivamente. La temperatura de congelación es de -5°C, mientras que la mínima, óptima y máxima para desarrollo son en ese orden 8-10, 18-22 y 35°C (Yuste, 1997a).

Precipitación (agua):

El cultivo puede lograrse con precipitaciones desde 200 hasta 2600 mm, sin embargo el nivel óptimo de precipitación está alrededor de los 1000 mm (FAO, 1994).

530–1600 mm bien distribuidos durante el ciclo de cultivo (Frére y Popov, 1979; Aragón, 1995).

Tolera sequía (Frére y Popov, 1979).

Para plantas con una altura promedio de 80 cm, el coeficiente de cultivo (Kc) para las etapas inicial, intermedia y final es 0.5, 1.15 y 0.3, respectivamente; mientras que para consumo en fresco los Kc son 0.5, 1.15 y 1.1 (Allen *et al.*, 2006).

Humedad relativa:

Desarrolla bien en atmósferas moderadamente húmedas. Alta humedad relativa combinada con un periodo de baja humedad relativa, favorece incidencia de enfermedades (Cardona *et al.*, 1982).

REQUERIMIENTOS EDÁFICOS

Profundidad de suelo:

Requiere los suelos de mediana profundidad (FAO, 1994). Desarrolla en suelos con una profundidad efectiva mínima de 25–35 cm, aunque en climas cálidos requiere suelos más profundos (Aragón, 1995; Confalone, 2008) con mayor capacidad de termorregulación.

Textura:

Suelo de textura media a pesada (FAO, 1994).

Los suelos con textura migajón-arenosa y arenosa son de mediana y baja productividad (Crispín *et al.*, 1978).

Prefiere los suelos de textura media, como los francos, franco-arenosos y franco-arcillosos (Aragón, 1995).

Drenaje:

Requiere suelos con buen drenaje (FAO, 1994)

Exposición de terreno:	Pendiente de 0 – 10% (Aragón, 1995). Debido a su capacidad para captar alta radiación solar, se adapta bien a pendientes pronunciadas, sobre todo en suelos arcillosos (Confalone, 2008).
pH:	El rango de pH para esta especie es de 4.2 a 8.6, siendo el óptimo alrededor de 7.0 (FAO, 1994). Rango 5.0 – 7.0 (Spurway; citado por Vázquez, 1996). El óptimo está arriba de 7.2 (Gispert y Prats, 1985). pH óptimo, 5.5-7.5 (Castellanos <i>et al.</i> , 2000).
Salinidad/Sodicidad:	Es una especie ligeramente tolerante a la salinidad (FAO, 1994; Aragón 1995), esto es, presenta daños a bajos niveles de conductividad eléctrica. Moderadamente sensible a la salinidad (Castellanos <i>et al.</i> , 2000; Sánchez, 2001); menos sensible que frijol. A una C.E.≈ 2 dS m ⁻¹ el rendimiento disminuye 4%; a C.E.≈ 3 dS m ⁻¹ , 13%; a C.E.≈ 4 dS m ⁻¹ , reduce su producción en 23% (Castellanos <i>et al.</i> , 2000). De acuerdo con Ayers y Westcot (1985) <i>V. faba</i> puede tolerar una conductividad eléctrica de hasta 1.5 dS m ⁻¹ sin afectaciones al rendimiento; sin embargo a 2.6, 4.2, 6.8 y 12 dS m ⁻¹ el rendimiento se reduce 10, 25, 50 y 100%.
Fertilidad y química del suelo:	Los requerimientos nutricionales para producir 1 t de haba son: 60-13.5-48 kg ha ⁻¹ de N-P ₂ O ₅ -K ₂ O ₅ . La mayor parte de su demanda de N la cubre mediante fijación atmosférica. Aproximadamente 3 t ha ⁻¹ de rastrojo aportan 80 kg ha ⁻¹ de N al siguiente cultivo (Castellanos <i>et al.</i> , 2000). La fijación de N ₂ (100 a 120 kg ha ⁻¹ de N) influye más en los cambios fisiológicos de la planta y su producción de biomasa y rendimiento, respecto a la aplicación de N (Choudhry, 2012).

CARACTERÍSTICAS DE RESPUESTA AL CAMBIO CLIMÁTICO

Respuesta a ambientes enriquecidos de CO₂:	En ambientes enriquecidos con 700 ppm, aumenta 25% el número de flores y 17% el periodo de floración (Osborne <i>et al.</i> , 1997). Al doble de la concentración actual de CO ₂ en el aire, incrementa la biomasa en 42% (Tang <i>et al.</i> , 2006). El incremento de CO ₂ estimula la fotosíntesis de la hoja y promueve el incremento del contenido de carbohidratos solubles y totales en hojas, el valor de índice de área foliar y las tasas de flujo de CO ₂ del suelo a través de la estación de crecimiento (Ali, 2008).
Captura de carbono:	Asumiendo una biomasa de 13 t ha ⁻¹ (Confalone, 2008) y el factor de conversión a carbono (0.47% de materia seca) (Montero <i>et al.</i> , 2004), se estima una captura de 6.11 t ha ⁻¹ año ⁻¹ de carbono.

Respuesta a ozono:	<p>Planta sensible al ozono (Krupa <i>et al.</i>, 2001). Con la presencia de ozono decrece la respiración en las raíces de leguminosas (Grantz <i>et al.</i>, 2003). Altas concentraciones de ozono (49-79 nmol mol⁻¹) inhiben la fijación de Nitrógeno atmosférico (Tu <i>et al.</i>, 2009). Exposiciones de 1.5 h día⁻¹ durante 30 días, a concentraciones de 80 ppb de ozono, reducen el rendimiento en 29.5% (Rai y Agrawal, 2012). O₃ a concentraciones de 80 ppb por 4-5 h o 70 ppb por 1-2 días, bajo condiciones húmedas y nubladas, provoca pequeñas manchas decoloradas que dan un aspecto de bronceado en las superficies superiores de las hojas y las vainas (Johnson, 2008).</p>
Respuesta a radiación UV-B:	<p>La planta desarrolla mecanismos de protección (síntesis de flavonoides y otros compuestos fenólicos) contra altos niveles de radiación UV-B, disminuyendo el daño a nivel fotosintético y de DNA (Tapia <i>et al.</i>, 2010). Sensible a daños por radiación UV-B, disminuye rendimiento en 23% (Hassan <i>et al.</i>, 2011).</p>
Resistencia a sequía:	<p>Tolera sequía (Frére y Popov, 1979). Tolerancia según genotipo, los cultivares de hábito determinado son más sensibles (Pilbeam <i>et al.</i>, 1992). Mecanismos de escape en temporal: aumentar densidad de plantas y disminuir distancia entre hileras para conservar humedad del suelo y que las raíces al alongarse hagan un uso eficiente de ella (Silim y Saxena, 1993). Las etapas críticas por sequía son el llenado de grano y la floración; si la sequía ocurre en estas etapas el rendimiento disminuye hasta 50% (Wichmann, 1992; Mwanamwenge <i>et al.</i>, 1999). Sequías moderadas a fuertes reducen 27% el rendimiento (Hassan <i>et al.</i>, 2011).</p>
Tolerancia a altas temperaturas:	<p>En zonas muy cálidas y húmedas se presenta esterilidad (Aragón, 1995). Es susceptible a altas temperaturas, ya que éstas inducen la abscisión de órganos reproductivos, reduciendo el rendimiento (Omae <i>et al.</i>, 2006). Las altas temperaturas disminuyen el rendimiento debido a que afectan la fecundación y hay menor producción de polen (Thuzar <i>et al.</i>, 2010).</p>

HIERBABUENA



CARACTERÍSTICAS DESCRIPTIVAS

- Nombre científico:** *Mentha spicata* L.; *Mentha x piperita* L.
- Nombres comunes:** Hierbabuena, yerbabuena, sándalo, sándalo de huerta, sándalo de jardín, hojas de Santa María.
- Familia:** Lamiaceae.
- Origen:** Originaria de Europa, Asia y África boreal (BDMTM, 2009).
- Distribución:** El género *Mentha* se encuentra distribuido en los cinco continentes (Harley y Brighton, 1977; Gobert *et al.*, 2002; Bonzani *et al.*, 2007).
- Adaptación:** Se adapta a climas de tipo tropical húmedo y seco (Aw), tropical húmedo (Ar), subtropical húmedo (Cf), subtropical con veranos secos (Cs), subtropical con inviernos secos (Cw), templado oceánico (Do), templado continental (Dc), templado con inviernos húmedos (Df) y templado con inviernos secos (Dw) (FAO, 2000).
- Tipo fotosintético:** C₃.

REQUERIMIENTOS CLIMÁTICOS

- Altitud:** Se desarrolla hasta los 1000 metros de altitud (FAO, 2000). Desde el nivel del mar hasta los 2000 metros (BDMTM, 2009).
- Fotoperíodo:** Responde a fotoperíodos de día largo, requiere más de 14 horas luz por día (FAO, 2000).

Radiación (luz):	Lugares soleados pero con ligera sombra (Mendiola y Martín, 2009).
Temperatura:	Los rangos de temperatura óptimos para el desarrollo de esta especie oscilan entre 15 y 25°C, con valores extremos de 4 y 36°C (FAO, 2000).
Precipitación (agua):	Como mínimo requiere de 600 mm anuales, con un rango óptimo de 900 a 1200 y un máximo de 2200, para su desarrollo apto (FAO, 2000).

REQUERIMIENTOS EDÁFICOS

Profundidad de suelo:	Suelos con profundidad de 50 a 150 cm, pudiéndose desarrollar también en suelos someros (20-50 cm de profundidad) (FAO, 2000).
Textura:	Suelos con textura media para crecimiento óptimo. Crece también en suelos ligeros y pesados (FAO, 2000).
Drenaje:	Requiere buen drenaje (FAO, 2000).
pH:	Óptimo de 6-6.5 con valores absolutos de 5.5 y 8.3 (FAO, 2000).
Salinidad/Sodicidad:	Presenta baja tolerancia a la salinidad (FAO, 2000).

CARACTERÍSTICAS DE RESPUESTA AL CAMBIO CLIMÁTICO

Resistencia a sequía:	No se considera una planta resistente a sequía.
Tolerancia a altas temperaturas:	Dado que es una planta de origen templado, no tolera las altas temperaturas, más bien tolera bajas temperaturas.

HIGO



CARACTERÍSTICAS DESCRIPTIVAS

Nombre científico:	<i>Ficus carica</i> L.
Nombres comunes:	Higuera, higo.
Familia:	<i>Moraceae</i> .
Origen:	Asia Menor y Cuenca Mediterránea (González, 1984)
Distribución:	45°LN a 40°LS (Benacchio, 1982).
Adaptación:	Regiones subtropicales, áridas y semiáridas, húmeda con estación seca, cálidas, semicálidas o templadas (Soler, 1980; Aragón, 1995).
Ciclo de madurez:	Perenne, con un ciclo de producción de 120 a 300 días (FAO, 1994).
Tipo fotosintético:	C ₃ .

REQUERIMIENTOS CLIMÁTICOS

Altitud:	El límite comercial se encuentra entre 750 y 1000 m (Soler, 1980). 600-1800 m (Benacchio, 1982). 30-1800 m. Los árboles fructifican abundantemente en las laderas de las cordilleras montañosas o en elevaciones aproximadamente 900 a 1800 m sobre el nivel del mar, en regiones tropicales y subtropicales (Aragón, 1995).
Fotoperíodo:	Es una planta de día neutro (FAO, 1994).

Temperatura: La planta adulta de esta especie tolera temperaturas de hasta -10°C, mientras que plantas jóvenes (1-4 años) toleran un enfriamiento de -4.4 a -6.7°C (Soler, 1980). El rango térmico de desarrollo es 4-38°C, con un óptimo de 18°C (FAO, 1994). Rango 10-35°C, con un óptimo para fotosíntesis de 25-30°C. La temperatura media mínima debería ser superior a los 12°C. Es conveniente un periodo relativamente frío (Benacchio, 1982). La temperatura de congelación para la fruta es de -2.4°C (FAO, 2010).

Precipitación (agua): Las mayores producciones se obtienen en regiones semiáridas bajo condiciones de riego. Prospera en regiones donde la precipitación durante el ciclo de producción es de 300 a 2700 mm, siendo el óptimo alrededor de 1500 mm (FAO, 1994). Requiere de 600 a 1500 mm. Desarrolla muy bien en regiones semiáridas si se dispone de riego. El higo es resistente a la sequía, no tolera excesos de humedad (Benacchio, 1982).

Humedad relativa: Esta especie desarrolla bien en atmósferas relativamente secas.

REQUERIMIENTOS EDÁFICOS

Profundidad de suelo: Desarrolla adecuadamente en suelos de mediana profundidad (FAO, 1994), aunque para la obtención de máximos rendimientos se prefieren suelos profundos (Benacchio, 1982).

Textura: Prefiere suelos con textura media (FAO, 1994). Prospera en suelos francos y franco-arcillosos (Benacchio, 1982). No debe plantarse en suelos arenosos (Aragón, 1995). Le son favorables suelos de textura franco-arcillosa (Soler, 1980)

Drenaje: Requiere suelos con drenaje de bueno a excelente (FAO, 1994).

pH: El rango de pH para esta especie es de 5.5 a 7.0. Los mejores suelos son los de origen calcáreo (Benacchio, 1982). Su rango de pH está entre 4.3 y 8.6, siendo el óptimo 6.5 (FAO, 1994). Se prefieren los suelos ligeramente ácidos o neutros (Aragón, 1995).

Salinidad/Sodicidad: Es una especie ligeramente tolerante a la salinidad (FAO, 1994). La CE umbral es de 4.2 dS m⁻¹ a 25°C; la CE para reducción del rendimiento de 0, 10, 25 y 50%, es 2.7, 3.8, 5.5 y 8.4 dS m⁻¹ a 25°C, respectivamente (Porta *et al.*, 1999).

CARACTERÍSTICAS DE RESPUESTA AL CAMBIO CLIMÁTICO

- Resistencia a sequía:** Es muy resistente a la sequía. Posee mecanismos fisiológicos que la hacen adaptarse aún a sequías intensas, contexto bajo el cual la planta permanece en reposo, produciendo pocas hojas y no fructificando.
- Tolerancia a altas temperaturas:** Tolera muy bien las altas temperaturas, incluso superiores a los 42-45°C, lo cual hace que esta especie no interrumpa su crecimiento y desarrollo aún bajo estas condiciones.

HIGUERILLA



CARACTERÍSTICAS DESCRIPTIVAS

Nombre científico:	<i>Ricinus communis</i> L.
Nombres comunes:	Higuera.
Familia:	Euphorbiaceae.
Origen:	África (González, 1984).
Distribución:	45°LN a 45°LS.
Adaptación:	Regiones tropicales y subtropicales húmedas y subhúmedas (Elías y Castellvi, 1996). Opción de cultivo en áreas no recomendables para cultivos anuales (González, 1984). Áreas tropicales y subtropicales semiáridas con baja precipitación pluvial (Vanaja <i>et al.</i> , 2008).
Ciclo de madurez:	En climas tropicales la planta dura más de un año. Las variedades precoces tienen un ciclo de tres a cinco meses (Elías y Castellvi, 1996). 120 a 210 días (FAO, 1994).
Tipo fotosintético:	C ₃ .

REQUERIMIENTOS CLIMÁTICOS

Altitud:	0-1800m. Se produce a diferentes altitudes (González, 1984).
Fotoperíodo:	Es una especie de día neutro y día largo (FAO, 2000).
Radiación (luz):	Le favorecen los días soleados.

Temperatura:	Es una planta anual que requiere mucho calor. Las variedades de 3 a 5 meses de ciclo de maduración, requieren de una suma térmica de 3000° sobre una base de 10° para que madure el brote central. Las bajas temperaturas dañan brotes y las plantas maduras se dañan e incluso mueren a temperaturas de -2 a -3°C (Elías y Castellvi, 1996). Rango 15-35°C, con un óptimo de 23°C (FAO, 1994). Una temperatura de 15.6°C sostenida (por lo menos durante 10 días) en los primeros 20 cm de suelo, es adecuada para llevar a cabo la siembra o plantación de higuierilla en el campo (Brigham, 1993). Requiere de un periodo libre de heladas de al menos 140-180 días. A temperaturas sostenidas por arriba de 38°C puede fallar la formación de semilla (Purseglove, 1987).
Precipitación (agua):	Requiere de mucha humedad, aunque le es perjudicial un exceso de agua (Elías y Castellvi, 1996). Requiere un mínimo estimado de 400 a 800 mm anuales. Los límites mínimos y máximos de precipitación anual son 375 y 1000 mm, respectivamente, con un óptimo de 600 mm (FAO, 1994). No es muy exigente en agua y puede prosperar bajo un régimen bajo a medio de precipitación (Purseglove, 1987). Requiere una estación de crecimiento mínima de 140 días con un óptimo de 150-160 días para máxima producción de semilla (Brigham, 1993). Sin embargo la higuierilla es mayormente cultivada en regiones tropicales y subtropicales semiáridas de baja precipitación (Vanaja <i>et al.</i> , 2008). El coeficiente de cultivo (Kc) para las etapas inicial, intermedia y final es 0.35, 1.15 y 0.55, respectivamente (Allen <i>et al.</i> , 2006).
Humedad relativa:	Prospera en atmósferas de humedad relativa baja (Brigham, 1993).

REQUERIMIENTOS EDÁFICOS

Profundidad de suelo:	Dado que constituye una opción para áreas en las que no prosperan la mayoría de los cultivos anuales (González, 1984), para esta especie llegan a ser suficientes 40 cm de suelo. Sin embargo, para alcanzar los más altos rendimientos, se requieren suelos profundos, mayores a 1 m (FAO, 1994).
Textura:	Prefiere suelos con textura media o fina (Brigham, 1993). Los mejores suelos son los migajones arenosos y los migajones arcillosos (Purseglove, 1987).
Drenaje:	Requiere buen drenaje (Elías y Castellvi, 1996).
pH:	Prospera en un rango de 5.0 a 8.0, con un óptimo de 6.5 (FAO, 1994).
Salinidad/Sodicidad:	Es una especie ligeramente tolerante a la salinidad (FAO, 1994).

Fertilidad y química del suelo:

Se desarrolla en suelos con alta fertilidad, aunque puede llegar a desarrollarse en suelos con fertilidad moderada (FAO, 2000).

CARACTERÍSTICAS DE RESPUESTA AL CAMBIO CLIMÁTICO

Respuesta a ambientes enriquecidos de CO₂:

Las características de crecimiento, como longitudes de raíces y brotes, volumen de raíces, área foliar, peso seco de diferentes partes de la planta, duración del área foliar y tasa de crecimiento de la planta, se incrementaron con 550 y 700 ppm de CO₂ en comparación con CO₂ ambiente. La longitud de panoja y el rendimiento de semilla de las panojas de primer orden, también se incrementaron bajo CO₂ elevado. Esta condición de CO₂ incrementó significativamente la biomasa total y el rendimiento de la higuera, sin embargo, no cambió el contenido y calidad del aceite de higuera. La respuesta positiva de la higuera al incremento de dióxido de carbono es un buen indicador de su futura presencia (y tal vez abundancia) en condiciones climáticas que traerá consigo el cambio climático (Vanaja *et al.*, 2008).

El CO₂ elevado (700 ppm) estimuló el crecimiento de las hojas más que el CO₂ ambiente (350 ppm). Las concentraciones de glucosa y fructosa exhibieron el mismo ritmo diario en ambas condiciones de dióxido de carbono. Las concentraciones de sacarosa permanecieron relativamente constantes y a 700 ppm fueron superiores en una tercera parte a las de 350 ppm. El contenido de almidón se incrementó sostenidamente durante el día y desapareció durante la noche en plantas a 350 ppm CO₂; sin embargo dicho contenido de almidón se mantuvo parcialmente en plantas a 700 ppm CO₂. Consecuentemente a 700 ppm CO₂, las hojas acumularon almidón continuamente durante todo su tiempo de vida. La tasa de síntesis de almidón se correlacionó a la actividad de ADP-glucosa pirofosforilasa, la cual estuvo relacionada a la concentración de sacarosa en la hoja (Grimmer *et al.*, 1999).

Resistencia a sequía:

Es una planta resistente a la sequía. Los cultivares que tienen un alto ajuste osmótico poseen una mayor adaptación a condiciones de sequía y por lo tanto producen un mayor rendimiento de semilla que las variedades de bajo ajuste osmótico, esto aún cuando se cultiven bajo condiciones de sequía. El ajuste osmótico es una característica heredable y existe variabilidad entre genotipos con relación a esta variable, por lo que mediante selección, es posible a futuro obtener variedades adaptadas a condiciones de sequía (Babita *et al.*, 2010).

Tolerancia a altas temperaturas:

Puede tolerar temperaturas por arriba de 35 e incluso 38°C sin problema para la planta. Se considera una especie rústica en este sentido.

HULE



CARACTERÍSTICAS DESCRIPTIVAS

Nombre científico:	<i>Hevea brasiliensis</i> (Willd. ex A. Juss) Huell.
Nombres comunes:	Hule, árbol del hule, caucho.
Familia:	Euphorbiaceae.
Origen:	Cuenca Amazónica (Brasil) (La Rue, 1926; Macmillan, 1943).
Distribución:	23°LN a 25°LS (Ortolani, 1993). La mayor parte de las plantaciones de hule se encuentran entre los 15°N y 10°S (Purseglove, 1987).
Adaptación:	Trópico cálido subhúmedo y húmedo.
Ciclo de madurez:	Perenne.
Tipo fotosintético:	C ₃ .

REQUERIMIENTOS CLIMÁTICOS

Altitud:	0-1000 m (Ortolani, 1986). Altitud de entre 50 y 400 msnm (Ortiz, 2011).
Fotoperíodo:	Especie de día corto (Benacchio, 1982; FAO, 1994).
Radiación (Luz):	Radicación solar intensa provoca daños al tronco (Gasparotto <i>et al.</i> , 1984).

Temperatura:	Rango 10-40°C (Ortolani; citado por Ortolani, 1993). Estas temperaturas limitan la fotosíntesis. Temperatura media anual óptima 24-28°C (Ortolani, 1993). La temperatura mínima límite de crecimiento es 20°C (Camargo <i>et al.</i> , 1976; Camargo, 1978). La temperatura óptima para fotosíntesis es 25-30°C (Benacchio, 1982). La temperatura media anual debe ser por lo menos de 19°C (Ortolani, 1986). Temperatura media anual óptima está entre los 26 y 28°C (Ortiz, 2011).
Precipitación (agua):	>1200 mm anuales (Ortolani, 1986). 1800-3000 mm anuales (Benacchio, 1982). El déficit hídrico anual no debe ser mayor a 300 mm (Ortolani <i>et al.</i> , 1982; Ortolani, 1986). Precipitación media anual de entre 2000 a 3500 milímetros (Ortiz, 2011). Para árboles con una altura promedio de 10 m, los coeficientes de cultivo (Kc) para las etapas de desarrollo inicial, intermedia y final son 0.95, 1.0 y 1.0, respectivamente (Allen <i>et al.</i> , 2006).
Humedad relativa:	Atmósferas húmedas, pero no en exceso porque propician la presencia del hongo que causa el “mal de la hoja” (Ortolani, 1993).

REQUERIMIENTOS EDÁFICOS

Profundidad de suelo:	120 cm, requiere suelos profundos con un manto freático por debajo de los 2 m (Benacchio, 1982). Requiere suelos profundos (FAO, 1994).
Textura:	Franco, franco-arcilloso. No desarrolla satisfactoriamente en suelos arenosos ni pesados (Benacchio, 1982). Desarrolla mejor en suelos de textura media (FAO, 1994).
Drenaje:	Requiere suelos con buen drenaje (Benacchio, 1982).
pH:	4-6.8 (Benacchio, 1982). Puede tolerar un amplio rango de pH, desde 4.0 hasta 8.0, siendo el óptimo entre 5.0 y 6.0. Los suelos calcáreos son muy dañinos (Purseglove, 1987). Su rango de pH está entre 3.5 y 8.0, con un óptimo alrededor de 4.5 (FAO, 1994). pH de 4 a 5.9 (Ortiz, 2011).
Salinidad/Sodicidad:	No tolera salinidad (Benacchio, 1982).
Fertilidad y química del suelo:	Debe fertilizarse 3 veces durante su ciclo. La primera aplicación se realiza a los 60 días de edad con 10 g por planta de la fórmula 17-17-17. La segunda y tercera puede aplicarse indistintamente, en círculo o banda, a profundidad de 2 o 3 cm (Rojo <i>et al.</i> , 2011).

CARACTERÍSTICAS DE RESPUESTA AL CAMBIO CLIMÁTICO

- Captura de carbono:** Con un diámetro de árbol de 37 cm, se producen 602.7 kg árbol⁻¹ de materia seca (Rojo *et al.*, 2005). Bajo una densidad de 746 árboles ha⁻¹ (CONAFOR, 2013) se producen 286.885 t ha⁻¹ de materia seca, lo cual referido al factor de conversión de carbono (0.47, Montero *et al.*, 2004) da como resultado una captura de carbono de 134.836 t ha⁻¹.
- Resistencia a sequía:** Resiste la sequía, aunque cuando ésta es de larga duración, pueden existir pérdidas de follaje importantes.
- Tolerancia a altas temperaturas:** Temperaturas por arriba de 40°C no tienen un efecto importante sobre el desarrollo de la planta. Sin embargo si este tipo de temperaturas se combina con baja humedad relativa, pueden tener un impacto negativo y significativo sobre el desarrollo.

JACA



CARACTERÍSTICAS DESCRIPTIVAS

- Nombre científico:** *Artocarpus heterophyllus* Lam.
- Nombres comunes:** Jaca, Apushpa, ashaya, banun, chakki, champa, herali, jack, jackfruit, kanthal, khanon, khnor, kos, langka, makmi, mii, miihnang, mit, nangka, nanjea, pagal, pala, palasu, palavu, panas, panasa, panasam, peignai, pila, waraka, wela (Hos-sain y Nath, 2002), *dapanapan* (Yap); jack, jack tree, jack-fruit, jak, jakfruit (English) *jacquier* (French), *kapiak* (Papua New Guinea), *uto ni India* (Fiji), *ulu initia* (Samoa) (Elevitch y Manner, 2006).
- Familia:** Moraceae.
- Origen:** Árbol nativo de bosques de Malasia o de la India (Elevitch y Manner, 2006).
- Distribución:** 25° LN a 30° LS del Ecuador (Haq, 2006). Se ha naturaliza-do en muchos países tropicales, sobre todo en el sureste de Asia, donde se considera una fruta importante, debido a que cuando la comida escasea, se utiliza como un elemen-to básico.
- Adaptación:** Climas subtropicales y tropicales húmedos (Haq, 2006). Zonas cálidas y húmedas (Bareja, 2010).

- Ciclo de madurez:** Perenne. La fructificación inicia a los 2 a 5 años (Hossain y Nath, 2002). Los frutos toman 90 a 180 días para alcanzar su madurez (Elevitch y Manner, 2006), y tienen que pasar de 7 a 8 años para obtenerse la máxima producción (Bareja, 2010).
Los frutos maduran de 3 a 8 meses después de la floración (SCUC, 2006). Hay periodos pico de cosecha: de abril a agosto o septiembre a diciembre en Malasia, de enero a mayo en Tailandia, y durante el verano en la India (Jansen, 1992).
- Tipo fotosintético:** C₃.

REQUERIMIENTOS CLIMÁTICOS

- Altitud:** Desarrolla adecuadamente por debajo de 1000 msnm en climas cálidos y húmedos (Bareja, 2010).
400 a 1200 msnm (Hossain y Nath, 2002).
1 hasta 1600 msnm, pero la calidad de la fruta es mejor a menores elevaciones que este límite máximo (Elevitch y Manner, 2006).
La jaca puede desarrollar desde 0 a 1524 m, aunque la calidad de los frutos es mayor a pequeñas elevaciones, esto es, de 0 a 213 m (Crane y Balerdi, 2000).
- Fotoperíodo:** Insensible al fotoperíodo.
- Radiación (Luz):** Prefiere áreas sombreadas durante su crecimiento y policultivo. En madurez, el árbol prefiere el sol (Elevitch y Manner, 2006).
En el sureste de Asia se intercala con coco y mango, también es usado como árbol de sombra para café y pimienta negra (Bareja, 2010).
Con baja intensidad de luz, aumenta el número de entrenudos por brotes y la capacidad de enraizamiento de las estacas (Hossain y Kamaluddin, 2004; Hossain y Kamaluddin, 2011).
- Temperatura:** Su rango térmico es 16 a 35 °C (Hossain y Nath, 2002).
La temperatura media debe estar entre 24 y 28 °C; la media máxima del mes más caliente debe ser entre 32 y 35 °C; mientras que la media mínima del mes más frío debe estar entre 16 y 20 °C. Es más tolerante al frío que otras especies en su género, con límite crítico de 0 °C (Elevitch y Manner, 2006).
No tolera bajas temperaturas (-2 °C) (Bareja, 2010).
Las hojas de la jaca pueden sufrir daños a 0 °C, mientras que las ramas a -1 °C. Tanto las ramas como los árboles en sí, pueden morir a -2 °C (Crane y Balerdi, 2000).

Precipitación (agua):	<p>Requiere de 1250 mm bien distribuidos durante el año (Hossain y Nath, 2002).</p> <p>Puede desarrollarse en un rango de precipitación anual de 1000 a 2400 mm (Elevitch y Manner, 2006), pero para una buena producción deberían llover al menos 1500 mm, sin estación seca pronunciada (Haq, 2006). La floración es un periodo crítico de consumo de agua, convienen riegos regulares desde su inicio hasta la cosecha.</p> <p>Requiere de 1000 a 1500 mm de agua durante el ciclo de producción (Singh, 2013).</p>
Humedad relativa:	70 a 90 %.

REQUERIMIENTOS EDÁFICOS

Profundidad de suelo:	Aluviales profundos (Hossain y Nath, 2002), aunque tolera suelos superficiales tipo caliza, arena o rocosos (Elevitch y Manner, 2006).
Textura:	<p>Crece en todo tipo de suelos, pero los prefiere livianos y medianos: arenosos, aluviales, franco arcillosos, limosos (Hossain y Nath, 2002; Elevitch y Manner, 2006).</p> <p>Los árboles prosperan en suelos con buen drenaje como los arenosos, franco arenosos, rocosos o calcáreos (Crane y Balardi, 2000).</p>
Drenaje:	Requiere buen drenaje, no tolera inundaciones; el árbol puede morir después de 2-3 días con exceso de humedad (Hossain y Nath, 2002; Haq, 2006).
pH:	6 a 7.5 (Hossain y Nath, 2002). 5 a 7.5 (Elevitch y Manner, 2006; Haq, 2006).
Salinidad/Sodicidad:	Ligera tolerancia a salinidad (Elevitch y Manner, 2006; Haq, 2006).
Fertilidad y química del suelo:	<p>Requiere moderada fertilidad (Hossain y Nath, 2002).</p> <p>Las demandas nutrimentales no están definidas, pero se dispone de información sobre épocas y nutrimentos convenientes:</p> <p>Fertilizar después de sembrar, luego cada 6-8 semanas. Aplicar 2-3 veces N-P-K-Mg-Fe de abril a agosto; en particular el Fe conviene aplicarlo de mayo a septiembre. No aplicar N después de este periodo porque induce el crecimiento de los árboles en invierno y reduce la floración en primavera. Responde a elementos menores Mg-Mn-Zn-Mo-B, requiriéndose de 4 a 6 aplicaciones al follaje de abril a septiembre. En árboles maduros, aplicar 2-3 veces al año, desde la floración hasta justo después de la cosecha y la poda (Crane <i>et al.</i>, 2002; Bareja, 2010).</p>

CARACTERÍSTICAS DE RESPUESTA AL CAMBIO CLIMÁTICO

- Respuesta a ambientes enriquecidos de CO₂:** Se le encuentra formando sistemas agroforestales, como almacén de CO₂ (Hossain y Nath, 2002). Es probable que tenga una respuesta intermedia en producción de biomasa, a ambiente enriquecido de CO₂ (Krupa y Kickert, 1989).
- Captura de carbono:** 70 a 100 kg árbol⁻¹ año⁻¹ (Elevitch y Manner, 2006). El secuestro de carbono se ha estimado en 2.57 g h⁻¹, con una tasa de secuestro anual estimada de 3.33 t ha⁻¹ (Jana *et al.*, 2009). Sin embargo, las altas concentraciones de O₃ tienden a reducir la producción de biomasa cuando la humedad no es limitante (Krupa y Jäger, 1996), en consecuencia también la capacidad de captura de carbono.
- Respuesta a ozono:** Elevada radiación UV-B y cantidades de ozono pueden reducir la actividad fotosintética (Runeckles y Krupa, 1994), sobre todo en el periodo de crecimiento, que es cuando el árbol de jaca prefiere bajas intensidades de luz. Además, las altas radiaciones pueden inhibir o estimular la floración; mientras que el incremento de ozono reduce la floración, los frutos y la producción (Krupa y Jäger, 1996). Por otro lado, se esperaría que plantas sensibles a la sequía como la jaca, tiendan a presentar menos sensibilidad al ozono (Manninen *et al.*, 2009). Sin embargo, el estrés por deficiencia de minerales ocasionaría que los árboles se vuelvan sensibles a lesiones por ozono (Krupa y Jäger, 1996).
- Resistencia a sequía:** No tolera sequía (Hossain y Nath, 2002; Bareja, 2010). Tolera de 3 a 4 meses de sequía (Elevitch y Manner, 2006). Tolerancia a déficit hídrico, manteniendo su estabilidad fotosintética (Monteiro *et al.*, 2010). La jaca es moderadamente tolerante a la sequía. No obstante, para la obtención de una producción óptima de frutos, los árboles deben regarse durante los periodos sin lluvia (Crane y Balerdi, 2000).
- Tolerancia a altas temperaturas:** Se adapta muy bien a zonas cálidas, resiste temperaturas de 32 a 35 °C, como valor medio del mes más caliente (Elevitch y Manner, 2006). De manera opuesta, es susceptible al frío (Bareja, 2010).

JAMAICA



CARACTERÍSTICAS DESCRIPTIVAS

- Nombre científico:** *Hibiscus sabdariffa* L.
- Nombres comunes:** Jamaica, Flor de Jamaica.
Florida cranberry, malva, roselle (Augstburger *et al.*, 2000).
En México se le conoce también como rosa jamaica, serent, alaluya y agria de Jamaica (Martínez; citado por Contreras *et al.*, 2009).
Rosa de Jamaica, Rosa de Abisinia (Sáyago y Goñi, 2010).
- Familia:** Malvaceae.
- Origen:** India, África Occidental (González, 1984).
Oeste de África, hacia el oeste de Sudán (Purseglove, 1987; Bahaeldeen *et al.*, 2012).
Angola, Egipto, Guatemala, Guinea, India, Myanmar, Nigeria, Filipinas (Orwa *et al.*, 2009).
Asia, particularmente India y Malasia (Morton; citado por Sáyago y Goñi, 2010).
- Distribución:** 45°LN a 30°LS (González, 1984).
Por su sensibilidad al fotoperíodo se limita a regiones inferiores a 25° de latitud. Entre los países productores hay africanos, asiáticos, de centro y sudamérica, destacando China, India, Sudán, Egipto, Tailandia, Tanzania, México y Bolivia (Augstburger *et al.*, 2000).
Se extiende por México, América Central y del Sur y Sureste de Asia (Morton, citado por Sáyago y Goñi, 2010).

Adaptación:	Regiones tropicales y subtropicales cálidas, subhúmedas y semiáridas (FAO, 1994; Larios, 1998). Especie confinada a los trópicos (Purseglove, 1987). Clima tropical cálido y húmedo, pero susceptible a heladas y neblina (Orwa <i>et al.</i> , 2009). Climas secos subtropicales, montañosos, de matorral espinoso (Sáyago y Goñi, 2010).
Ciclo de madurez:	Su ciclo de crecimiento va de 90 a 240 días (FAO, 1994). 4 a 5 meses (Augstburger <i>et al.</i> , 2000). Precoces de 155 a 165 días; intermedios, de 175-185 días; tardíos, de 190-200 días (Navarro <i>et al.</i> , 2002).
Tipo fotosintético:	C ₃ .

REQUERIMIENTOS CLIMÁTICOS

Altitud:	0-1700 m. 500-1650 msnm (Pérez <i>et al.</i> , 2009). 0-900 m (Contreras <i>et al.</i> , 2009). 0-1250 m (Orwa <i>et al.</i> , 2009).
Fotoperíodo:	Especie de día corto (Purseglove, 1987). Florece con el estímulo de días cortos. Para la reproducción se requiere un periodo de oscuridad de al menos 11.5 h, la inducción floral ocurre con 12.5 a <13.5 h luz día ⁻¹ , al mismo tiempo termina el crecimiento apical (Augstburger, 2000). Requiere días cortos no mayores a 11 h; a 13.5 h de fotoperíodo, la Jamaica no florece (Orwa <i>et al.</i> , 2009). La Jamaica es sensible a los cambios en la longitud del día (Contreras <i>et al.</i> , 2009).
Radiación (Luz):	Prefiere ambientes con abundante insolación (FAO, 1994). No tolera sombra. Con el incremento de la luminosidad diaria predomina el crecimiento vegetativo, pero se retarda significativamente la duración hasta la fructificación (Augstburger <i>et al.</i> , 2000). El proceso fotosintético requiere alta saturación de radiación solar (1600 μmol m ⁻²) (Reddy y Das, 2000).
Temperatura:	Crece bajo un rango térmico de 10 a 35°C, siendo el óptimo 27.5°C (FAO, 1994). Temperatura media óptima de 25°C (Pérez <i>et al.</i> , 2009). La temperatura media óptima anual es de 23°C (Orwa <i>et al.</i> , 2009). Con bajas temperaturas en la etapa de maduración, las cápsulas no maduran. Requiere 4-8 meses con temperaturas nocturnas >21°C; mientras que la estación de crecimiento debe tener un rango térmico entre 10 y 35°C (Contreras <i>et al.</i> , 2009). El incremento de temperatura favorece el proceso de germinación, la emergencia, y la expresión del vigor, lográndose los mejores resultados en un rango de 30 a 35°C (Galán <i>et al.</i> , 2005).

Precipitación (agua):	<p>Se puede producir en regiones que se ubiquen entre los 1100 y 2800 mm de precipitación anual, siendo el óptimo para la especie, alrededor de los 1500 mm (FAO, 1994; Orwa <i>et al.</i>, 2009).</p> <p>400-500 mm de lluvia distribuidos durante el periodo vegetativo de 4-5 meses son suficientes (Augstburger <i>et al.</i>, 2000).</p> <p>Produce con al menos 500 mm bien distribuidos durante el periodo de lluvia (Pérez <i>et al.</i>, 2009).</p> <p>Se adapta en lugares donde llueve desde 371 hasta 551 mm anuales (Atta <i>et al.</i>, 2011).</p> <p>Requiere 130-260 mm mensuales durante los primeros 3-4 meses de crecimiento (Mahadevan y Pradeep, 2009; Bahaeldeen <i>et al.</i>, 2012).</p> <p>Los rendimientos incrementan a precipitaciones de 600-725 mm. Lluvia de 900 mm y temperaturas máximas por debajo de 32°C, en etapa vegetativa activa, reducen el rendimiento (Rao <i>et al.</i>, 2013).</p> <p>La jamaica requiere 100 a 250 mm mes⁻¹ en los primeros 3-4 meses (Contreras <i>et al.</i>, 2009).</p>
Humedad relativa:	<p>Le son favorables ambientes con baja humedad relativa (Larios, 1998).</p> <p>Humedad relativa alta en cosecha y durante el secado, reduce la producción y baja la calidad de los cálices (Contreras <i>et al.</i>, 2009).</p>

REQUERIMIENTOS EDÁFICOS

Profundidad de suelo:	Esta especie requiere suelos profundos (FAO, 1994), de por lo menos 1 m de espesor.
Textura:	<p>Se desarrolla adecuadamente en suelos con textura media (FAO, 1994; Contreras <i>et al.</i>, 2009).</p> <p>Son apropiados los suelos cambisoles, luvisoles y vertisoles (Contreras <i>et al.</i>, 2009).</p> <p>Se adapta a diversos tipos de suelo, pero prefiere los ricos en materia orgánica y franco-arenosos (Orwa <i>et al.</i>, 2009).</p>
Drenaje:	Requiere suelos con buen drenaje (FAO, 1994), ya que los encharcamientos le perjudican (Augstburger <i>et al.</i> , 2000).
pH:	<p>Desarrolla en un rango de 6.0 a 7.8, con un óptimo de 7.0 (FAO, 1994; Contreras <i>et al.</i>, 2009).</p> <p>El pH debe estar entre 4.5 y 8.0 (Orwa <i>et al.</i>, 2009).</p>
Salinidad/Sodicidad:	Presenta ligera tolerancia a la salinidad (FAO, 1994; Orwa <i>et al.</i> , 2009); no tolera más de 4 dS m ⁻¹ (Larios, 1998; Contreras <i>et al.</i> , 2009).
Fertilidad y química del suelo:	<p>En suelos alcalinos, durante los dos primeros tercios de su ciclo, el cultivo presenta deficiencias severas de Fe y Mg (Navarro <i>et al.</i>, 2002).</p> <p>La rotación con leguminosas favorece una mejor producción, ya que es exigente en nutrimentos (Augstburger <i>et al.</i>, 2000).</p> <p>El Potasio mejora el contenido de agua en las hojas e incrementa biomasa (Egilla <i>et al.</i>, 2005).</p>

Los requerimientos para producir 1 t ha⁻¹ de Jamaica, son: 2.06, 3.13 y 0.95 kg ha⁻¹ de Ca, P y Fe respectivamente (Mahadevan y Pradeep, 2009).

CARACTERÍSTICAS DE RESPUESTA AL CAMBIO CLIMÁTICO

- Respuesta a ambientes enriquecidos de CO₂:** La asimilación a CO₂ varía según genotipos debido a la variación en la actividad de carboxilasa (Reddy y Das, 2000).
- Captura de carbono:** Asumiendo un rendimiento de materia seca de 308, 398 y 766 kg ha⁻¹ de hojas, semilla y cáliz (Atta *et al.*, 2011); además de 1661 y 2863 kg ha⁻¹ de tallos y ramas secas (Escalante *et al.*, 2008), se registra una biomasa aproximada de 5996 kg ha⁻¹, la cual con el factor de conversión a carbono (0.47% de materia seca) (Montero *et al.*, 2004), se estima una captura de 2.82 t ha⁻¹ año⁻¹ de carbono.
- Respuesta a ozono:** El género *Hibiscus* se ha utilizado como bioindicador o planta sensible a lesiones por ozono (Paoletti *et al.*, 2009).
- Resistencia a sequía:** Algunos genotipos son tolerantes a sequía (Bahaeldeen *et al.*, 2012).
Un mecanismo homeostático de tolerancia a sequía puede ser las aplicaciones de altas concentraciones de Potasio (Egilla *et al.*, 2005).
Soporta déficit de humedad (Contreras *et al.*, 2009).
Presenta susceptibilidad muy baja a la sequía (Hidalgo *et al.*, 2009).
- Tolerancia a altas temperaturas:** Tolerante a altas temperaturas, se han observado mayores rendimientos de fibra cuando las precipitaciones estacionales coinciden con temperaturas máximas superiores a 33.5°C (Rao *et al.*, 2013).

JATROPHA



CARACTERÍSTICAS DESCRIPTIVAS

Nombre científico:	<i>Jatropha curcas</i> L.
Nombres comunes:	Jatropha, piñón blanco, coquito, coquillo, piñón, tempate.
Familia:	Euphorbiaceae.
Origen:	Nativa probablemente de México y Guatemala (Blair y Madrigal, 2005). Origen en América Central y el norte de América del Sur (Van Der Putten <i>et al.</i> , 2007).
Distribución:	A través de los trópicos (Blair y Madrigal, 2005). 30° LN a 35°LS (Van Der Putten <i>et al.</i> , 2007).
Adaptación:	Toda la zona de los trópicos y subtropicos (Rehm y Espig; citados por Razo <i>et al.</i> , 2007).
Ciclo de madurez:	Perenne.
Tipo fotosintético:	C ₃ .

REQUERIMIENTOS CLIMÁTICOS

Altitud:	10 a 1350 msnm (Valero, 2010). 0-1200 msnm (Iglesias y Taha, 2010). Puede encontrarse entre los 5-1500 msnm, en donde el mejor desarrollo es alcanzado en terrenos ubicados entre los 600 y 800 msnm (Alfonso, 2008).
-----------------	---

Fotoperíodo:	No presenta respuesta al fotoperíodo (FAO, 2000). Indiferente al fotoperíodo (Iglesias y Taha, 2010).
Radiación (Luz):	Plantada completamente al sol (Alfonso, 2008).
Temperatura:	Temperatura óptima de 20 a 28°C (Rehm y Espig; citados por Razo <i>et al.</i> , 2007). El cultivo existe en regiones con temperaturas medias anuales de 19 a 25°C y se presenta en lugares cuyo mes más caliente está sobre 28.2°C y donde la temperatura media mensual del mes más frío pasa los 19°C (Valero, 2010). La temperatura mínima que requiere el cultivo es de 0°C, con temperatura óptima de 20°C y máxima de 35°C (Iglesias y Taha, 2010).
Precipitación (agua):	250 a 2380 mm anuales (Iglesias y Taha, 2010). Se adapta al trópico muy seco con precipitaciones de 250 mm hasta subtropical húmedo con precipitaciones de más de 1500 mm (Alfonso, 2008).
Humedad relativa:	75% (Iglesias y Taha, 2010). Por las noches la humedad relativa debe ser preferiblemente baja (Alfonso, 2008).

REQUERIMIENTOS EDÁFICOS

Profundidad de suelo:	La profundidad del suelo debe ser de al menos 45 cm (Van Der Putten <i>et al.</i> , 2007), pero puede desarrollar en donde el suelo no es apto para los cultivos de alimentos (Becker <i>et al.</i> , 2013). Mayor a 60 cm (Iglesias y Taha, 2010).
Textura:	Los suelos más adecuados son los francos, franco-arenocillosos y el limo. Los suelos pesados (arcilla, arcillo-arenoso, franco-arcilloso, franco-arcillo-limoso y limosos) solo son adecuados en condiciones relativamente secas en donde los periodos de lluvia fuertes a menudo están ausentes (Van Der Putten <i>et al.</i> , 2007).
Drenaje:	Requiere de buen drenaje, no tolera anegamiento de agua (FAO, 2000).
pH:	5-7 (Rehm y Espig, citado por Razo <i>et al.</i> , 2007).
Salinidad/Sodicidad:	Presenta baja tolerancia a la salinidad (FAO, 2000). Muy tolerante, se adapta a suelos salinos (Iglesias y Taha, 2010).
Fertilidad y química del suelo:	Nitrógeno 12.3 u ha ⁻¹ ; Fósforo 2.2 u ha ⁻¹ y Potasio 4.4 u ha ⁻¹ (Iglesias y Taha, 2010). Para una plantación sembrada de 1666 plantas ha ⁻¹ sería: a partir del primer año aplicar 20-40-20 kg ha ⁻¹ de NPK y a partir del segundo año sería 40-20-40 kg ha ⁻¹ (Alfonso, 2008).

CARACTERÍSTICAS DE RESPUESTA AL CAMBIO CLIMÁTICO

Respuesta a ambientes enriquecidos de CO₂:	La producción de biomasa se incrementa 31.5, 25.9, y 14.4 % bajo condiciones de buen suministro de humedad de suelo, sequía moderada y sequía severa, respectivamente, todas con un nivel elevado de CO ₂ (300 ppm más que nivel actual). El incremento de CO ₂ también contribuye a elevar en un 49.3% en promedio la tasa fotosintética de <i>J. curcas</i> (Meng <i>et al.</i> , 2013; CSCDGC, 2013).
Captura de carbono:	Plantaciones a gran escala de <i>J. curcas</i> establecidas en regiones costeras secas y cálidas alrededor del mundo capturarían 17–25 t de CO ₂ ha ⁻¹ año ⁻¹ de la atmósfera, en un periodo de 20 años. El cultivo masivo de <i>J. curcas</i> en tierras marginales ociosas puede tener un impacto significativo sobre los niveles atmosféricos de CO ₂ , al menos por varias décadas (Becker <i>et al.</i> , 2013).
Resistencia a sequía:	Puede soportar condiciones extremas de sequía severa (Van Der Putten <i>et al.</i> , 2007). El estrés por sequía incrementa significativamente la asignación de biomasa hacia las raíces, lo cual es un indicador del alto nivel de resistencia a la sequía por parte de <i>J. curcas</i> (Meng <i>et al.</i> , 2013). La sequía reduce significativamente el área foliar, la biomasa y la tasa relativa de crecimiento, pero no tiene efecto sobre el área foliar específica, el rango diario de potencial hídrico en la hoja, el contenido de agua en la hoja, la eficiencia transpirativa o la productividad de biomasa aérea por volumen de agua. <i>J. curcas</i> puede ser caracterizado como un árbol de tallo suculento que no tira la hoja inmediatamente después de ser expuesto a sequía; contrario a eso, esta especie tiene la propiedad de formar hojas con una alta densidad estomatal adaxial; después de este fenómeno, las hojas caen gradualmente al continuar la sequía. El papel de un tallo suculento en la economía de agua de <i>J. curcas</i> está relacionado con balancear las pequeñas pérdidas de agua en las hojas durante la sequía (Maes <i>et al.</i> , 2009).
Tolerancia a altas temperaturas:	La <i>Jatropha</i> resiste altas temperaturas y sequías, al tiempo que protege y fertiliza el suelo (Félix, 2011). Puede crecer en regiones cálidas donde el suelo no es apto para los cultivos de alimentos (Becker <i>et al.</i> , 2013).

JÍCAMA



CARACTERÍSTICAS DESCRIPTIVAS

Nombre científico:	<i>Pachyrrhizus erosus</i> (L.) Urb.
Nombres comunes:	Jícama, jícama de agua, chata de agua. 'Jícama' entre los aztecas, 'Mehen-chikam' entre los Mayas y 'Guyati' entre los Zapotecas (Sorensen, 1996).
Familia:	Fabaceae (Leguminosae).
Origen:	México (González, 1984). México y Centroamérica (Sorensen, 1996).
Distribución:	45°LN a 30°LS (González, 1984). Se distribuye principalmente en México, Guatemala, El Salvador, Honduras y se ha introducido en el sureste de Asia (Sorensen, 1996).
Adaptación:	Regiones tropicales y subtropicales, cálidas y semicálidas; húmedas y subhúmedas (FAO, 1994). Desarrolla adecuadamente en trópicos cálido-húmedos (Purseglove, 1987).
Ciclo de madurez:	Su ciclo de crecimiento va de 180 a 240 días (FAO, 1994). 180-195 días (Heredia, 1985). En el oeste de México florece de junio a diciembre y fructifica de enero a marzo (McVaugh, 1987). Inicia floración aproximadamente 2 meses después de germinar, florece durante 2-3 meses. Una flor es receptiva durante más o menos un día. Las raíces empiezan a engrosar después de 4-6 semanas. Se han visto ejemplares floreciendo en todos los meses menos enero, pero la mayoría florece entre julio y octubre. Además, las regiones tropicales más ubicadas hacia el sur, presentan floración más tardía. La cosecha se realiza de 4-10 meses después de la siembra (Sorensen, 1996). 180-200 días (Castellanos <i>et al.</i> , 1997a).

Tipo fotosintético: C₃.

REQUERIMIENTOS CLIMÁTICOS

- Altitud:** 0-1700 m (Sorensen, 1996).
En el oeste de México de los 150 a los 1000 m (McVaugh, 1987).
- Fotoperíodo:** Especie de día corto (FAO, 1994).
Sensible al fotoperíodo; planta de día corto, pero existen cultivares sin sensibilidad o de día neutro. No obstante, en ambientes de mayor altitud y siembras al final del periodo de días cortos, la poda reproductiva es el mecanismo homeostático (Sorensen, 1996).
- Radiación (Luz):** Prefiere ambientes con moderada insolación (FAO, 1994).
- Temperatura:** El rango térmico de crecimiento es de 16 a 32°C, con un óptimo de 25°C (FAO, 1994).
El óptimo de temperaturas día/noche es 30/20°C. Es sensible a heladas (Sorensen, 1996).
- Precipitación (agua):** Se puede producir bajo condiciones de temporal en regiones donde la precipitación durante el ciclo de producción se ubique entre los 640 y 4000 mm. El óptimo de precipitación es 1890 mm (FAO, 1994).
Crece mejor en regiones con precipitación alrededor de 1500 mm por año; pero produce también con 250-500 mm (Sorensen, 1996).
- Humedad relativa:** Le son favorables condiciones de humedad ambiental moderada.

REQUERIMIENTOS EDÁFICOS

- Profundidad de suelo:** Requiere suelos profundos (FAO, 1994), con un espesor mayor a 1m.
- Textura:** Le favorecen suelos de textura ligera (FAO, 1994).
Los mejores suelos para la jícama son los ligeros, que permanecen sueltos después de un riego, éstos generalmente se localizan en las vegas de los ríos o en partes cercanas a ellos. Los suelos pesados no son convenientes debido a los excesos de humedad que acumulan y a las deformaciones que originan a las raíces (Heredia, 1985).
Prefiere suelos arenosos, aluviales (Sorensen, 1996).
- Drenaje:** Requiere suelos con muy buen drenaje (Heredia, 1985).
- pH:** Rango de pH de 4.3 a 7.3, con un óptimo de 5.2 (FAO, 1994).
pH óptimo de 6.0-7.5 (Castellanos *et al.*, 2000).
- Salinidad/Sodicidad:** Presenta tolerancia intermedia a la salinidad (FAO, 1994).

Fertilidad y química del suelo:

Es la leguminosa más eficiente en fijación de Nitrógeno atmosférico: aproximadamente 160-200 kg ha⁻¹, si se incorporan los residuos de la cosecha, aporta de 100 a 150 kg ha⁻¹ (Castellanos *et al.*, 1997).

Suelos con baja disponibilidad de Fósforo limitan la fijación de N₂. Existen genotipos adaptados a estas condiciones (Sorensen, 1996).

150% del N cosechado, aproximadamente de 300 a 800 kg de proteína por hectárea, se acumulan en el tubérculo. Por otro lado, la absorción de Potasio es de 125 a 266 kg ha⁻¹; la de P₂O₅ es de 40 kg ha⁻¹ (Castellanos *et al.*, 1997a).

Los requerimientos (kg) de N-P₂O₅-K₂O para producir una tonelada de jícama son: 2.4-2.6-0.4 (Castellanos *et al.*, 2000).

CARACTERÍSTICAS DE RESPUESTA AL CAMBIO CLIMÁTICO

Respuesta a ambientes enriquecidos de CO₂:

La mayoría de plantas C₃, incrementan su tasa fotosintética (30-50%) (Allan y Prasad, 2004).

En leguminosas, se favorece el sistema radical, la actividad de nodulación y fijación de N₂ (Rogers *et al.*, 1994).

Se han encontrado interacciones favorables de plantas C₃ y ambientes enriquecidos con CO₂; así como reducción de efectos negativos de altas temperaturas (Krupa y Kickert, 1989; Rogers *et al.*, 1994), mayor eficiencia nutricional (Rogers *et al.*, 1994), disminución de lesiones (Booker y Fiscus, 2005) y disminución de pérdidas de producción de residuos que causa el ozono (Booker *et al.*, 2005).

El desarrollo de decaimiento y la decoloración de las piezas recién cortadas se reduce de 5 a 10% en atmosferas enriquecidas de CO₂ (Aquino *et al.*, 2000).

Captura de carbono:

Se producen 17.09 t ha⁻¹ de biomasa seca (Séraphin, 2003), las cuales con el factor de ajuste de C (0.47% de materia seca) (Montero *et al.*, 2004), representan un secuestro de C de aproximadamente 8.03 t ha⁻¹.

Aproximadamente 29.5% del peso fresco de la hoja y parras es materia seca (Sorensen, 1996); mientras que 19.5% del peso fresco del fruto es materia seca (Séraphin, 2003).

Respuesta a ozono:

Ozono (80 ppb por 4-5 h o 70 ppb por 1-2 días, bajo condiciones húmedas y nubladas), provoca pequeñas manchas decoloradas que dan un aspecto bronceado en las superficies superiores de las hojas y las vainas. Luego las hojas presentan clorosis y senescencia (Johnson, 2008). En tanto Hurst *et al.* (2004) reportan lesiones necróticas en las hojas por daños oxidativos causados por ozono.

Altas concentraciones de ozono (49-79 nmol mol⁻¹) inhiben la fijación de nitrógeno atmosférico (Tu *et al.*, 2009).

Resistencia a sequía:

Existen genotipos tolerantes a sequía (Sorensen, 1996).

Es una planta susceptible a la sequía; con déficit hídrico se ha obtenido una disminución de 55% en el rendimiento de frutos (Séraphin, 2003).

Estrés por sequía y alta temperatura no produce cambios significativos en fotosíntesis y parámetros de fluorescencia (Matos *et al.*, 2002).

Tolerancia a altas temperaturas:

Factible incrementar tolerancia por mejoramiento genético, mediante genotipos adaptados a regiones cercanas al Ecuador y altitud baja (Sorensen, 1996). Cortos periodos de estrés térmico (40°C) no afectan fotosíntesis neta ni conductancia estomatal (Matos *et al.*, 2002).

KIWI



Fotografía: Con la autorización de Pablo Vernal (FAO Latinoamérica)

CARACTERÍSTICAS DESCRIPTIVAS

Nombre científico:	<i>Actinidia deliciosa</i> Chevalier.
Nombres comunes:	Kiwi, actinidia.
Familia:	Actinidiaceae.
Origen:	Sureste de Asia (Covatta y Borscak, 1988). China (Yuste, 1997b).
Distribución:	20°a 40°LN y LS (Covatta y Borscak, 1988). Se conocen más de 50 especies del género <i>Actinidia</i> , todas nativas de Asia, en un rango geográfico que va desde la Siberia a la tropical Indonesia. Algunas de éstas se cultivan actualmente en otras áreas del mundo como especies ornamentales. Entre los principales productores de kiwi están Nueva Zelanda, Italia, Japón, Francia, Australia, Grecia, Chile y California (USA). Algunos Estados en donde existe además algo de producción en Estados Unidos son Oregon y Washington, y en Canadá la Columbia Británica (Strik, 2005).
Adaptación:	Regiones templadas y subtropicales (Covatta y Borscak, 1988).
Ciclo de madurez:	Perenne. El cultivo necesita entre 225 y 240 días libres de heladas (Strik, 2005).
Tipo fotosintético:	C ₃ .

REQUERIMIENTOS CLIMÁTICOS

Altitud:	1000 a 1600 m en regiones tropicales.
Fotoperíodo:	Se considera una planta de día neutro (FAO, 1994). Se le conoce como una planta de día neutro (entre 10 y 14 horas luz) (CIREN, 1989a).
Radiación (Luz):	Normalmente es una planta de media sombra, ya que en el medio natural crece asociada con otras especies, las que utiliza como patrón. Al cultivársele se recomienda instalar previamente cortinas rompevientos o asociarla con otras especies para proveer sombreado (Covatta y Borscak, 1988). Sin embargo, es conveniente considerar que el sombreado en exceso suele ser perjudicial para la floración (Davison, 1990). De acuerdo con Morgan <i>et al.</i> , citado por Davison (1990), en ambiente sombreado la apertura de botones florales se reduce de 15 a 31% dependiendo del cultivar, mientras que el número de brotes con flores se reduce de 2 a 86%, y el número de flores buenas por nodo se reduce de 0.32-2.4 a 0.11-1.6.
Temperatura:	<p>El kiwi es sensible a las bajas temperaturas y prefiere climas de inviernos suaves y veranos templados y húmedos (Yuste, 1997b).</p> <p>En estado de reposo vegetativo soporta temperaturas de hasta -15°C sin sufrir daños. El requerimiento de horas frío (HF, por debajo de 7°C) depende de las variedades, pero en general oscila entre 400 y 600 horas frío. Por esta razón, su cultivo sería riesgoso en zonas donde la temperatura media del mes más frío no baje de 10°C (Covatta y Borscak, 1988). Sin embargo, Hewett y Young (1981) reportaron que una exposición a -10°C de plantas de kiwi en reposo por 1 hora causaron daño a los brotes dormantes.</p> <p>Temperaturas superiores a 40°C son perjudiciales, sobre todo si se asocian con déficit hídrico, ambiental y edáfico. También le son perjudiciales temperaturas por debajo de 0°C (Covatta y Borscak, 1988). Heladas tardías y tempranas son perjudiciales para brotes no lignificados (Covatta y Borscak, 1988).</p> <p>Las plantas de kiwi que entran en reposo requieren la acumulación de 950-1000 horas de enfriamiento a 4°C para retomar el crecimiento vegetativo lo más pronto posible, un menor enfriamiento retrasa la brotación significativamente (Brundell, 1976; Lionakis and Schwabe, 1984; Davison, 1990). De acuerdo con observaciones de campo en Sudáfrica, el kiwi requiere de 700 a 800 unidades frío calculadas con el método de Richardson para romper la dormancia (Lötter, 1984). Para Traversaro <i>et al.</i> (2008), los requerimientos de frío invernal calculados en HF por debajo de los 7°C se encuentran entre las 600 horas de frío para una brotación normal y 850 a 1100 horas de frío para lograr una máxima floración.</p>

Su rango térmico es 13-35°C, siendo la óptima 23-30°C. Por debajo de los 13°C no existe crecimiento (Baradas, 1994). La mayoría de los parámetros de crecimiento, de acuerdo con observaciones en diferentes cultivares, presentan un rango óptimo de temperatura amplio, entre 20 y 30°C (Morgan *et al.*, 1985). De hecho, basado en la tasa fotosintética sobre una base de área foliar, la temperatura óptima para fotosíntesis es de 16°C (Laing, 1985).

- Precipitación (agua):** Normalmente se le cultiva bajo condiciones de riego y requiere de 800 a 1300 mm de agua al año (Covatta y Borscak, 1988). Puede prosperar bajo condiciones de temporal siempre y cuando las lluvias sean en cantidad suficiente y tengan una distribución adecuada durante el año. De acuerdo con Allen *et al.* (2006), los coeficientes de cultivo para las etapas inicial, intermedia y final de desarrollo en plantas que llegan a alcanzar una altura de 3 m, son 0.4, 1.05 y 1.05, respectivamente.
- Humedad relativa:** El mayor crecimiento se obtiene en atmósferas húmedas (>75% de humedad relativa). Con humedades relativas por debajo de 45% el crecimiento se ve seriamente afectado, ya que el agua perdida por transpiración no puede ser compensada por el agua absorbida por las raíces. En estas condiciones, donde el balance hídrico es negativo, deberán emplearse recursos técnicos que reviertan esta situación, tales como riego, media sombra y cortinas rompevientos (Covatta y Borscak, 1988).

REQUERIMIENTOS EDÁFICOS

- Profundidad de suelo:** Requiere suelos moderadamente profundos (>1 m). El manto freático no debería estar muy superficial (Covatta y Borscak, 1988). En un suelo profundo y arenoso se han observado raíces a una profundidad de 3.0 m, mientras que en un suelo ligeramente arenoso se han hecho mediciones de extracción de humedad a una profundidad que excede los 2.4 m (McAnaney y Judd, 1983).
- Textura:** Prefiere suelos ligeros de textura franca. Puede cultivarse en suelos franco-arenosos pero con buen contenido de materia orgánica y en suelos franco-arcillosos pero con buen drenaje (Yuste, 1997b; Covatta y Borscak, 1988). La proporción deseable de partículas gruesas, arena, limo y arcilla es de 10-15%, 60-70%, 20-25% y 10-15%, respectivamente (Covatta y Borscak, 1988). La textura del suelo tiene efecto en el patrón radical de las plantas de kiwi. Al comparar la distribución de las raíces en suelos del tipo arenoso y franco-limoso, cerca de sus superficies las raíces se extienden lateralmente entre 2.2 y 2.4 m desde la base del tallo. En el suelo franco-limoso, imperfectamente drenado, la mayor proporción de raíces está en la capa de 70 cm y distribuido lateralmente alrededor de 2.2 m (McAnaney y Judd, 1983).
- Drenaje:** Requiere suelos con buen drenaje (Covatta y Borscak, 1988).

Exposición de terreno:	La orientación Norte-Sur permite que la hilera de plantas reciba durante más tiempo la luz solar por ambas caras del seto de los árboles (Lemus, 2008) y esto es favorable para un mejor desarrollo de las plantaciones.
pH:	5.5 a 7.4, con un óptimo entre 6 y 6.5 (Covatta y Borscak, 1988). El pH óptimo está entre 5.5 y 6.0. En un pH igual o mayor a 7.2 las enredaderas muestran un pobre crecimiento (Strik, 2005).
Salinidad/Sodicidad:	No tolera salinidad y el calcáreo activo debería ser inferior al 5% (Covatta y Borscak, 1988).
Fertilidad y química del suelo:	Durante un ciclo de producción de una huerta de kiwi de 10 años, se remueven las siguientes cantidades de nutrimentos (kg ha ⁻¹): Nitrógeno (78), Fósforo (9.8), Potasio (98), Calcio (41), Magnesio (10.4) (Ferguson y Eiseman; citados por Davison, 1990). En la segunda quincena de Marzo, aplicar 41 kg ha ⁻¹ de P ₂ O ₅ , 1.2 kg ha ⁻¹ de Mg, 48 kg ha ⁻¹ de K ₂ O y 15.6 kg ha ⁻¹ de N. En la segunda quincena de Mayo, sólo aplicar 15 kg ha ⁻¹ de N. Desde la segunda semana de Junio hasta la primera semana de Julio aplicar 49.6 kg ha ⁻¹ de K ₂ O, 7 kg ha ⁻¹ de Ca y 19.6 kg ha ⁻¹ de N (Ciordia <i>et al.</i> , 1993). En otro sentido, si el kiwi presenta un nivel de producción de 15 t ha ⁻¹ , las necesidades anuales de macronutrientes serán de 70-80 kg ha ⁻¹ de N, de 22-27 kg ha ⁻¹ de P ₂ O ₅ y de 80-90 kg ha ⁻¹ de K ₂ O. Si el nivel de producción es de 20 t ha ⁻¹ , las necesidades serán de 95-105 kg ha ⁻¹ de N, de 30-35 kg ha ⁻¹ de P ₂ O ₅ y de 105-120 kg ha ⁻¹ de K ₂ O. Pero si el nivel es de 25 t ha ⁻¹ , entonces las necesidades serán de 120-130 kg ha ⁻¹ de N, de 38-42 kg ha ⁻¹ de P ₂ O ₅ y de 140-155 kg ha ⁻¹ de K ₂ O (Hirzel y Rodríguez, 2003).

CARACTERÍSTICAS DE RESPUESTA AL CAMBIO CLIMÁTICO

Captura de carbono:	El manejo orgánico conduce a un mayor almacenamiento de carbono del suelo que el manejo convencional de kiwi. Se ha llegado a estimar que un suelo manejado para la producción de kiwi almacena aproximadamente 49.9 t de carbono orgánico del suelo (SOC por sus siglas en inglés) en la capa de 0-15 cm. Adicionalmente, la planta de kiwi tiende a tener un sistema radical más profundo que le permite secuestrar mayor SOC en huertos de kiwi que en sistemas arables o pastoriles (Rahman <i>et al.</i> , 2010).
Respuesta a ozono:	Las plantas de kiwi crecen bien, pero exhiben lesiones necróticas en todos los niveles de ozono. El intercambio del gas fotosintético al mediodía suele declinar bajo condiciones de carbón filtrado y el ozono ambiental. La conductancia estomatal se reduce con el incremento en el ozono, lo cual es un síntoma característico de daño por ozono. El ozono reduce los hijuelos por debajo del injerto, pero mejora su producción arriba del mismo (Grantz, 2004).

Resistencia a sequía:

Una diferencia en el potencial hídrico entre parras irrigadas y estresadas de solamente 0.1 MPa es suficiente para reducir significativamente la tasa de asimilación de CO₂ y la conductancia estomatal. Al tercer día del inicio de la sequía, la conductancia estomatal de parras estresadas es de hasta 51% con respecto a las parras irrigadas. Se necesitan alrededor de 14 días para alcanzar un diferencial en el potencial hídrico de 0.15 MPa entre parras irrigadas y estresadas. El alivio del estrés ocurre 17 días después del inicio de la sequía cuando se registra un diferencial máximo del potencial hídrico de 0.33 MPa (Gucci *et al.*, 1996).

Tolerancia a altas temperaturas:

Las altas temperaturas durante la acumulación de almidón en el fruto del kiwi causan un cambio importante en la partición hacia el crecimiento vegetativo y reducen los carbohidratos y la vitamina C en el fruto. En la siguiente estación de crecimiento, el crecimiento y la floración se ven severamente reducidos. El calentamiento en las parras durante la división celular en el fruto, tiene efectos mínimos a largo plazo, mientras que el calentamiento durante la maduración del fruto retarda la degradación del almidón y la madurez del fruto, y afecta el crecimiento en la siguiente temporada. Cuando las parras son removidas del calor, la materia seca y los niveles de almidón y azúcar son siempre reducidos, pero la relación hexosa: sacarosa y el inositol se elevan (Richardson *et al.*, 2004).

LECHUGA



CARACTERÍSTICAS DESCRIPTIVAS

Nombre científico:	<i>Lactuca sativa</i> L.
Nombres comunes:	Lechuga.
Familia:	<i>Compositae</i> .
Origen:	Europa, Asia Occidental y Norte de África (González, 1984). Medio Oriente (Purseglove, 1987).
Distribución:	60° LN a 55° LS (Benacchio, 1982).
Adaptación:	Regiones templadas y subtropicales como cultivo de invierno (Aragón, 1995).
Ciclo de madurez:	40 a 60 días después del trasplante (Benacchio, 1982).
Tipo fotosintético:	C ₃ .

REQUERIMIENTOS CLIMÁTICOS

Altitud:	800 a 2500 m (Benacchio, 1982).
Fotoperíodo:	Se considera una planta de día neutro a corto (FAO, 1994).
Radiación (Luz):	Requiere condiciones intermedias de insolación (Yuste, 1997a).

Temperatura:	<p>El punto de congelación se encuentra a -6°C, mientras que el crecimiento cero se alcanza 6°C y la máxima para desarrollo es 30°C. Las temperaturas diurnas y nocturnas para crecimiento óptimo son 14-18°C y 5-8°C, respectivamente. Para la etapa de formación del cogollo la óptima diurna es 10-12°C, mientras la óptima nocturna es 3-5°C. La germinación se produce entre 3-5°C y 25-30°C, siendo óptimo el rango de 15 a 20°C (Yuste, 1997a).</p> <p>Rango térmico 5-30°C, siendo la media óptima 16-20°C. Cuando la temperatura es alta, se favorece el desarrollo de tallos florales pero no de la cabeza (Benacchio, 1982).</p> <p>El principal factor ambiental en el cultivo de la lechuga es la temperatura; para el desarrollo de cabezas firmes y sólidas se necesitan temperaturas nocturnas uniformemente frescas, de 7.2 a 10°C, combinadas con temperaturas en días soleados, uniformemente frescas, de 12.8 a 26.7°C (Aragón, 1995). La temperatura de congelación para la lechuga es de -0.2°C (FAO, 2010).</p>
Precipitación (agua):	<p>Requiere de 1000 a 1200 mm y se cultiva generalmente bajo riego, procurando siempre mantener la humedad del suelo por arriba del 50% de la capacidad de campo. El periodo más crítico es poco antes de la cosecha, cuando todo el terreno está cubierto (Benacchio, 1982).</p> <p>De acuerdo con Allen <i>et al.</i> (2006), los coeficientes de cultivo para las etapas inicial, intermedia y final de desarrollo en plantas de 30 cm de altura son 0.7, 1.00 y 0.95, respectivamente.</p>
Humedad relativa:	<p>Prefiere una atmósfera moderadamente húmeda y fría (Benacchio, 1982).</p> <p>Las condiciones de conservación en cámara frigorífica son 0 a 7°C y 90% de humedad relativa (Yuste, 1997a).</p>

REQUERIMIENTOS EDÁFICOS

Profundidad de suelo:	Requiere suelos medianamente profundos (FAO, 1994), con una profundidad efectiva entre 45 y 65 cm.
Textura:	<p>Prefiere suelos ligeros de textura franca (Benacchio, 1982; Yuste, 1997a).</p> <p>Prospera en suelos con textura migajón-arcillo-limosa o migajón-arenosa (Aragón, 1995).</p> <p>Desarrolla adecuadamente en suelos de textura media (FAO, 1994).</p>
Drenaje:	Requiere suelos con buen drenaje (Yuste, 1997a).
pH:	<p>El óptimo se encuentra entre 6.0 y 6.8 (Aragón, 1995).</p> <p>El óptimo está entre 6.7 y 7.4 (Yuste, 1997a).</p> <p>Su rango de pH está entre 5.8 y 6.8, con un óptimo de 6.0 (FAO, 1994).</p> <p>El pH óptimo está entre 6 y 7 (Porta <i>et al.</i>, 1999).</p> <p>No tolera suelos ácidos (IFA, 1992).</p>
Salinidad/Sodicidad:	<p>Es una planta susceptible a la salinidad (Yuste, 1997a).</p> <p>Presenta ligera tolerancia a la salinidad (FAO, 1994).</p>

La CE umbral es de 1.3 dS m⁻¹. La CE para rendimiento relativo de 0 y 100% es de 1.2 y 9 dS m⁻¹, respectivamente (Porta *et al.*, 1999).

La disminución del rendimiento para distintos niveles de conductividad eléctrica es la siguiente: 0% para 1.3 dS m⁻¹; 10% para 2.1 dS m⁻¹; 25% para 3.2 dS m⁻¹; 50% para 5.1 dS m⁻¹ y 100% para 9 dS m⁻¹ (Ayers y Westcot, 1985).

Fertilidad y química del suelo:

Los requerimientos nutrimentales son bajos en comparación con otros cultivos hortícolas. La absorción de nutrientes promedio es en kg t⁻¹ de rendimiento: N = 1.5-3; P₂O₅ = 1-1.5; K₂O = 4-7; MgO = 0.2-0.4, CaO = 1-1.5; la absorción total por nivel de rendimiento medio (kg ha⁻¹) es la siguiente: N = 50-100; P₂O₅ = 30-50; K₂O = 120-200. El 70% de los nutrientes principales son tomados del suelo en la tercera o cuarta semana antes de la cosecha (IFA, 1992).

CARACTERÍSTICAS DE RESPUESTA AL CAMBIO CLIMÁTICO

Respuesta a ambientes enriquecidos de CO₂:

La respuesta en crecimiento al incremento de CO₂, es mayor cuando se combina con un alto flujo de fotones fotosintéticos (Caballero y Mitchell, 1988).

La lechuga producida con altos niveles de CO₂, no difiere nutricionalmente de la producida en CO₂ ambiente (Knecht y O'Leary, 1983).

La producción de materia seca se incrementa en 100% al pasar de 400 a 800 μmol mol⁻¹ CO₂. Por otro lado, el CO₂ elevado compensa condiciones de bajo flujo de fotones fotosintéticos (Kitaya *et al.*, 1998).

El CO₂ elevado y la combinación de éste con alta luminosidad y salinidad, promueven el incremento en la producción de biomasa, así como el incremento en la capacidad antioxidante de la lechuga (Pérez *et al.*, 2013).

Captura de carbono:

Bajo una densidad de plantación de 15 plantas m⁻², los valores de carbono y CO₂ por planta para las distintas partes de ésta son: 5.1 y 18.7 g, respectivamente, en raíz; 2.2 y 8.1 g en tallo; 7.8 y 28.6 g en hojas; para un total por planta de 15.1 g C y 55.4 g CO₂ (Mota, 2011). Para una densidad de plantación de 6.5 plantas m⁻², los valores correspondientes son: 7.1 y 26 g para raíz; 4.8 y 17.6 para tallo; 23.5 y 86.2 g para hojas, con totales de planta de 35.4 y 129.8 g de C y CO₂, respectivamente (Mota, 2011).

Respuesta a ozono:

Es susceptible al daño por O₃, el cual puede estar asociado con un ligero aumento de los pigmentos fotosintéticos (Calatayud y Barreno, 2004).

Resistencia a sequía:

El sistema radicular que posee la lechuga es muy reducido, por lo que su nivel de resistencia a la sequía es muy bajo.

Tolerancia a altas temperaturas:

No es un cultivo tolerante a altas temperaturas. Los efectos del calor se manifiestan en menor producción y menor calidad de producto.

LENTEJA



Fotografía: Cortesía de INTA (Argentina)

CARACTERÍSTICAS DESCRIPTIVAS

Nombre científico:	<i>Lens culinaris</i> Medik = <i>Lens esculenta</i> Moench.
Nombres comunes:	Lenteja.
Familia:	Leguminosae (Fabaceae).
Origen:	Asia Menor (Kay, 1979). Norte de Siria (Summerfield <i>et al.</i> , 1985a). Abisinia y la India (Aragón, 1995). Suroeste de Asia (Choudhry, 2012).
Distribución:	55°LN a 40°LS (Solórzano, 1993). India y Australia (Dhuppar <i>et al.</i> , 2012). India, Canadá, Turquía, Australia, Nepal, Estados Unidos, Bangladesh y China (Choudhry, 2012).
Adaptación:	Regiones templadas y subtropicales. No se adapta a regiones cálidas (González, 1984). Se le puede cultivar durante el invierno en climas cálidos y semicálidos y durante la primavera o verano en climas templados y semifríos (Aragón, 1995). Puede cultivarse en regiones semiáridas sin riego, así como en zonas templadas muy frías o con invierno cálido y caluroso verano (Dhuppar <i>et al.</i> , 2012).
Ciclo de madurez:	3-5.5 meses (Wichmann, 1992). 115-160 días (Solórzano, 1993). 75-180 días; 88-101 en Norteamérica (Choudhry, 2012). Variedades precoces de 120-150 días; las tardías de 190-220 días (Herrera, 2010).
Tipo fotosintético:	C ₃ .

REQUERIMIENTOS CLIMÁTICOS

Altitud:	Desde el nivel del mar hasta 3355 m (Purseglove, 1987). 500-3400 m (Aragón, 1995). 100-3200 m (Herrera, 2010).
Fotoperíodo:	Tradicionalmente la lenteja se considera una planta de día largo, con cuatro etapas definidas anteriores a la floración; la etapa de pre-emergencia, las etapas pre-productiva y post-productiva que no son sensibles al fotoperíodo pero sí a la temperatura y la etapa inductiva que sí es sensible al fotoperíodo (Roberts <i>et al.</i> , 1986). Algunos cultivares responden como plantas de día largo con respuesta cualitativa, otros como plantas de día largo con respuesta cuantitativa y otros más como plantas de día neutro (Hawtin <i>et al.</i> ; Kay; Mursi y Abd; Pavlov y Ganera; Saint; Shukla; citados por Summerfield <i>et al.</i> , 1985a). Existen cultivares para producir tanto en invierno como en primavera y verano (Aragón, 1995). Los días largos a madurez, pueden retrasar la maduración pero aumentan biomasa y rendimiento (Choudhry, 2012).
Radiación (Luz):	Prospera en condiciones de mediana a alta luminosidad, incluso con periodos de nubosidad. La radiación solar limitada puede optimizarse mediante manejo del cultivo e incrementar su estabilidad y rendimiento (Choudhry, 2012).
Temperatura:	Es un cultivo de invierno, no tolera los ambientes tropicales cálidos y húmedos (Purseglove, 1987). El nivel máximo de número de hojas, elongación de tallo y producción de materia seca se obtiene cuando las temperaturas nocturnas se mantienen en el rango de 17 a 23°C y las temperaturas diurnas entre 25 y 31°C. La temperatura media diaria debería mantenerse en el rango de 20 a 28°C (Solórzano, 1993). La lenteja tolera bajas temperaturas y de acuerdo con Zertuche citado por Rzedowski (1983) resiste hasta 4°C, siempre y cuando esta temperatura no ocurra durante el periodo de floración. Con o sin vernalización, la fecha de floración es una función de la influencia de la temperatura y el fotoperíodo, sin acción interactiva de ambos factores (Summerfield <i>et al.</i> , 1985b). Las unidades calor (GDD) requeridas por el cultivo son de 944 a 1270 (Miller <i>et al.</i> , 2002). Temperaturas frescas y húmedas o muy frías durante la maduración del cultivo, disminuyen el rendimiento (Choudhry, 2012).

- Precipitación (agua):** Requiere para su desarrollo de un volumen de agua relativamente bajo; la humedad excesiva es dañina para la planta (Solórzano, 1993). Requiere de 350 a 500 mm de agua durante el ciclo vegetativo (estimado a partir de la duración del ciclo de cultivo de la lenteja en siembras de otoño-invierno en la región de El Bajío, México). Para plantas con una altura promedio de 50 cm, los coeficientes de cultivo (Kc) para las etapas de desarrollo inicial, intermedia y final son 0.4, 1.1 y 0.3, respectivamente (Allen *et al.*, 2006). Tolera la escasez de agua, 200-250 mm bien distribuidos durante el ciclo del cultivo son suficientes. Precipitaciones excesivas producen más forraje que fruto (Herrera, 2010).
- Humedad relativa:** Requiere de atmósferas relativamente secas o moderadamente húmedas, características del ciclo otoño-invierno, en el que generalmente se produce la lenteja, sobre todo en México (Solórzano, 1993).

REQUERIMIENTOS EDÁFICOS

- Profundidad de suelo:** Se requiere una profundidad efectiva mínima de 25-35 cm (Wichmann, 1992; Aragón, 1995). Requiere suelos de mediana profundidad (FAO, 1994). Requiere un mínimo de 30-40 cm de suelo (Herrera, 2010).
- Textura:** Se adapta a suelos desde arcillosos a franco arenosos (Wichmann, 1992). Prefiere suelos de textura media o ligera, esto es, suelos francos, franco-arenosos, franco-arcillosos. Sin embargo, se ha observado que se pueden obtener altos rendimientos en suelos arcillosos pesados, siempre que se haga un adecuado manejo del agua de riego (Solórzano, 1993). Desarrolla en suelos de textura media a pesada (FAO, 1994).
- Drenaje:** Requiere suelos con buen drenaje (Wichmann, 1992; Aragón, 1995).
- pH:** Prefiere pH de 6.5-8.0 (Wichmann, 1992). Desarrolla bajo un rango de pH de 4.5 a 8.2, siendo el óptimo alrededor de 6.8 (FAO, 1994).
- Salinidad/Sodicidad:** Prospera en varios tipos de suelos (Aragón, 1995), pero no tolera la salinidad. Tiene ligera tolerancia a la salinidad (Wichmann, 1992; FAO, 1994). Es sensible a la salinidad (Castellanos *et al.*, 2000).

Fertilidad y química del suelo:

Los requerimientos nutricionales para producir 1 t de lenteja son: 50-12-39 kg ha⁻¹ de N-P₂O₅-K₂O₅. La mayor parte de su demanda de N la cubre mediante fijación atmosférica. Es un cultivo de baja respuesta a potasio. Aproximadamente 2 t ha⁻¹ de rastrojo aportan 15-25 kg ha⁻¹ al siguiente cultivo (Castellanos *et al.*, 2000).

La fijación de N₂ influye más en los cambios fisiológicos de la planta y su producción de biomasa y rendimiento, respecto a la aplicación de N (Choudhry, 2012).

CARACTERÍSTICAS DE RESPUESTA AL CAMBIO CLIMÁTICO

Respuesta a ambientes enriquecidos de CO₂:

Altas concentraciones de CO₂ estimulan la fotosíntesis y la fijación de N₂. Sin embargo, se requiere que no haya estrés por deficiencia nutrimental, baja temperatura o sequía (Rogers *et al.*, 2009).

Captura de carbono:

Las leguminosas tiene la habilidad de que bajo elevado CO₂, incrementan el C a través de su intercambio por nitrógeno en la simbiosis (Rogers *et al.*, 2009).

Con una producción de materia seca de aproximadamente 5.26 t ha⁻¹ (Choudhry, 2012), y el factor de conversión a carbono (0.47% de materia seca) (Montero *et al.*, 2004), se estima una captura de 2.53 t ha⁻¹ año⁻¹ de carbono.

Respuesta a ozono:

Planta sensible al ozono (Krupa *et al.*, 2001).

Decrece la respiración en las raíces de leguminosas (Grantz *et al.*, 2003).

Altas concentraciones de ozono (49-79 nmol mol⁻¹) inhiben la fijación de nitrógeno atmosférico (Tu *et al.*, 2009).

Resistencia a sequía:

Sensible. La sequía disminuye la fijación de N₂; sin embargo, el aumento de CO₂ puede ofrecer protección al reactivar la simbiosis (Rogers *et al.*, 2009).

Relativamente tolerante a sequía. La condición de estrés hídrico afecta la floración y el llenado de vainas. Sin embargo, cultivares de floración temprana alargan el periodo de llenado de vainas y favorecen el índice de cosecha (Choudhry, 2012).

Tolerancia a altas temperaturas:

Depende de los genotipos; los sensibles tienen problemas en floración y llenado de vainas. Otros, son tolerantes (Dhuppar *et al.*, 2012).

LIMA



CARACTERÍSTICAS DESCRIPTIVAS

Nombre científico:	<i>Citrus aurantifolia</i> (Christm.) Swingle.
Nombres comunes:	Lima, lima ácida, lima chica, lima boba, limón chiquito, limón criollo, limón sutil, limón corriente, limón agria (Morton, 1987).
Familia:	Rutaceae.
Origen:	Sureste de Asia (González, 1984). Región Indo-Malaya (Morton, 1987).
Distribución:	40°LN a 40°LS (Doorenbos y Kassam, 1979).
Adaptación:	Regiones tropicales y subtropicales.
Ciclo de madurez:	Perenne.
Tipo fotosintético:	C ₃ .

REQUERIMIENTOS CLIMÁTICOS

Altitud:	500-1700 m. Hasta 1800 m en zonas subtropicales y hasta 750 m en zonas tropicales (Doorenbos y Kassam, 1979).
Fotoperíodo:	Se considera una planta de día neutro, pero existen cultivares de día corto (FAO, 1994).
Radiación (Luz):	El sombreado reduce el contenido de ácido ascórbico de los frutos, siendo la intensidad de luz óptima 32.3-86.1 klux (Baradas, 1994).

Temperatura:	<p>Rango 13-35°C, siendo la óptima 23-30°C. Por debajo de los 13°C no existe crecimiento (Baradas, 1994). Requiere de un periodo de reposo (idealmente de dos meses) para que se produzca la floración, el cual puede ser provocado por temperaturas de alrededor de 10°C durante el invierno en zonas subtropicales (Doorenbos y Kassam, 1979). Un régimen diurno/nocturno de temperatura de 30°/25°C inhibe la floración (Lenz; citado por Monselise, 1985). Es más sensible al frío que el limón (Morton, 1987).</p>
Precipitación (agua):	<p>1000-2000 mm por ciclo (Baradas, 1994). 900-1200 mm por año (Doorenbos y Kassam, 1979). En zonas tropicales, el periodo de reposo que se requiere para inducir la floración, puede ser provocado por condiciones de precipitación o riego de menos de 50-60 mm/mes durante dos meses o más (Doorenbos y Kassam, 1979). En localidades donde no existe una estación fría, el estrés por sequía tiene un efecto inductivo de la floración, el cual sin embargo, puede ser modificado por la aplicación de riego (Monselise y Halevy; Nir <i>et al.</i>; citados por Monselise, 1985). En climas demasiado húmedos, cuando hay lluvias excesivas, el árbol está sujeto a enfermedades fungosas. De acuerdo con Allen <i>et al.</i> (2006), en huertas con cobertura vegetal o maleza, los árboles de 2 m de altura tienen un Kc de 0.85 en las etapas de desarrollo inicial, intermedia y final, mientras que árboles de 3 m tienen un Kc de 0.8 y árboles de 4 m de altura un Kc de 0.75, 0.7 y 0.75, en estas tres etapas de desarrollo. En huertas sin cobertura vegetal o maleza, los árboles de 2 m tienen un Kc de 0.5, 0.45 y 0.55, mientras que los árboles de 3 m tienen un Kc de 0.65, 0.6 y 0.65. Los árboles de 4 m tienen un Kc de 0.7, 0.65 y 0.7, para estas tres etapas de desarrollo.</p>
Humedad relativa:	<p>Atmósferas secas acompañadas de altas temperaturas son muy dañinas, sobre todo para frutos jóvenes y hojas (Baradas, 1994). Humedad atmosférica medianamente alta es favorable para buenos rendimientos.</p>

REQUERIMIENTOS EDÁFICOS

Profundidad de suelo:	<p>> 120 cm. La profundidad de enraizamiento varía de 1.20 a 2.0 m. En general, el 60% de las raíces se encuentra en los primeros 0.5 m, un 30% más en los segundos 0.5 m, y el 10% restante por debajo de 1 m. Cuando el suministro de agua es el adecuado, normalmente el 100% del agua se extrae de la primera capa de 1.2 a 1.6 m (Doorenbos y Kassam, 1979).</p>
Textura:	<p>Franco-arenosa, franca y franco-arcillosa. Desarrolla en suelos de textura media a pesada (FAO, 1994).</p>
Drenaje:	<p>Requiere suelos con buen drenaje (FAO, 1994).</p>

pH:	El rango de pH de esta especie está entre 4.8 y 8.3, con un óptimo alrededor de 6.5 (FAO, 1994).
Salinidad/Sodicidad:	Es sensible a la salinidad. Las disminuciones de rendimiento debidas a la salinidad del suelo son: 0% para una conductividad eléctrica de 1.7 ds m ⁻¹ ; 10% para 2.3 ds m ⁻¹ ; 25% para 3.3 ds m ⁻¹ ; 50% para 4.8 ds m ⁻¹ y 100% para 8.0 ds m ⁻¹ (Doorenbos y Kassam, 1979).
Fertilidad y química del suelo:	La remoción de nutrientes en g t ⁻¹ de fruta fresca es: N = 1,638; P ₂ O ₅ = 366; K ₂ O = 2,086; MgO = 209, CaO = 658; S = 74 (IFA, 1992).

CARACTERÍSTICAS DE RESPUESTA AL CAMBIO CLIMÁTICO

Respuesta a ambientes enriquecidos de CO₂:	En un experimento de CO ₂ elevado (300 ppm por arriba de concentración ambiente) realizado durante 14 años con <i>Citrus aurantium</i> (naranja agria, especie emparentada con la lima), se observó que en el segundo año la fotosíntesis se incrementó 2.84 veces con relación a plantas cultivadas en CO ₂ ambiente. Para el sexto año, el incremento en fotosíntesis era sólo de 1.75 veces en la condición de CO ₂ elevado con relación a la condición de CO ₂ ambiente. Para el año 14, el incremento promedio anual en fotosíntesis era de 1.45 veces, mientras que el incremento promedio en el verano era sólo de 1.28 veces. Estos resultados señalan la presencia de un mecanismo de regulación de la fotosíntesis hacia la baja, a partir del momento en que se recibe el estímulo de CO ₂ elevado, por lo que se espera que las especies arbóreas como los frutales se adapten al cambio climático con este tipo de respuesta fotosintética. Esto podría ser explicado por una capacidad reducida de la hoja para utilizar el CO ₂ abundante o podría ser el resultado de una mayor conductancia estomática en las hojas que están bajo CO ₂ elevado, o incluso producirse por un cierre parcial de estomas (Adam <i>et al.</i> , 2004; Lauteri <i>et al.</i> , citados por Adam <i>et al.</i> , 2004).
Captura de carbono:	De acuerdo al promedio de secuestro anual de C en cítricos, se estiman 5.8 t ha ⁻¹ de C (Mota <i>et al.</i> , 2011).
Resistencia a sequía:	Tolera la sequía mejor que cualquier otro cítrico (Morton, 1987).
Tolerancia a altas temperaturas:	Los cítricos requieren una elevada amplitud térmica durante la maduración de los frutos para obtener una buena pigmentación. Respecto a la cantidad de jugo, en climas más cálidos la cantidad de jugo es mayor que en climas más fríos; así mismo, las altas temperaturas (por arriba del umbral térmico máximo de desarrollo) generalmente provocan un descenso de la acidez (Anderson <i>et al.</i> , 1996).

LIMÓN



CARACTERÍSTICAS DESCRIPTIVAS

Nombre científico:	<i>Citrus limon</i> (L.) Burm.
Nombres comunes:	Limón, limón mexicano.
Familia:	Rutaceae.
Origen:	China (González, 1984). Montañas del Himalaya al este de India (Crane, 2010).
Distribución:	40°LN a 35°LS (Benacchio, 1982). 40°LN a 40°LS (Doorenbos y Kassam, 1979). Se cultiva en regiones mediterráneas de España, Italia, Marruecos, Grecia, Turkía, Israel. También crece en climas de California y Chile, así como en climas tropicales de Guatemala, México, Belice (Crane, 2010).
Adaptación:	Regiones tropicales y subtropicales, cálidas, pero se adapta también a regiones con periodos fríos, entrando en latencia. Se adapta a climas subtropicales áridos y semiáridos o climas mediterráneos, es tolerante a temperaturas frescas, pero no soporta heladas (Crane, 2010).
Ciclo de madurez:	Perenne. Inciden dos flujos de floración: diciembre a marzo, y junio a noviembre (Crane, 2010). Plantas injertadas producen a los 4-5 años posteriores al injerto. El fruto alcanza su madurez a los 125-165 días después de la polinización. Se detectan dos flujos de floración: septiembre a noviembre y febrero a marzo, ésta fructifica en verano cuando los precios del mercado son los más bajos (Tejacal <i>et al.</i> , 2011).
Tipo fotosintético:	C ₃ .

REQUERIMIENTOS CLIMÁTICOS

- Altitud:** 500-1000 m (Benacchio, 1982).
Hasta 1800 m, en zonas subtropicales y hasta 750 m en zonas tropicales (Doorenbos y Kassam, 1979).
- Fotoperíodo:** Se considera una planta de día neutro, aunque hay cultivares de día corto (FAO, 1994).
- Radiación (Luz):** Prefiere una insolación moderada y prospera en zonas relativamente sombreadas (Benacchio, 1982).
El sombreado reduce el contenido de ácido ascórbico de los frutos, siendo la intensidad de luz óptima 32.3-86.1 klux (Baradas, 1994).
Prefiere plena radiación solar, el sombreado no favorece (Crane, 2010).
- Temperatura:** Rango 13-35°C, siendo la óptima 23-30°C. Por debajo de los 13°C no existe crecimiento (Baradas, 1994).
Rango 10-36°C. El óptimo para crecimiento y desarrollo está entre 23 y 26°C. La temperatura límite para actividad vegetativa es 12.8°C (Benacchio, 1982).
Requiere de un periodo de reposo (idealmente de dos meses) para que se produzca la floración, el cual puede ser provocado por temperaturas de alrededor de 10°C durante el invierno en zonas subtropicales (Doorenbos y Kassam, 1979).
Plantas cultivadas bajo temperaturas día/noche de 25/15°C crecen más que a 20/10°C o 30/20°C (Harty y Van Staden, 1988).
El rango óptimo de temperatura para el crecimiento de las raíces es de 24 a 31°C (Martin *et al.*, 1995).
Temperaturas <25°C por varias semanas inducen formación de yemas florales (Tejacal *et al.*, 2011).
La exposición a temperaturas de -1°C daña seriamente al árbol y su producción.
- Precipitación (agua):** El limonero requiere de 900-1600 mm anuales; no tolera sequía (Benacchio, 1982).
1000-2000 mm por ciclo (Baradas, 1994).
900-1200 mm por año (Doorenbos y Kassam, 1979).
En zonas tropicales, un periodo de reposo se requiere para inducir la floración, el cual puede ser provocado por condiciones de precipitación o riego de menos de 50-60 mm mes⁻¹ durante dos meses o más (Doorenbos y Kassam, 1979).
Requiere lluvias o riego durante la floración (Crane, 2010).
La brotación está influida por las lluvias; en tanto la falta de agua en suelo por 30 días, induce floración (Tejacal *et al.*, 2011).
De acuerdo con Allen *et al.* (2006), en huertas con cobertura vegetal o maleza, los árboles de 2 m de altura tienen un Kc de 0.85 en las etapas de desarrollo inicial, intermedia y final, mientras que árboles de 3 m tienen un Kc de 0.8 y árboles de 4 m de altura un Kc de 0.75, 0.7 y 0.75, en estas tres etapas de desarrollo. En huertas sin cobertura vegetal o maleza, los árboles de 2 m tienen un Kc de 0.5, 0.45 y 0.55, mientras que los árboles de 3 m tienen un Kc de 0.65, 0.6 y 0.65. Los árboles de 4 m tienen un Kc de 0.7, 0.65 y 0.7, para estas tres etapas de desarrollo.

Humedad relativa: Atmosferas secas acompañadas de altas temperaturas son muy dañinas, sobre todo para frutos jóvenes y hojas (Baradas, 1994).
Prefiere una humedad atmosférica relativamente alta (Benacchio, 1982).
Le es favorable una humedad relativa de 75 al 82% en época lluviosa y de 27 a 32% en diciembre. El rendimiento disminuye a menores humedades ambientales (Tejacal *et al.*, 2011).

REQUERIMIENTOS EDÁFICOS

Profundidad de suelo: > 90 cm y un manto freático por debajo de 150 cm (Benacchio, 1982).

La profundidad de enraizamiento varía de 1.20 a 2.0 m. En general, el 60% de las raíces se encuentra en los primeros 0.5 m, un 30% más en los segundos 0.5 m, y el 10% restante por debajo de 1 m. Cuando el suministro de agua es el adecuado, normalmente el 100% del agua se extrae de la primera capa de 1.2 a 1.6 m (Doorenbos y Kassam, 1979).

Textura: Prefiere suelos franco-arenosos, francos y franco-arcillosos, con alta fertilidad (Benacchio, 1982).

Desarrolla en suelos de textura media a pesada (FAO, 1994). En California produce en suelos franco-arcilloso-limosos, con alta capacidad de retención de humedad. En Guatemala, los suelos que se recomiendan son arenosos, arcillosos y areno-arcillosos (Morton, 1987), profundos, con alta permeabilidad.

En Florida, se adapta bien en suelos arenosos (Crane, 2010).

Drenaje: Requiere buen drenaje (Benacchio, 1982; Crane, 2010).

pH: 6-7, poco tolerante a la acidez (Benacchio, 1982).

Su rango de pH va de 6.0 a 8.3, con un óptimo de 7.0 (FAO, 1994).

Los suelos preferentemente deben tener un pH entre 5.5 y 6.5 (Crane, 2010).

Salinidad/Sodicidad: Como los demás cítricos, el limonero es sensible a la salinidad. Las disminuciones de rendimiento debidas a la salinidad del suelo son: 0% para una conductividad eléctrica de 1.7 dS m⁻¹; 10% para 2 dS m⁻¹; 25% para 3.3 dS m⁻¹; 50% para 4.8 dS m⁻¹ y 100% para 8.0 dS m⁻¹ (Doorenbos y Kassam, 1979).

El umbral de CE= 1.0 mmhos cm⁻¹; a un valor = 3.0 mmhos cm⁻¹ el rendimiento disminuye 28% (Castellanos *et al.*, 2000). El limonero es sensible a la salinidad (Sánchez, 2001).

Fertilidad y química del suelo: Es poco exigente en nutrición; el exceso de fertilización se asocia con crecimiento abundante del árbol a expensas de la producción de fruta. A inicios del crecimiento es importante aplicar al suelo N-P-K-Mg, de 2 a 3 veces por año, las dosis aumentan con la edad del árbol. Los micronutrientes se aplican al follaje, de abril a septiembre. Son comunes las deficiencias de Fe (Crane, 2010).

Es sensible a concentraciones de boro de <0.5 mg L⁻¹ (Sánchez, 2001).

CARACTERÍSTICAS DE RESPUESTA AL CAMBIO CLIMÁTICO

- Respuesta a ambientes enriquecidos de CO₂:** Se ha demostrado que la planta responde de mejor manera a estrés por sequía, altas temperaturas, salinidad y contaminación del aire, cuando se incrementan los niveles de CO₂ (Rogers *et al.*, 1994). A temperaturas moderadas, las concentraciones elevadas de CO₂ no alteran la arquitectura de raíces y ramas. Además, reducen los efectos negativos de la poca ramificación y elongación apical que ocasionan las altas temperaturas, mejorando la topología de la planta (Martin *et al.*, 1995).
- Captura de carbono:** Para una densidad de plantación de 0.028 árboles m², se captura un total de 29,163 g C y 106,933 g CO₂ por árbol, con la siguiente partición: 6,121 g (C) y 22,446 g (CO₂) en raíz; 3,935 y 14,430 g en ramas; 6,744 y 24,729 g en hojas + tallos; 11,282 y 41,368 g en frutos; y, 1,080 y 3,960 g en tronco (Mota, 2011).
- Respuesta a ozono:** Muy sensible a incrementos de O₃, el cual puede reducir en 8.09% el rendimiento del limonero (Krupa y Kickert, 1989). El ozono oxida los tejidos de la hoja al estar en contacto con los estomas, por consiguiente se reduce la asimilación de CO₂ y el rendimiento. Este aspecto es importante en zonas templadas donde se incrementan los niveles de ozono en la atmósfera (Fares *et al.*, 2010).
- Resistencia a sequía:** El estrés hídrico induce cierre de estomas, enrollamiento de hojas y defoliación parcial. No existe ajuste osmótico en las hojas, pero si un ajuste en la elasticidad de la pared celular, de manera que por este mecanismo homeostático, después del estrés, las plantas se recuperan rápidamente (dos días) (Ruiz - Sánchez *et al.*, 1997).
- Tolerancia a altas temperaturas:** El limonero es sensible a altas temperaturas. Cuando éstas ocurren, disminuye la frecuencia de ramas, aumenta el nivel de clorofila en las hojas e incrementa la dominancia apical en planta (Martin *et al.*, 1995). Los árboles son además susceptibles a heladas (Crane, 2010).

LITCHI



CARACTERÍSTICAS DESCRIPTIVAS

Nombre científico:	<i>Litchi chinensis</i> (Sonn.) Mill.
Nombres comunes:	Litchi, lichi.
Familia:	<i>Sapindaceae</i> .
Origen:	Provincia de Cantón, en la zona subtropical del Sur de China (INIFAP, 1997; Galán, 1990). Provincias de Kwangtung y Fukien en el sur de China (Morton, 1987).
Distribución:	35°LN a 35°LS. En India y China se cultiva entre los 15° y 30° N (Morton, 1987).
Adaptación:	Regiones con clima subtropical, sin riesgo de heladas intensas (INIFAP, 1997). Se adapta y desarrolla mejor en planicies bajas de verano cálido y húmedo e invierno seco y fresco (Morton, 1987).
Ciclo de madurez:	Perenne, con un ciclo de producción que va de 100 a 270 días (FAO, 1994).
Tipo fotosintético:	C ₃ .

REQUERIMIENTOS CLIMÁTICOS

Altitud:	0-1300 m.
Fotoperíodo:	Es una planta de día neutro (FAO, 1994; Nakasone y Paull, 1998).

Radiación (Luz):

Prospera en regiones con alta a mediana luminosidad (FAO, 1994).

Temperatura:

El óptimo de temperatura media anual está entre 23 y 26°C. Prefiere regiones donde se presenta un periodo corto de frío previo a la floración. Es un frutal más tolerante al frío que el mango y el café pero menos tolerante que los cítricos (INIFAP, 1997).

El rango térmico para desarrollo está entre 15 y 40°C, con un óptimo alrededor de los 30°C (FAO, 1994).

Esta especie requiere inviernos con periodos de temperatura entre -1.1 y 4.4°C (Morton, 1987) aunque puede desarrollar muy bien en regiones más cálidas que no reúnen este requisito (Singh, citado por Morton, 1987).

Los árboles han soportado en periodos de reposo temperaturas de -6°C con daños escasos, aunque brotes tiernos y flores son sensibles a baja temperatura y pueden dañarse seriamente a 0°C. El litchi puede soportar temperaturas de 40°C, pero si van acompañadas de periodos secos pueden caerse los frutos y rajarse. La temperatura óptima es de 20 a 35°C, con cero vegetativo entre 15 y 16°C; la existencia de un periodo frío, entre 8 y 14°C, y seco, en otoño o al comienzo del invierno favorece la floración. No es recomendable que la temperatura mínima tres meses anteriores a la floración supere los 15°C y la precipitación sea mayor de 150 mm. La temperatura ideal en la floración y cuajado del fruto es de 18 a 25°C. Temperaturas altas de 28 a 30°C son recomendables después de la recolección (Galán, 1990).

Árboles jóvenes son severamente dañados con temperaturas de -2 a -3°C, aunque en dormancia y árboles maduros son más tolerantes a las bajas temperaturas. Cuando los árboles están profundamente enraizados la baja temperatura es más importante que la humedad (Nakasone y Paull, 1998).

Esta especie soporta inviernos moderados con heladas no inferiores a -4°C (Dinesh y Reddy, 2012).

Precipitación (agua):

Prospera en regiones con más de 1500 mm de precipitación acumulados en el año (INIFAP, 1997).

El mínimo de precipitación para esta especie es de 700 mm, mientras el máximo es de 2800 mm y el óptimo es de 1600 mm (FAO, 1994).

Lluvias fuertes en la etapa de floración son perjudiciales (Morton, 1987).

La precipitación óptima va de 1,250 a 1,700 mm. Las lluvias durante la floración no son deseables, porque interfieren con la polinización, así como en la etapa previa a la floración, ya que requiere de un periodo de estrés hídrico de dos a tres meses antes de la floración que impida la brotación vegetativa y ésta comienza si no existe limitante de temperatura cuando llueven 25 mm de lluvia en el mes (Galán, 1990).

Requiere de 1,500 a 2,000 mm anuales, con poca precipitación se requiere irrigación. El otoño e invierno secos son importantes para prevenir el crecimiento vegetativo. En el sur de china, la floración ocurre durante la estación lluviosa, 130 a 375 mm mensuales, con humedad relativa de 80%, sin embargo, mucha lluvia durante la floración puede reducir la apertura de las flores y la actividad de los insectos necesarios para la polinización (Nakasone y Paull, 1998).

Humedad relativa: Prefiere atmósferas moderadamente húmedas a húmedas en la mayor parte del año.
La humedad relativa durante la floración y cuajado del fruto debe ser mayor de 75% y en general no debe disminuir a menos de 69% (Galán, 1990).

REQUERIMIENTOS EDÁFICOS

Profundidad de suelo: Requiere suelos con mediana profundidad (FAO, 1994), con un mínimo de 1m de espesor (INIFAP, 1997).
Es poco exigente en la profundidad del suelo, se cultiva en suelos hasta de 40 cm (Galán, 1990).

Textura: Prefiere suelos con textura de ligera a media (FAO, 1994), tales como suelos francos, franco-arenosos, franco-arcillosos, franco-limosos y arenosos.
Prefiere migajones aluviales, aunque se adapta a un amplio rango de tipos de suelos, desde arenosos hasta arcillosos (Morton, 1987).
Se cultiva en suelos aluviales de textura limo arcillosa o arcillosa o suelos de laterita en laderas (Nakasone y Paull, 1998).

Drenaje: Prefiere condiciones de buen drenaje (INIFAP, 1997), ya que aunque se da en zonas húmedas y tolera breves periodos de inundación mejor que los críticos, en general no tolera humedad excesiva en el suelo (Morton, 1987).
En suelos arcillosos requiere buen drenaje, aunque puede tolerar hasta 15 días con el suelo encharcado sin sufrir daño (Galán, 1990).

pH: Se desarrolla en un rango de pH de 5.0 a 8.0, con un óptimo de 6.0 (FAO, 1994).
El pH debería estar entre 6.0 y 7.0. Si el suelo es deficiente en cal, ésta deberá ser agregada (Morton, 1987).
El pH óptimo va de 5.5 a 6.5 y tolera pH hasta de 8 (Galán, 1990).
Prefiere suelos ligeramente ácidos de 5 a 6.5 (Nakasone y Paull, 1998).

Salinidad/Sodicidad: Es ligeramente tolerante a la salinidad (FAO, 1994).
No tolera salinidad (Morton, 1987).
Conductividad eléctrica mayor de 640 $\mu\text{S m}^{-1}$ se considera perjudicial para la planta (Galán, 1990).
Crece satisfactoriamente en ligera alcalinidad (Nakasone y Paull, 1998).

Fertilidad y química del suelo:

Requiere alto nivel de nitrógeno, moderado fósforo, potasio y calcio, con baja retención de humedad y baja fertilidad (Galán, 1990).

CARACTERÍSTICAS DE RESPUESTA AL CAMBIO CLIMÁTICO

Resistencia a sequía:

Los árboles de litchi son moderadamente resistentes a la sequía (Crane y Balerdi, 2012b).

Tolerancia a altas temperaturas:

El litchi puede soportar temperaturas de 40°C, pero si van acompañadas de periodos secos pueden caerse los frutos y rasgarse (Galán, 1990).

MACADAMIA



CARACTERÍSTICAS DESCRIPTIVAS

Nombre científico:	<i>Macadamia integrifolia</i> Maiden & Betche (Cáscara lisa). <i>Macadamia tetraphylla</i> L.A.S. Johnson (Cáscara rugosa).
Nombres comunes:	Macadamia.
Familia:	Proteaceae.
Origen:	Este de Australia. <i>M. integrifolia</i> es nativa del sureste de Queensland, y <i>M. tetraphylla</i> es nativa del Sur de Nueva Gales del Sur (McHargue, 1996). Australia (González, 1984).
Distribución:	Sudáfrica, Hawaii, California y recientemente América Central (Lavín <i>et al.</i> , 2001).
Adaptación:	33°LN a 30°LS (Mosqueda, 1980).
Ciclo de madurez:	Es una especie perenne que presenta un ciclo de crecimiento para producción de 210 a 365 días (FAO, 1994).
Tipo fotosintético:	C ₃ .

REQUERIMIENTOS CLIMÁTICOS

Altitud:	Los árboles de macadamia pueden ser crecidos desde el nivel del mar hasta una elevación de 750 m (Bittenbender <i>et al.</i> , 2013). La altitud determina el rendimiento y la calidad de la fruta. De esta forma, se señala que esta especie presenta un buen comportamiento bajo los 500 metros sobre el nivel del mar (Lavin <i>et al.</i> , 2001). 0-800 m. En regiones tropicales cercanas al Ecuador se puede cultivar a mayor altura.
-----------------	---

Fotoperíodo:	Es una planta de día corto (FAO, 1994).
Radiación (Luz):	No es muy exigente en luz (FAO, 1994) y puede prosperar en condiciones de media sombra.
Temperatura:	<p>El límite inferior de temperatura se ubica en los 12°C, mientras que el límite superior es de 38°C y la temperatura óptima para su desarrollo es alrededor de 24°C (FAO, 1994). <i>M. integrifolia</i> presenta un mejor comportamiento en climas calurosos, con alta humedad y sin grandes diferencias de temperatura entre el día y la noche. Sin embargo, <i>M. tetraphylla</i> soporta mejor los subtrópicos más fríos como el de California y veranos más secos con temperaturas que fluctúan entre 15-35°C (Lavin <i>et al.</i>, 2001).</p> <p>El rango adecuado de temperatura para la producción de macadamia se encuentra entre 18°C y 26°C, con un óptimo entre 20°C y 23°C. Para una floración óptima la temperatura nocturna no debe exceder 20°C ni ser inferior a 18°C, por fuera de este rango se inhibe la formación de racimos. Para el crecimiento adecuado de la planta, la temperatura debe estar entre 18°C y 29°C; temperaturas medias inferiores a 17°C retardan el crecimiento, la iniciación de la producción es más tardía, se retrasa la maduración del polen, la polinización es irregular, el grosor de la corteza es mayor, la almendra pierde calidad organoléptica y disminuye su contenido de aceite (Armadans, citado por Montes <i>et al.</i>, 2009).</p>
Precipitación (agua):	<p>El límite inferior de precipitación es de 900 mm, con un límite superior de 3100 mm y un óptimo de 2000 mm anuales (FAO, 1994).</p> <p>Se desarrolla en regiones similares en precipitación a la región de origen en Australia, la cual presenta una precipitación anual entre 1200 y 2050 mm (Mosqueda, 1980). Los árboles requieren de 152.4 a 304.8 cm de lluvia al año (Bittenbender <i>et al.</i>, 2013).</p> <p>Para suelos no muy pesados se pueden dar las siguientes cantidades semanales de agua para el periodo estival: 9.5 L árbol⁻¹ día⁻¹ para árboles nuevos y 19 L árbol⁻¹ día⁻¹ para árboles de 10 años (Lavin <i>et al.</i>, 2001).</p>
Humedad relativa:	Dado que desarrolla en regiones donde la precipitación llega a ser considerable (FAO, 1994), la macadamia crece bajo la influencia de una atmósfera que la mayor parte del año se mantiene húmeda o moderadamente húmeda. La humedad relativa adecuada para este cultivo debe variar entre 70 y 80%, cuando ésta es baja aumentan los problemas de estrés por sequía y, por el contrario, cuando es alta, se favorecen los problemas fitosanitarios (Rincón; citado por Montes <i>et al.</i> , 2009).

REQUERIMIENTOS EDÁFICOS

Profundidad de suelo:	Requiere suelos con un mínimo de profundidad de 75 cm (Mosqueda, 1980). El suelo debe tener una profundidad mínima de 0.5 m y una capa de suelo superficial bien drenada (Lavin <i>et al.</i> , 2001).
Textura:	Desarrolla en suelos de textura media a pesada (FAO, 1994). La macadamia se desempeña en un amplio rango de tipos de suelo desde las arenas abiertas y roca de lava hasta los pesados suelos arcillosos, siempre que el suelo esté bien drenado (CRFG, 1997).
Drenaje:	Requiere la capa de suelo superficial bien drenada (Lavin <i>et al.</i> , 2001).
Exposición de terreno:	La topografía es otro factor importante ya que las nueces deben recolectarse manualmente del suelo. Lo deseable son terrenos planos de relieve ondulado, con pendientes hasta de un 15% que favorezcan el drenaje del suelo (Lavin <i>et al.</i> , 2001). La orientación Norte-Sur permite que la hilera de plantas reciba durante más tiempo la luz solar por ambas caras del seto de los árboles (Lemus, 2008).
pH:	Se desarrolla en un rango de pH de 4.0 a 7.5, con un óptimo de 5.5. Tolerancia a la acidez del suelo pero no a la alcalinidad (FAO, 1994). El pH apropiado es entre 5.5 y 6.5 (CRFG, 1997).
Salinidad/Sodicidad:	Es ligeramente tolerante a la salinidad (FAO, 1994). La macadamia no tolera un suelo o agua con altas concentraciones de sales (CRFG, 1997). Sin embargo, el rendimiento, diámetro de tronco y la composición mineral de los tejidos de macadamia no son afectados por concentraciones entre 500 y 1200 ppm de sal en el agua (Bittenbender y Hue, 1990).
Fertilidad y química del suelo:	Aplicar de 25 a 50 gramos de Nitrógeno por año por árbol. La fertilización con Potasio se recomienda en relación de 1:1 con nitrógeno hasta un quinto año y del sexto año en adelante la relación puede variar de 1.25 a 1.50:1. Se pueden aplicar 500 cm ³ de boro por tonel de 200 litros de agua. Al suelo se pueden agregar 3 gramos de Solubor o Borax por árbol. Hacer aplicaciones de zinc en forma foliar con una dosis de 500 cm ³ por tonel de agua. Las aplicaciones de calcio se deben hacer dependiendo de las condiciones de pH (ANACAFE, 2004). En el caso de plantaciones solas de macadamia es recomendable fertilizar a partir del sexto mes, la fórmula N-P-K: 10-10-10, en un total de 450 g planta ⁻¹ por año de edad, aplicados en 3-4 veces. Según experiencias la macadamia responde muy bien a la aplicación de materia orgánica y si se aporta, hay que reducir los fertilizantes químicos (GEV, 2013).

CARACTERÍSTICAS DE RESPUESTA AL CAMBIO CLIMÁTICO

Respuesta a ambientes enriquecidos de CO₂:

La macadamia, así como en otras especies C₃ que han crecido en un ambiente de CO₂ enriquecido, radica más asimilados a las raíces, lo que resulta en un incremento del rendimiento y/o tamaño del fruto. El incremento del rendimiento está dado por el mejoramiento en la retención de frutos, así como en el aumento en el peso total del fruto a la cosecha (Schaffer *et al.*, 1999).

Resistencia a sequía:

Una vez que los árboles están bien establecidos, son capaces de sobrevivir considerables periodos de sequía, aunque no se podrían obtener buenas cosechas en árboles de macadamia plantados en áreas secas sin la ayuda del riego (Hamilton y Fukunaga, 1959). Las plantas de macadamia son reportadas como tolerantes al estrés por sequía, aunque nuevas plantaciones pueden requerir riego regular por 6 semanas hasta 6 meses o más hasta que las plantas se establezcan lo suficiente para ser tolerantes a la sequía (Knox, 2005).

Tolerancia a altas temperaturas:

M. integrifolia y *M. tetraphylla* que habitan los bosques de Australia en un rango de altitudes, pueden ser afectadas por temperaturas altas y patrones variables de lluvia. Entre los factores que serían afectados por el cambio climático están la fenología, el inicio de la floración y la maduración del fruto. Los inicios de la floración y maduración del fruto son determinados por parámetros climáticos, lo que permite predecir que elevadas temperaturas y reducida lluvia en tiempos específicos del año reducirán la capacidad reproductiva de poblaciones naturales de macadamia (Costello *et al.*, 2009).

MAÍZ



CARACTERÍSTICAS DESCRIPTIVAS

Nombre científico:	<i>Zea mays</i> L.
Nombres comunes:	Maíz.
Familia:	Poaceae (Gramineae).
Origen:	México, América Central (González, 1984).
Distribución:	50° LN a 40° LS (González, 1984; Purseglove, 1985).
Adaptación:	Regiones tropicales, subtropicales y templadas (Doorenbos y Kassam, 1979).
Ciclo de madurez:	100 a 140 días (Doorenbos y Kassam, 1979). 80-140 días (Benacchio, 1982). 90-150 días (Ruiz, 1985). 100-180 días (Villalpando, 1986). 80 días en las variedades precoces, hasta 200 días en las tardías; las variedades que rinden más duran de 100 a 140 días (Santacruz y Santacruz, 2007).
Tipo fotosintético:	C ₄ .

REQUERIMIENTOS CLIMÁTICOS

Altitud:	0-3300 m (González, 1984; Purseglove, 1985). 0-1600 m (Benacchio, 1982). A partir de 26 razas de maíz estudiadas el rango altitudinal se encuentra de 5-2900 m (Ruiz <i>et al.</i> , 2009). En altitudes mayores a 3000 msnm disminuyen los rendimientos; se obtienen buenos rendimientos en alturas de 0 a 2500 msnm (Santacruz y Santacruz, 2007).
-----------------	---

Fotoperíodo:	Es una planta de día corto (<10 h), aunque muchos cultivos se comportan indiferentes a la duración del día (Chang, 1968; Doorenbos y Kassam, 1979). Hay variedades de día corto (<10 h) y variedades de día neutro (entre 10 y 14 h) (CIREN, 1989b).
Radiación (Luz):	Requiere mucha insolación, por ello no son aptas las regiones con nubosidad alta (Benacchio, 1982). Necesita abundante insolación para máximos rendimientos. La intensidad óptima de luz está entre 32.3 y 86.1 klux (Baradas, 1994). La máxima eficiencia del maíz en el uso de la radiación solar puede asumirse en 1.6 gMj ⁻¹ (Muchow <i>et al.</i> , 1990).
Temperatura:	El maíz es una planta tropical, pero su potencial de rendimiento es bajo en los ambientes tropicales típicos, con altas temperaturas diurnas y nocturnas. Su potencial de rendimiento se expresa mejor en ambientes templados y subtropicales con altas temperaturas diurnas y noches frescas (FAO, 2000). La temperatura óptima para la germinación está entre 18 y 21°C; por debajo de 13°C se reduce significativamente y de 10°C hacia abajo no se presenta germinación (Purseglowe, 1985). La mayoría de los procesos de crecimiento y desarrollo en maíz están fuertemente influidos por temperaturas entre 10 y 28°C (Warrington y Kanemasu, 1983). En condiciones de campo donde las plantas están sujetas a fluctuaciones de temperatura, la tasa máxima de asimilación resultó independiente de la temperatura arriba de 13°C (Van Heemst, 1986). Tanto la fotosíntesis como el desarrollo de maíz son muy lentos a 10°C y alcanzan su valor máximo de 30 a 33°C (Duncan, 1975). Con el híbrido PIONEER 3388, Singh <i>et al.</i> (1976) demostraron que el crecimiento del maíz normalmente ocurre cuando la temperatura ambiente se encuentra entre 10 y 35°C. La temperatura base o umbral mínima de desarrollo es de 10°C para cultivares que se adaptan a regiones tropicales y subtropicales (Cross y Zuber, 1972; Shaw, 1975; Neild, 1982; Eskridge y Stevens, 1987; Cutforth y Shaykewich, 1989). De acuerdo con Ruiz <i>et al.</i> (2002) y para el híbrido H-311, las temperaturas umbral mínima, óptima y umbral máxima de desarrollo para la etapa siembra-floración son 9.4, 24.3 y 28.8°C, mientras que para la etapa floración-madurez los valores para estas temperaturas son 10.2, 25.7 y 30.2°C. El maíz prácticamente no se siembra donde la temperatura media es menor a 19°C o donde la temperatura media nocturna durante los meses de verano, cae por debajo de los 13°C. Las áreas de mayor producción de maíz están donde las isoterms de los meses más cálidos varían de 21 a 27°C y un periodo libre de heladas de 120 a 180 días (Shaw, 1977). Para genotipos que se adaptan a regiones templadas o valles altos, la temperatura base es de alrededor de 7°C (Hernández y Carballo, 1984; Narwal <i>et al.</i> , 1986).

La temperatura umbral máxima para desarrollo en genotipos subtropicales es de 30°C (Smith *et al.*, 1982; Russele *et al.*, 1984).

La temperatura umbral máxima para el desarrollo en genotipos adaptados a valles altos es de 27°C (Hernández y Carballo, 1984).

La temperatura media diaria óptima es de 24-30°C, con un rango térmico de 15 a 35°C (Doorenbos y Kassam, 1979).

La temperatura media óptima se encuentra entre 18 y 24°C y la máxima umbral para desarrollo entre 32 y 35°C. El maíz es esencialmente una especie de clima cálido y semicálido. La combinación de temperaturas por arriba de 38°C más estrés hídrico durante la formación de mazorca y el espigamiento impiden la formación de grano. Mientras que temperaturas inferiores a 15.6°C retrasan significativamente la floración y la madurez (Baradas, 1994).

Rango 10-38°C, dependiendo de las variedades; la media debe ser superior a 20°C, con un óptimo para fotosíntesis entre 25 y 35°C. Prefiere noches relativamente frescas, pero con temperaturas mayores a 16°C. Presenta termoperiodismo. Temperaturas medias superiores a los 26.5°C reducen los rendimientos unitarios. Las áreas con mayores rendimientos en Estados Unidos tienen temperaturas medias entre 20 y 24°C, con temperaturas nocturnas de 15°C. La temperatura óptima diaria de siembra a germinación es de alrededor de 25.8°C; de germinación a la aparición de la inflorescencia femenina entre 25 y 30°C y desde ese periodo a la madurez del grano se consideran óptimas una mínima de 21°C y una máxima de 32°C (Benacchio, 1982).

La temperatura base o mínima de crecimiento es de 10 a 12°C, su rango de temperatura óptima de crecimiento de 28 a 32°C y el límite máximo de temperatura de crecimiento es de 40°C (CIREN, 1989b).

La emergencia de plantas a partir de la siembra dura de 5 a 6 días con una temperatura de 21°C, cuando la temperatura va de los 15.5 a los 18.3°C, la emergencia tarda de 8 a 10 días, pero si la temperatura es de 10-12.8°C, emerge de 18 a 20 días. Temperaturas menores a 10°C retardan la germinación. La temperatura media óptima es de 25 a 30°C, temperaturas mayores a 40°C afectan la polinización en regiones con alta humedad relativa (Santacruz y Santacruz, 2007).

La temperatura base varía entre razas de maíz de la siguiente manera: 10°C las razas Pepitilla, Nal-Tel y Tuxpeño; 9.5°C las razas Conejo, Zapalote Grande, Tepecintle y Olotillo; 9°C Tabloncillo, Tehua, Tuxpeño Norteño, Vandeño, Dzit-Bacal y Chapalote; 8.5°C Blando, Zapalote Chico y Motozinteco; 8°C Dulce de Jalisco, Celaya, Nal-Tel de Altura y Harinoso de Ocho; 7.5°C Dulcillo, Onaveño, Reventador, Ratón, Coscomatepec y Tablilla de Ocho; 7°C Ancho, Bofo, Elotes Occidentales, Zamorano Amarillo y Jala; 6.5°C Cristalino de Chihuahua, Cónico Norteño, Comitico y Tabloncillo Perla; 6°C Azul, Bolita y Olotón; 5.5°C raza Gordo; 5°C Arrocillo, Palomero Toluqueño y Palomero de Chihuahua; 4.5°C Cacahuacintle, Mushito y Serrano de Jalisco; 4°C Apachito y Elotes Cónicos; 2°C raza Cónico (Ruiz *et al.*, 1998).

Precipitación (agua):

De la siembra a la madurez requiere de 500 a 800 mm, dependiendo de la variedad y del clima. Cuando las condiciones de evaporación corresponden a 5-6 mm/día, el agotamiento del agua del suelo hasta un 55% del agua disponible, tiene un efecto pequeño sobre el rendimiento. Para estimular un desarrollo rápido y profundo de las raíces puede ser ventajoso un agotamiento algo mayor del agua durante los periodos iniciales de desarrollo. Durante el periodo de maduración puede llegarse a un agotamiento del 80% o más (Doorenbos y Kassam, 1979).

Prefiere regiones donde la precipitación anual va de 700 a 1100 mm. Son periodos críticos por necesidad de agua la germinación, primeras tres semanas de desarrollo y el periodo comprendido entre 15 días antes hasta 30 días después de la floración. Hay una estrecha correlación entre la lluvia que cae en los 10-25 días luego de la floración y el rendimiento final, aunque un exceso de lluvias puede volverse perjudicial. Se ha encontrado que si hay un estrés por falta de agua, la baja en el rendimiento final puede ser de 6 a 13% por día en el periodo alrededor de la floración y de 3 a 4% por día en los otros periodos. Desde los 30 días después de la floración, o cuando la hoja de la mazorca se seca, el cultivo no debería recibir más agua. Hay evidencias de que el boro puede reducir el efecto de sequía en el periodo crítico de la floración, favoreciendo la polinización (Benacchio, 1982).

Su requerimiento promedio de agua por ciclo es de 650 mm. Es necesario que cuente con 6-8 mm/día desde la iniciación de la mazorca hasta grano en estado masoso. Los periodos críticos por requerimiento de agua son en general el espigamiento, la formación de la mazorca y el llenado de grano (Baradas, 1994).

El uso consuntivo varía de 410 a 640 mm, con valores extremos de 300 y 840 mm. La deficiencia de humedad provoca reducción en el rendimiento de grano en función de la etapa de desarrollo; en el periodo vegetativo tardío se reduce de 2 a 4% por día de estrés, en la floración de 2 a 13% por día de estrés y en el llenado de grano de 3 a 7% por día de estrés (Shaw, 1977).

El periodo más crítico por requerimiento hídrico es el que abarca 30 días antes de la polinización, ahí se requieren de 100 a 125 mm de lluvia. Con menos de esta humedad y con altas temperaturas se presenta asincronía floral y pérdida parcial o total de la viabilidad del polen (Purseglove, 1985). Requiere de 400 a 500 mm de precipitación durante el ciclo del cultivo, para tener rendimientos aceptables (Santacruz y Santacruz, 2007).

Para maíz de grano y plantas con una altura promedio de 2 m, el coeficiente de cultivo (Kc) para las etapas inicial, intermedia y final de desarrollo, es 0.7, 1.2 y 0.35-0.6 (dependiendo del grado de humedad con el que se va a cosechar). Para maíz dulce en plantas de 1-1.5 m a cosecharse en fresco, los Kc de estas etapas son 0.7, 1.15 y 1.05; si se cosecha secado en campo el Kc final es 0.35 (Allen *et al.*, 2006).

Humedad relativa: Lo mejor es una atmósfera moderadamente húmeda (Benacchio, 1982).

REQUERIMIENTOS EDÁFICOS

Profundidad de suelo: Aunque en suelos profundos las raíces pueden llegar a una profundidad de 2 m, el sistema, muy ramificado, se sitúa en la capa superior de 0.8 a 1 m, produciéndose cerca del 80% de absorción del agua del suelo dentro de esta capa. Normalmente el 100% del agua se absorbe de la primera capa de suelo, de una profundidad de 1 a 1.7 m (Doorenbos y Kassam, 1979).

Textura: Prefiere suelos franco-limosos, franco-arcillosos y franco-arcillo-limosos (Benacchio, 1982).

Prospera en suelos de textura ligera a media (FAO, 1994).

Drenaje: Requiere buen drenaje, ya que no tolera encharcamientos (Doorenbos y Kassam, 1979). Suelos inundados por más de 36 horas suelen dañar a las plantas y su rendimiento final (Baradas, 1994).

pH: El pH óptimo está entre 5.5 y 7.5 (Ignatieff, citado por Moreno, 1992).

Puede producirse con éxito en suelos con pH de 5.5 a 8.5. (González, 1984).

Óptimo entre 5.0 y 7.0 (Doorenbos y Kassam, 1979).

5.5 a 7.0 (Benacchio, 1982).

El ámbito óptimo de pH va de 5.0 a 8.0, aunque es muy sensible a la acidez, especialmente con la presencia de iones de aluminio (Montaldo, 1982).

5.0 a 8.0 siendo el óptimo de 6.0 a 7.0 (Purseglove, 1985).

Salinidad/Sodicidad: Tolera salinidad, siempre que ésta no sea mayor que 7 dS m⁻¹ (Benacchio, 1982).

Este cultivo se considera moderadamente sensible a la salinidad. La disminución del rendimiento como consecuencia del aumento de la salinidad del suelo es la siguiente: 0% para una conductividad eléctrica de 1.7 dS m⁻¹, 10% para 2.5 dS m⁻¹, 25% para 3.8 dS m⁻¹; 50% para 5.9 dS m⁻¹ y 100% para 10 dS m⁻¹ (Doorenbos y Kassam, 1979; Ayers y Westcot, 1985).

Su valor tolerado de conductividad eléctrica es de 1,8 dS m⁻¹ con valor crítico a los 6,0 dS m⁻¹ (CIREN, 1989b).

Fertilidad y química del suelo: En las áreas de alto potencial se recomienda aplicar la dosis 180-60-00 y en zonas de mediano potencial 160-60-00. En ambos casos la mitad del Nitrógeno y todo el Fosforo al momento de la siembra y la otra mitad en la primera escarada (Medina *et al.*, 2003).

CARACTERÍSTICAS DE RESPUESTA AL CAMBIO CLIMÁTICO

Respuesta a ambientes enriquecidos de CO₂:

Con un contenido de CO₂ equivalente al doble del actual, la fotosíntesis en la hoja del maíz se incrementa 3% (Leakey *et al.*, 2006); mientras que, la biomasa y el rendimiento económico se incrementan 4%, respectivamente.

Plantas de maíz que fueron sometidas a elevado CO₂ (1100 µL L⁻¹) acumularon 20% más de biomasa y 23% más de área foliar que plantas que desarrollaron en CO₂ ambiente (350 µL L⁻¹); también las hojas maduras tuvieron mayores proporciones de saturación de luz de fotosíntesis (15%), menor conductancia estomática (71%), mayor eficiencia en el uso del agua (225%) y proporciones más altas de respiración nocturna (100%). Las plantas de elevado CO₂ tuvieron menores eficiencias de carboxilación (23%), medidas bajo CO₂ limitante, y menores contenidos de proteína en hoja. La actividad de la fructosa 1,6-bifosfatasa y ADP-glucosa pirofosforilasa se incrementó 8 y 36%, respectivamente bajo condiciones de elevado CO₂. El maíz puede beneficiarse del incremento de CO₂ a través de la aclimatación en las capacidades de ciertas enzimas fotosintéticas. La capacidad incrementada del maíz de sintetizar sacarosa y almidón en ambientes de elevado CO₂, y de utilizar estos productos terminales de la fotosíntesis para producir energía extra mediante la respiración, puede contribuir a aumentar el crecimiento del maíz en ambientes con mayor CO₂ (Maroco *et al.*, 1999).

El enriquecimiento de CO₂ (600 ± 50 mmoles mol⁻¹) sobre la concentración ambiente (360 mmoles mol⁻¹) incrementó la tasa de fotosíntesis del maíz Var. H-30, entre 48 y 52 %; la eficiencia del uso del agua se incrementó entre 53 y 70%; la acumulación de biomasa aumentó 24%, en la etapa vegetativa, y el peso seco de su raíz se incrementó en mayor grado (85%) que en la parte aérea (Sánchez *et al.*, 2000).

El incremento de CO₂ (700 ppm) aumenta el volumen de raíces en 340%. En presencia de sequía, el potencial hídrico de la hoja, la conductancia estomática y la transpiración disminuyen pero el CO₂ elevado contribuye a recuperar a la planta bajo sequía (Vanaja *et al.*, 2011).

Captura de carbono:

Con un rendimiento de grano y rastrojo en base seca para híbridos de maíz (11,180 y 7,740 kg ha⁻¹) y variedades criollas (5,160 y 1,032 kg ha⁻¹) en el municipio de Culiacán, Sinaloa, México (Marcos, 2012) y considerando un factor de conversión a carbono de 0.47 (Montero, *et al.*, 2004) se tiene que el maíz híbrido captura 5,255 kg ha⁻¹ en grano y 3,638 kg ha⁻¹ en rastrojo; en tanto las variedades criollas capturan 2,425 y 485 kg ha⁻¹ en grano y rastrojo, respectivamente.

Angers *et al.* (1995) informan que la conversión del carbono de los residuos de maíz en materia orgánica del suelo en la primera capa de 0-24 cm, es de cerca de 30 por ciento del total del ingreso de carbono.

Respuesta a ozono:	El sistema de labranza cero en maíz, promueve un secuestro de carbono 288 kg ha ⁻¹ mayor que un sistema de labranza convencional, en los primeros 30 cm de suelo (West, 2008). Con concentraciones de 167 a 175 ppb de ozono en zonas conurbadas del Valle de México, las plantas de maíz dañadas por ozono presentan una marcada disminución en su crecimiento, además los elotes de las plantas afectadas son de un tamaño marcadamente más pequeños, disminuyendo su valor comercial (Ramírez <i>et al.</i> , 2013).
Resistencia a sequía:	El maíz se adapta a una amplia variedad de zonas geográficas, pero el potencial de rendimiento está estrechamente relacionado con la cantidad de agua disponible. La disponibilidad de agua es un factor clave que afecta el rendimiento y su regularidad. El maíz es especialmente sensible al estrés por sequía durante la etapa de florecimiento, aparición de la mazorca y el llenado temprano de los granos (Traore <i>et al.</i> , 2000). El incremento de rendimiento de maíz en Ontario, Canadá durante las últimas cinco décadas ha sido de 1.5% año ⁻¹ . En híbridos de ciclo corto el incremento ha sido de 2.5% año ⁻¹ y la mayor parte del mejoramiento genético del rendimiento es atribuible a un incremento en la tolerancia a diferentes tipos de estrés, entre ellos baja humedad del suelo, bajo nivel de nitrógeno en suelo, bajas temperaturas en el periodo de llenado de grano (Tollenar y Wu, 1999).
Tolerancia a altas temperaturas:	Temperaturas por arriba de 32°C comienzan a ser perjudiciales para el maíz. El estado de activación de la enzima Rubisco comienza a disminuir a 32.5°C y casi se inactiva completamente a 45°C (Crafts y Salvucci, 2002). Las temperaturas superiores a 35°C promueven la pérdida de viabilidad de polen y estigmas.

MAMEY



CARACTERÍSTICAS DESCRIPTIVAS

Nombre científico:	<i>Mammea americana</i> L.
Nombres comunes:	Mamey, zapote mamey.
Familia:	Clusiaceae (Gutiferae).
Origen:	América Tropical (González, 1984).
Distribución:	23°LN a 23°LS.
Adaptación:	Regiones tropicales, cálidas y húmedas.
Ciclo de madurez:	Perenne.
Tipo fotosintético:	C ₃ .

REQUERIMIENTOS CLIMÁTICOS

Altitud:	Se adapta desde el nivel del mar hasta los 1000 m (Sosof <i>et al.</i> , 2005).
Fotoperíodo:	Se considera una planta de día neutro (FAO, 1994).
Radiación (Luz):	Los árboles jóvenes son muy sensibles a las bajas temperaturas y a una exposición directa al sol (Ochse <i>et al.</i> , 1972). Después de ello, el mamey prefiere condiciones de buena luminosidad (FAO, 1994), aunque puede desarrollar en condiciones de mediana luminosidad.
Temperatura:	El rango térmico de desarrollo de esta especie es 12 a 35°C. El nivel óptimo para desarrollo es alrededor de 27°C (FAO, 1994). Prefiere ambientes con temperatura entre 20 y 28°C (Ochse <i>et al.</i> , 1972; Sosof <i>et al.</i> , 2005).

Precipitación (agua):	Se desarrolla en regiones con precipitación entre 800 y 2200 mm, pero su desarrollo es óptimo cuando la precipitación acumulada es de alrededor de 1200 mm (FAO, 1994). El mamey requiere de 2000 a 4000 mm de lluvia al año bien distribuidos (Sosof <i>et al.</i> , 2005).
Humedad relativa:	Atmósferas secas acompañadas de altas temperaturas son muy dañinas. El mamey prefiere atmósferas húmedas o moderadamente húmedas.

REQUERIMIENTOS EDÁFICOS

Profundidad de suelo:	Esta especie requiere suelos profundos (Sosof <i>et al.</i> , 2005) a medianamente profundos (FAO, 1994), lo que equivale aproximadamente a suelos con una profundidad efectiva mayor a 1-1.8 m.
Textura:	El mamey desarrolla adecuadamente en suelos con textura de media a pesada (FAO, 1994). Esto es, suelos francos, franco-arcillosos, franco-arcillo-limosos, franco-limosos y arcillosos.
Drenaje:	Requiere suelos con buen drenaje interno. La presencia de encharcamientos le resulta dañino (Sosof <i>et al.</i> , 2005).
pH:	Desarrolla en un rango de pH de 5.5 a 8.0, siendo el nivel óptimo alrededor de 6.5 (FAO, 1994).
Salinidad/Sodicidad:	Es poco tolerante a la presencia de sales en el suelo (FAO, 1994).
Fertilidad y química del suelo:	Para la producción de mamey, la fertilización recomendada (por árbol) es la siguiente: Al momento de trasplante definitivo en campo: 10 g Nitrógeno + 10 g de Fósforo (P_2O_5) + 10 g de Potasio (K_2O). A los seis meses del trasplante: 10 g N + 10 g de (P_2O_5) + 10 g de (K_2O). Del segundo al séptimo año se duplica la dosis aplicada en el año anterior. Del octavo año en adelante se utiliza la dosis del séptimo año.

CARACTERÍSTICAS DE RESPUESTA AL CAMBIO CLIMÁTICO

Resistencia a sequía:	La sequía causa un cambio de color en sus hojas hacia amarillo y rojo, y su caída como última consecuencia (Nava y Ricker, 2004).
Tolerancia a altas temperaturas:	Altas temperaturas le son perjudiciales sobre todo si se acompañan con condiciones atmosféricas secas.

MANDARINA



CARACTERÍSTICAS DESCRIPTIVAS

Nombre científico:	<i>Citrus reticulata</i> Blanco.
Nombres comunes:	Mandarina.
Familia:	Rutaceae.
Origen:	Mandarina, naranjita, tangerina.
Distribución:	40°LN a 35°LS (Benacchio, 1982).
Adaptación:	Regiones tropicales y subtropicales.
Ciclo de madurez:	Perenne.
Tipo fotosintético:	C ₃ .

REQUERIMIENTOS CLIMÁTICOS

Altitud:	500-1000 m (Benacchio, 1982).
Fotoperíodo:	Se considera una planta de día neutro, aunque existen cultivares que se comportan como plantas de día corto (FAO, 1994).
Radiación (Luz):	Prefiere una insolación moderada y prospera en zonas relativamente sombreadas (Benacchio, 1982). El sombreado reduce el contenido de ácido ascórbico de los frutos, siendo la intensidad de luz óptima 32.3-86.1 klux (Baradas, 1994).

Temperatura:	Rango 13-35°C, siendo la óptima 23-30°C. Por debajo de los 13°C no existe crecimiento (Baradas, 1994). Rango 10-35°C. Es más resistente a bajas temperaturas que el resto de los cítricos, aunque la ocurrencia de frío durante la fructificación reduce la calidad del fruto (Benacchio, 1982). Es más resistente al frío que la naranja, aunque los frutos son tiernos y fácilmente dañados por el frío (Morton, 1987).
Precipitación (agua):	1100-2000 mm anuales; no tolera sequía. Cortos periodos de sequía favorecen la inducción floral, por lo que esta especie puede someterse a sistemas de producción forzada mediante la regulación del agua suministrada (Benacchio, 1982). 1000-2000 mm por ciclo (Baradas, 1994). De acuerdo con Allen <i>et al.</i> (2006), en huertas con cobertura vegetal o maleza, los árboles de 2 m de altura tienen un Kc de 0.85 en las etapas de desarrollo inicial, intermedia y final, mientras que árboles de 3 m tienen un Kc de 0.8 y árboles de 4 m de altura un Kc de 0.75, 0.7 y 0.75, en estas tres etapas de desarrollo. En huertas sin cobertura vegetal o maleza, los árboles de 2 m tienen un Kc de 0.5, 0.45 y 0.55, mientras que los árboles de 3 m tienen un Kc de 0.65, 0.6 y 0.65. Los árboles de 4 m tienen un Kc de 0.7, 0.65 y 0.7, para estas tres etapas de desarrollo.
Humedad relativa:	Atmósferas secas acompañadas de altas temperaturas son muy dañinas, sobre todo para frutos jóvenes y hojas (Baradas, 1994). Humedad atmosférica medianamente alta es favorable para buenos rendimientos (Benacchio, 1982).

REQUERIMIENTOS EDÁFICOS

Profundidad de suelo:	> 120 cm (Benacchio, 1982). Requiere suelos profundos (FAO, 1994).
Textura:	Franco-arenosa, franca y franco-arcillosa (Benacchio, 1982). Desarrolla en suelos con textura de media a pesada (FAO, 1994).
Drenaje:	Requiere suelos con buen drenaje, no tolera encharcamientos (Benacchio, 1982).
pH:	6-7, poco tolerante a la acidez (Benacchio, 1982). Desarrolla bajo un rango de pH de 5.3 a 8.3, aunque su óptimo está alrededor de 6.8 (FAO, 1994).
Salinidad/Sodicidad:	Medianamente tolerante a la salinidad (Benacchio, 1982). Es un cultivo ligeramente tolerante a la salinidad (FAO, 1994).
Fertilidad y química del suelo:	La remoción de nutrientes en g t ⁻¹ de fruta fresca es: N = 1,638; P ₂ O ₅ = 366; K ₂ O = 2,086; MgO = 209, CaO = 658; S = 74 (IFA, 1992).

CARACTERÍSTICAS DE RESPUESTA AL CAMBIO CLIMÁTICO

- Respuesta a ambientes enriquecidos de CO₂:** Todos los árboles de cítricos que se han probado hasta la fecha, han mostrado aumento de las tasas de crecimiento y la eficiencia de uso del agua cuando crecen en aire con CO₂ enriquecido (Idso *et al.*, 2002). Bajo ambientes elevados de CO₂ (700 $\mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$), decrece la concentración de N y Ca en un cultivo de mandarina no salinizado. En cambio, en presencia de salinidad, el contenido de cloro y sodio en la hoja se incrementó. Ni la salinidad ni el CO₂ elevado afectan la fluorescencia de la clorofila de la hoja. Las disminuciones en el potencial osmótico de la hoja inducidas por la salinidad, incrementaron la turgencia de la hoja, especialmente en el ambiente de CO₂ elevado. El incremento en el crecimiento de la hoja, es mayor en ambientes salinizados. La fotosíntesis se incrementa en promedio 45.5% y la biomasa 29.5% (García y Syvertsen, 2006).
- Captura de carbono:** Para una densidad de plantación de 0.042 árboles m², se captura un total de 8,482 g C y 31,101 g CO₂ por árbol, con la siguiente partición: 430.5 g (C) y 1,578.5 g (CO₂) en raíz; 284.4 y 1042.8 g en ramas; 908.4 y 3,330.8 g en hojas + tallos; 6,740.8 y 24,716.3 g en frutos; y, 118 y 432 g en tronco (Mota, 2011).
- Respuesta a ozono:** Varios meses de exposición a ozono, produce una disminución en las propiedades fisiológicas de los árboles de cítricos (Olszyk *et al.*, 1992; Calatayud *et al.*, 2006a). Por otra parte, la exposición a ozono a largo plazo, puede desencadenar mecanismos de protección contra el estrés oxidativo (Iglesias *et al.*, 2006).
- Resistencia a sequía:** Es más resistente a la sequía que el naranjo, pero en etapa de fructificación no resiste sequía.
- Tolerancia a altas temperaturas:** Los cítricos requieren una elevada amplitud térmica durante la maduración de los frutos para obtener una buena pigmentación. Respecto a la cantidad de jugo, en climas más cálidos la cantidad de jugo es mayor que en climas más fríos; así mismo, las altas temperaturas generalmente provocan un descenso de la acidez (Anderson *et al.*, 1996).

MANGO



CARACTERÍSTICAS DESCRIPTIVAS

Nombre científico:	<i>Mangifera indica</i> L.
Nombres comunes:	Mango.
Familia:	Anacardiaceae.
Origen:	Zona comprendida entre Assam (India) y la antigua Birmania (Myanmar), también puede ser nativo de las laderas bajas del Himalaya o incluso zonas cercanas a Nepal o Bután (Galán, 2009; Mora <i>et al.</i> , 2002).
Distribución:	35° LN a 35°LS (Benacchio, 1982). El género <i>Mangifera</i> se localiza entre los 36°LN y 33°LS (Mora <i>et al.</i> , 2002). 27° LN a 27° LS (Mukherjee; Davenport; citados por Dinesh y Reddy, 2012).
Adaptación:	Trópico subhúmedo y trópico semiárido (González, 1984).
Ciclo de madurez:	Perenne.
Tipo fotosintético:	C ₃ .

REQUERIMIENTOS CLIMÁTICOS

- Altitud:** En los trópicos se cultiva desde el nivel del mar hasta los 1200 m, pero desarrolla mejor en alturas inferiores a 600 m (Purseglove, 1987).
0-600 m (Mederos, 1988).
0-600 m (Benacchio, 1982).
Zonas que se encuentren por debajo de los 800 m en clima tropical (Mora *et al.*, 2002).
- Fotoperíodo:** Se considera una planta de día neutro (FAO, 1994).
- Radiación (Luz):** Requiere de bastante insolación. Un periodo nublado durante el periodo de floración causa caída de flores (Benacchio, 1982).
Requiere mucha luz. Debe recibir 2000 horas de sol al año para satisfacer todas sus funciones fisiológicas (Mederos, 1988).
Necesita buena luminosidad para crecimiento, desarrollo reproductivo y rendimiento; es poco tolerante a la sombra (Mora *et al.*, 2002).
- Temperatura:** Rango 10-35°C, siendo la media óptima anual 24-27°C y la óptima para fotosíntesis 25-30°C (Benacchio, 1982).
La temperatura media óptima está entre 24-27°C tolerando más altas temperaturas que bajas temperaturas. Temperaturas por debajo de 2°C le son perjudiciales (Baradas, 1994).
El mango crece y desarrolla entre los 10 y 43°C, pero el óptimo se encuentra entre los 25 y 28°C. Cuando la temperatura desciende por debajo de los 10°C, el crecimiento del árbol es muy lento y su floración muy baja; a partir de los 5°C hacia 0°C, la floración y los frutos son muy dañados y las plantaciones en desarrollo son destruidas totalmente (Mederos, 1988).
Temperaturas nocturnas entre 8 y 15°C en combinación con temperaturas diurnas por debajo de 20°C inducen a la floración en mango (Shu y Sheen, 1987).
De acuerdo con Whiley *et al.* (1988, 1989, 1991) la inducción vegetativa se da con temperaturas diurnas de 30°C y nocturnas de 25°C; mientras que la inducción floral se produce con temperaturas diurnas de 15°C y temperaturas nocturnas de 10°C en cultivares mono y poliembriónicos.
Temperaturas cercanas a 0°C dañan seriamente los brotes y estancan el crecimiento; mientras que temperaturas inferiores a 0°C, sobre todo cuando duran un lapso de tiempo considerable, dañan seriamente las plantas adultas y matan a las jóvenes (Morin, 1967).
El mango no prospera donde la temperatura media de Enero (Norte del Ecuador) cae por debajo de los 15°C (Ochse *et al.*; citados por Morin, 1967).
La temperatura óptima para crecimiento está entre 24 y 27°C (Purseglove, 1987).
La temperatura media anual más conveniente oscila entre los 22 y 27°C (Mora *et al.*, 2002).

En las regiones subtropicales, temperaturas nocturnas entre 5 y 10°C producen floraciones sincrónicas, mientras que temperaturas nocturnas entre 10 y 18°C producen floraciones asincrónicas, como suele suceder en regiones tropicales (Dinesh y Reddy, 2012).

Temperaturas diurnas/nocturnas inferiores a 20/15°C resultan en la inducción floral (Whiley, 1993).

Precipitación (agua):

Se adapta a regiones donde existen una estación seca y una estación húmeda bien definidas (Baradas 1994; Ibar, 1983). Prospera en zonas con precipitación anual entre 760 y 3800 mm. Requiere de estación seca con días despejados, antes y durante la floración y fructificación (Baradas, 1994).

600 a 2500 mm. Un periodo de sequía de 2-3 meses antes de la floración es favorable para una buena producción. Lluvias fuertes en el periodo de floración son muy dañinas, ya que provocan la pérdida de polen e impiden la polinización por los insectos. Se debe contar con agua suficiente en el periodo de desarrollo y maduración del fruto (Benacchio, 1982). La mayor necesidad de agua se tiene en los dos primeros años de vida: 15 a 20 litros semanales por árbol (Ibar, 1983). No debe faltar la humedad durante el crecimiento vegetativo y la formación de frutos. Sin embargo, se requiere de un periodo de sequía para provocar la inducción floral, y por otro lado fuertes precipitaciones durante la floración y fructificación pueden causar la caída de estos órganos o su mal-formación (Mederos, 1988).

El rango de adaptación va de 700 a 2500 mm, pero lo óptimo es entre 1000 y 1500 mm al año (Mora *et al.*, 2002).

Humedad relativa:

Atmósferas secas acompañadas de altas temperaturas son muy dañinas, sobre todo para frutos jóvenes y hojas (Baradas, 1994).

Humedad atmosférica medianamente alta es favorable para buenos rendimientos (Benacchio, 1982).

REQUERIMIENTOS EDÁFICOS

Profundidad de suelo:

La capa arable debe ser profunda (Mederos, 1988).

80 cm o menos si se tiene el cuidado de emplear los fertilizantes adecuados (Ibar, 1983).

Mínimo 75 cm de profundidad, aunque lo ideal son suelos de 1 a 1.5 m (Mora *et al.*, 2002).

Textura:

El mango no es muy exigente en cuanto a suelos (Morin, 1967) pero prefiere suelos francos o franco-arcillosos bien drenados. No se da bien en suelos pesados (Benacchio, 1982).

Se pueden desarrollar buenas plantaciones en suelos arcillosos, areno-arcillosos, arcillo-arenosos y arenosos (Mederos, 1988).

Desarrolla en suelos de textura media a pesada (FAO, 1994). De textura limosa y profundos. Puede desarrollarse bien en suelos arenosos, ácidos o alcalinos moderados, siempre y cuando se fertilicen adecuadamente (Mora *et al.*, 2002).

Drenaje:	Requiere buen drenaje, no tolera encharcamientos (Benacchio, 1982). Requiere de buen drenaje, en suelos mal drenados no crece ni fructifica lo suficiente (Mora <i>et al.</i> , 2002).
pH:	5-7 (Benacchio, 1982). El pH del suelo debe estar entre 5 y 7.5 para asegurar máximas producciones en mango (Mederos, 1988). Su rango de pH está entre 5.5 y 7.5, con un óptimo de 6.5 (Purseglove, 1987; FAO, 1994). Un pH entre 5.5 y 7 (Mora <i>et al.</i> , 2002).
Salinidad/Sodicidad:	No prospera en suelos calcáreos ni salinos (Benacchio, 1982). Presenta ligera tolerancia a la salinidad (FAO, 1994).
Fertilidad y química del suelo:	Una vez terminadas las labores de poda y laboreo del suelo puede realizarse la primera fertilización, para estimular el crecimiento. Deben aplicarse las cantidades de fertilizante recomendadas por un especialista basado en análisis de laboratorio. En caso contrario, se sugiere balancear una mezcla de fertilizantes que contenga Nitrógeno, Fosforo y Potasio y pequeñas cantidades de Hierro, Zinc y Manganeseo (Espinosa <i>et al.</i> , 2006).

CARACTERÍSTICAS DE RESPUESTA AL CAMBIO CLIMÁTICO

Respuesta a ambientes enriquecidos de CO₂:	Un ambiente de 700 mmol mol ⁻¹ produce un incremento de la asimilación de CO ₂ a saturación de luz, y del rendimiento cuántico aparente de las hojas, mientras que la conductancia y densidad estomática de las hojas se reduce. Los impactos relativos del enriquecimiento de CO ₂ sobre la asimilación y la conductancia estomática son significativamente mayores en la temporada de secas que en la temporada de lluvias. La biomasa total del árbol se incrementa substancialmente en respuesta al enriquecimiento de CO ₂ , pero el área total del dosel no se afecta significativamente (Goodfellow <i>et al.</i> , 1997).
Captura de carbono:	La asimilación o fijación de dióxido de carbono (CO ₂) por el fruto es mayor durante los primeros estados de su desarrollo (Schaffer <i>et al.</i> , 1994). El mango produce 18.2 kg de materia seca por árbol al año (Cruz <i>et al.</i> , 2014), lo que utilizando el factor de conversión materia seca-carbono de 0.47 señalado por Montero <i>et al.</i> (2004), se traduce en 8.554 kg de carbono árbol ⁻¹ año ⁻¹ .
Resistencia a sequía:	El mango tolera la sequía, aunque fisiológicamente esta tolerancia ha sido atribuida a la posesión de laticíferos que permiten a las hojas mantener su turgencia a través de un ajuste osmótico que evita los déficits de agua internos (Schaffer <i>et al.</i> , 1994).
Tolerancia a altas temperaturas:	Los árboles de mango pueden soportar temperaturas hasta de 48°C por un corto periodo de tiempo en el día (Carmichael, 1958). Las temperaturas >35 °C son perjudiciales para el desarrollo del mango (Schaffer <i>et al.</i> , 1994).

MANGOSTAN



CARACTERÍSTICAS DESCRIPTIVAS

Nombre científico:	<i>Garcinia mangostana</i> L.
Nombres comunes:	Mangostán, mangostino, mangostín.
Familia:	Clusiaceae (Guttiferae).
Origen:	Es una especie nativa del sureste asiático y es considerada como uno de los frutos más exquisitos de los trópicos (Palma <i>et al.</i> , 1972; Bin y Rahman, 2006; Díaz <i>et al.</i> , 2011).
Distribución:	Morton (1987) afirma que el mangostán es originario de Tailandia y Birmania, ya que en estos países se cultiva en grandes extensiones desde hace muchos años. Actualmente el mangostán se encuentra ampliamente distribuido en Malasia, Filipinas, Tailandia, Burma, Vietnam, Camboya, Java, Sumatra, Ceilán, Singapur y otras regiones tropicales como Costa de Marfil, Madagascar, Sri Lanka, India, China y Australia. En América existen plantaciones en Costa Rica, Puerto Rico, República Dominicana, Jamaica, Panamá, Hawaii, Honduras, Guatemala, Sur de Florida, Cuba, Brasil y México (Bailey, 1946; Almeyda y Martin, 1976; Yaacob y Tindall, 1995; Díaz <i>et al.</i> , 2011). Su área de distribución natural se encuentra comprendida entre los 10° LN y LS (Díaz <i>et al.</i> , 2011). Latitudinalmente se distribuye de los 10 a los 18° (FAO, 2000).

Adaptación:	Se adapta a regiones con clima de tipo tropical húmedo (Ar) (FAO, 2000).
Ciclo de madurez:	Perenne.
Tipo fotosintético:	C ₃ .

REQUERIMIENTOS CLIMÁTICOS

Altitud:	<p>Los árboles de mangostán han sido reportados en zonas de hasta 500 msnm (Galang, 1955; Palma <i>et al.</i>, 1972). Puede cultivarse desde los 0 hasta los 600 metros, a esta altitud se encuentran las mejores plantaciones (Dede y Bambang, 2000; Díaz y Díaz, 2011).</p> <p>En los trópicos puede ser cultivado hasta los 1000 metros, aunque los árboles presentan un desarrollo lento (Nakasone y Paull, 1998).</p> <p>Desde el nivel del mar hasta los 1000 m (FAO, 2000).</p>
Fotoperíodo:	Se comporta como planta de día corto (<12 horas luz), día neutro (12-14 horas luz) y día largo (>14 horas luz) (FAO, 2000).
Radiación (Luz):	Es un árbol tolerante a la sombra. Durante las etapas iniciales de desarrollo del follaje y posteriormente en la etapa reproductiva, las frutas son susceptibles a quemaduras por exposición directa a la luz del sol (Palma <i>et al.</i> , 1972; Verheij, 1992; Díaz <i>et al.</i> , 2011).
Temperatura:	<p>La temperatura ideal para el cultivo se encuentra en el rango de 25 y 30°C (Boudeaut y Moreuil; citados por Díaz <i>et al.</i>, 2011).</p> <p>La actividad fotosintética se mantiene entre los 27 y 35°C de temperatura con un rango de sombra del 20 al 50% (Weibel <i>et al.</i>, 1993).</p> <p>El rango de temperatura óptima oscila entre los 20 y 30 °C, tolerando temperaturas extremas de 15 y 40°C (FAO, 2000). No tolera temperaturas por debajo de 4°C. La temperatura óptima para el crecimiento oscila entre 24 y 35°C (Morton; Dowton y Chacko; citados por Sánchez, 2006).</p> <p>Durante el periodo seco las altas temperaturas aunadas a las bajas precipitaciones conforman las condiciones óptimas para inducir la floración del mangostán. A temperaturas de 38 a 40°C, las hojas, frutos y flores son susceptibles a quemaduras (Díaz y Picón, 2007; Díaz <i>et al.</i>, 2011).</p> <p>Temperaturas inferiores a 21°C ocasionan que el crecimiento se detenga o sea mínimo y los árboles permanezcan en latencia (Nakasone y Paull, 1998; Díaz y Picón, 2007).</p> <p>Temperaturas inferiores a 5°C o superiores a 38°C pueden ser letales para este frutal (Yaacob y Tindall, 1995).</p> <p>Desde la conclusión de la cosecha de un año a la etapa de madurez del fruto en el año siguiente, se requiere un total de 1400.8 unidades calor (Díaz y Picón, 2007; Díaz <i>et al.</i>, 2011).</p> <p>Temperaturas por debajo de 20°C disminuyen significativamente la velocidad de crecimiento de esta especie, mientras que temperaturas por arriba de 35°C le causan estrés por calor (Rejab <i>et al.</i>, 2008).</p>

Precipitación (Agua):	<p>Precipitaciones mayores a 1270 mm anuales bien distribuidos con un periodo seco de 15 a 30 días, estimulan la floración (Nakasone y Paull, 1998; Díaz <i>et al.</i>, 2011). El cultivo requiere de 1270 a 2500 mm anuales distribuidos en diez meses, si la precipitación es menor a 1270 mm, el estrés de la planta puede evitarse con riegos durante la estación seca (Dede y Bambang, 2000). El requerimiento hídrico óptimo se encuentra entre los 1600 y 2000 mm anuales, tolerando como mínimo 1100 y como máximo 2800 mm anuales (FAO, 2000). Prefiere regiones con precipitaciones de 1500 a 3000 mm distribuidos durante el año (Watson <i>et al.</i>, 1983).</p>
Humedad relativa:	<p>Se desarrolla satisfactoriamente en regiones con altas condiciones de humedad relativa (Díaz <i>et al.</i>, 2011). Humedad relativa superior al 80 % (Bordeaut y Moreuil; citados por Díaz <i>et al.</i>, 2011).</p>

REQUERIMIENTOS EDÁFICOS

Profundidad de suelo:	Este cultivo requiere de suelos profundos, mayores a 1.5 m de espesor (FAO, 2000).
Textura:	Crece de manera óptima en suelos con texturas pesadas y medias, pudiéndose desarrollar en suelos con texturas ligeras y suelos orgánicos (FAO, 2000).
Drenaje:	Prefiere suelos con buen drenaje (FAO, 2000).
pH:	5-7 como óptimo, tolerando valores extremos de 4.3 y 7.3 (FAO, 2000).
Salinidad/Sodicidad:	Esta especie presenta baja tolerancia a la salinidad (FAO, 2000).
Fertilidad y química del Suelo:	<p>Los árboles presentan poca respuesta a la fertilización en campo, es por eso que deben elegirse suelos con buen contenido de materia orgánica para la siembra de este cultivo (Almeyda y Martin, 1976). La fertilización en campo debe incluir Nitrógeno, Fósforo, Potasio, Calcio y Magnesio y debe realizarse al menos una vez por año. Algunos productores prefieren el uso de gallinaza y pollinaza, ya que los árboles muestran respuestas satisfactorias (Watson <i>et al.</i>, 1983).</p>

CARACTERÍSTICAS DE RESPUESTA AL CAMBIO CLIMÁTICO

Resistencia a sequía:	Es susceptible a sequía en los primeros dos años (Sánchez, 2006).
------------------------------	---

MANZANO



CARACTERÍSTICAS DESCRIPTIVAS

- Nombre científico:** *Malus domestica* Borkh. *Malus pumila* Mill.
- Nombres comunes:** Manzano, manzana.
- Familia:** Rosaceae.
- Origen:** Asia Occidental, Europa Oriental y Suroeste de Siberia (Westwood, 1978). Oeste de Asia (Santibáñez, 1994). El manzano cultivado proviene de especies silvestres ubicadas entre el sudoeste de Asia y el sureste de Europa, alrededor de los Montes Cáuca-sos, que dividen justamente estos dos continentes. El origen del manzano cultivado, *Malus x domestica* Borkh., es incierto. Se sabe que procede de *M. pumila* Mill, una especie de frutos pequeños que se encuentra en forma natural en el Este de Europa y al Oeste de Asia, puede haberse originado más directamente de *M. sieversii*, otra especie de las zonas montañosas de Asia Central. Formas silvestres de *M. sieversii* presentan muchos de los factores de tamaño, color, fragancia y sabor que se encuentran en diferentes cultivos del manzano cultivado (SINAVIMO, 2009).
- Distribución:** 30° a 65°LN y LS. Los países que ocupan los primeros puestos como productores son Rusia, Estados Unidos, China, Francia, Alemania e Italia. Aunque en menor proporción también prácticamente se produce en todos los países de zonas templadas (SINAVIMO, 2009).
- Adaptación:** Regiones templadas y subtropicales de altura.

Ciclo de madurez:	Perenne.
Tipo fotosintético:	C ₃ .

REQUERIMIENTOS CLIMÁTICOS

Altitud:	En zonas subtropicales se requiere una altura mayor a 2000 m. En latitudes medias (30 a 60°) y altas (>60°) se puede producir en altitudes cercanas al nivel del mar. Para huertos comerciales se ha establecido un ámbito de altitud situado entre los 1,300 a 2,200 msnm, con la condición de que esos lugares tengan una época seca definida de unos cuatro meses de duración (DGIYEA, 1991).
Fotoperíodo:	Se considera una planta de día neutro (FAO, 1994). Las plantas del manzano requieren de un fotoperíodo de día neutro (entre 10 y 14 horas de luz) (CIREN, 1989a).
Radiación (Luz):	Abundante sol es importante en el desarrollo de las manzanas, ya que este factor es el responsable de una buena coloración (Teskey y Shoemaker, 1972). Días nublados durante la floración reducen el amarre de frutos (Doud y Ferree, 1980). Bajas intensidades luminosas producen abscisión de frutos (Kondo y Takahashi; citados por Santibáñez, 1994). Alta intensidad luminosa durante las últimas etapas de formación del fruto favorecen una buena coloración del fruto (Seelley <i>et al.</i> , 1980). Los frutos pueden resultar dañados a temperaturas superiores a 38°C, especialmente cuando se combinan con condiciones de estrés hídrico (Chandler, citado por Santibáñez, 1994). El método de manipulación de la intercepción de la luz o distribución dentro del dosel más comúnmente utilizado, es la poda de verano. Por otro lado, el sombreado de los árboles durante el desarrollo temprano del fruto suele reducir la carga del cultivo y el tamaño del fruto, lo cual ante una reducción significativa de estos dos factores termina por impactar negativamente en el rendimiento (Bound, 2005).
Temperatura:	Esta especie es altamente tolerante al frío, sobre todo en la etapa de dormancia, ya que llega a resistir temperaturas de hasta -30 a -35°C. Sin embargo, después de la dormancia, esta tolerancia se reduce y sólo soporta temperaturas de hasta -5°C (Ketchie y Kammereck, 1987). El manzano tiene cultivares con un amplio rango de requerimiento de frío, desde 300 hasta 1000 horas frío. Algunos ejemplos son: Anna 300, Elah 450, Golden Delicious 800, Rome Beauty 1000. En México, puede cultivarse desde zonas costeras de Sonora hasta regiones templado-frías de Chihuahua (Díaz, 1987). Una vez terminado el letargo invernal y puesto en marcha el desarrollo, el manzano se va tornando más susceptible al efecto dañino de las bajas temperaturas; es así como temperaturas de -2 a -4°C pueden causar la muerte de flores (Pröebsting y Mills, 1978).

Durante la polinización la temperatura óptima es de 15 a 20°C. Temperaturas sobre 27°C y aquéllas inferiores a 4.4°C inhiben el crecimiento del tubo polínico (Santibáñez, 1994).

Altas temperaturas antes de la floración pueden tener un fuerte efecto adverso en la calidad de las flores y amarre de frutos, especialmente cuando el requerimiento de frío del manzano no fue completado (Jackson y Hammer; Beattie y Folley; citados por Santibáñez, 1994). Altas temperaturas nocturnas (16-25°C) suelen ser inductivas de la abscisión de frutos (Kondo y Takahashi, citados por Santibáñez, 1994). Durante el verano, las temperaturas óptimas para crecimiento van de 18 a 24°C (Yuste, 1997b). Sin embargo, en la etapa de desarrollo de frutos, temperaturas demasiado altas en el verano tienen un efecto negativo en el sabor del fruto, mientras que altas temperaturas nocturnas (>22°C) reducen fuertemente la coloración del fruto (Santibáñez, 1994). A este respecto, las temperaturas nocturnas más favorables para la coloración roja de la manzana son de 11-12°C (Blankenship, 1987).

El manzano requiere de 643 unidades frío con un índice de acumulación relativa de 0.478, aunque una acumulación menor de unidades frío de hasta 346 con un índice de acumulación relativa de 0.236 suele conducir a una reducción en la producción (Hernández *et al.*, 2006).

El manzano soporta temperaturas inferiores a los -10°C, sin que por ello se afecte su corteza, aunque al descender por debajo de los 15°C pueden perderse algunas yemas florales. De acuerdo con Romanovskaja y Bakšiene (2009), actualmente los árboles de manzano manejados en Lituania inician su floración 4-5 días más temprano que el promedio de largo plazo, como resultado del calentamiento climático. El régimen termal de Abril influye fuertemente los cambios anuales en las fechas del inicio de la floración del manzano.

Precipitación (agua):

Se requieren más de 500 a 600 mm de precipitación bien distribuida en la estación de crecimiento (Teskey y Shoemaker, 1972).

Las lluvias intensas durante el amarre de fruto son perjudiciales (Awashi *et al.*; citados por Santibáñez, 1994).

Para una precipitación anual de 473 mm, el manzano requiere de una lámina de riego de 60.9 L ha⁻¹ con una duración de 2 horas para el humedecimiento de una franja de 40 cm de ancho y 30 cm de profundidad (Parra *et al.*, 2002). De acuerdo con Allen *et al.* (2006), para plantas con una altura promedio de 4 m, antes de perder la hoja, en huertos sin cobertura vegetal y con presencia de heladas, los coeficientes de cultivo para las etapas inicial, intermedia y final de desarrollo, son 0.45, 0.95 y 0.7, respectivamente. En tanto que bajo las mismas condiciones pero sin presencia de heladas los Kc son 0.6, 0.95 y 0.75. Para el caso de huertas con cobertura vegetal y con presencia de heladas los Kc varían a valores de 0.5, 1.2 y 0.95 mientras que en huertas con cobertura vegetal y sin presencia de heladas, los Kc son 0.8, 1.2 y 0.85.

Humedad relativa: Alta humedad relativa combinada con precipitación durante la floración, afecta el amarre de frutos (Awashi *et al.*; citados por Santibáñez, 1994).

REQUERIMIENTOS EDÁFICOS

Profundidad de suelo: Se prefieren suelos con una profundidad de 1.8 m o más (Teskey y Shoemaker, 1972).

Textura: Los terrenos ideales son los que tienen un suelo de textura migajonosa (Teskey y Shoemaker, 1972). Prefiere suelos de textura media (FAO, 1994). El suelo ideal para cultivar manzana debe tener textura franca o franco arenosa (DGIYEA, 1991).

Drenaje: Huertas localizadas en laderas de montañas o colinas con una pendiente moderada, tienen las mejores condiciones, ya que en las partes bajas de los valles o en terrenos planos se pueden presentar daños por heladas (Teskey y Shoemaker, 1972). El manzano en drenajes de suelo moderadamente bueno (sin nivel freático) o imperfectos (nivel freático a 110 cm) suele no presentar limitación en su producción. En un suelo con drenaje pobre (nivel freático a 50 cm), el manzano presenta una limitación severa, lo que significa que ni aún con fuertes medidas de manejo se logran resultados adecuados. Finalmente, un suelo con drenaje muy pobre (nivel freático a 25 cm) está totalmente excluido para la producción de manzano (CIREN, 1989a).

Exposición de terreno: La correcta orientación de hileras de huertos de manzano para variedades de cosecha temprana es 70° NO (febrero) y de cosecha tardía es 50° NO en Curicó, Chile, Hemisferio Sur (Valenzuela y Muñoz, 2011), por lo que para plantaciones en Hemisferio Norte estas indicaciones se pueden traducir en sus equivalentes 20° SE y 40° SE, respectivamente.

pH: El rango óptimo se ubica entre 6.5 y 6.8 (Teskey y Shoemaker, 1972). El rango de pH apropiado para esta especie está entre 5.4 y 6.8, con un mínimo de tolerancia de 5.2 (Yuste, 1997b). Su rango de pH está entre 4.5 y 8.2, con un óptimo alrededor de 6.2 (FAO, 1994). El pH es crítico, si es mayor de 5.5, y el aluminio intercambiable mayor de 0.3 meq/100 ml de suelo; si esta condición se presenta, se deberá corregir mediante encalado (DGIYEA, 1991); el pH ideal está entre 6.0 y 7.0.

Salinidad/Sodicidad: El manzano presenta una baja tolerancia a la salinidad (Gostinçar, 1997). Se considera una especie muy sensible a la salinidad, ya que la planta se ve afectada a concentraciones inferiores a 0.5 g L⁻¹ de cloruro de sodio (Yuste, 1997b).

Fertilidad y química del suelo:

La fertilización con Nitrógeno de hasta 100 kg ha⁻¹ tiene un gran efecto en la calidad del fruto, sobre todo en el alargamiento del fruto. El incremento es proporcional a los niveles de Nitrógeno. Dosis moderadas equivalentes a 75 kg ha⁻¹ de Nitrógeno más la adición de 50 kg ha⁻¹ de Fósforo y 68 kg ha⁻¹ de Potasio también tiene efectos positivos. El suministro de nutrientes incrementa el área vegetativa en adición a las partes generativas, en particular con puro Nitrógeno (Racskó *et al.*, 2005).

CARACTERÍSTICAS DE RESPUESTA AL CAMBIO CLIMÁTICO

Respuesta a ambientes enriquecidos de CO₂:

El incremento de CO₂ de una concentración ambiente de 360 μL L⁻¹ a 1000 μL L⁻¹, aumenta significativamente el contenido de sorbitol y almidón, más no así el de sacarosa. Como resultado, las proporciones de almidón a sorbitol, y almidón a sacarosa (después de sujetar a las plantas de manzano al incremento de CO₂ durante 8 días), se incrementaron de 0.05 y 0.06 a 0.8 y 1.6, respectivamente. La proporción de sorbitol a sacarosa también incrementó de 1.3 a 2.2. El incremento de CO₂ incrementó la fotosíntesis y alteró la acumulación de carbohidratos en hojas maduras en favor de la acumulación de almidón y sorbitol sobre sacarosa (Pan *et al.*, 1998).

La concentración de CO₂ afecta significativamente las concentraciones de sorbitol, sacarosa y floridzina en hojas de manzano. La tendencia general es que en la medida en que se incrementa la concentración de CO₂ las concentraciones de sacarosa y floridzina aumentan, pero la concentración de sorbitol disminuye. Árboles de manzano expuestos a 700 y 1,400 Mmol mol⁻¹ CO₂ mostraron una disminución aproximada de 10 mg g⁻¹ de sorbitol, lo cual coincide con un incremento proporcional de floridzina. La sacarosa muestra un incremento modesto cuando se expone a 1,400 Mmol mol⁻¹ CO₂ (Kelm *et al.*, 2005).

Captura de carbono:

Se estima que la fijación total del cultivo de manzano es de 21,8 t CO₂ ha⁻¹ (Bargalló *et al.*, 2013).

Respuesta a ozono:

La tasa de asimilación neta de CO₂ y la conductancia estomatal disminuyen linealmente con el incremento de la presión parcial del ozono (Retzlaff *et al.*, 1991).

Resistencia a sequía:

El estrés de sequía (régimen hídrico del 50% de la capacidad de campo) disminuye grandemente la altura de planta, diámetro basal, biomasa aérea, biomasa de la raíz, biomasa total, área foliar total, área foliar específica y el contenido relativo de agua de la hoja, pero incrementa el valor de la relación raíz-vástago. También, la tasa de fotosíntesis, la conductancia estomática y la eficiencia en el uso del agua son disminuidos cuando la planta de manzano se ve sometida a estrés por sequía (Liu *et al.*, 2012). Por otro lado, después de aproximadamente 37 días de reducido suministro de agua, suele haber reducciones significativas en la conductancia del vapor de agua a nivel foliar (g l⁻¹) y del potencial hídrico

Tolerancia a altas temperaturas:

de la hoja (Ψ_L) del manzano cuando se le compara con el tratamiento control bien humedecido (Atkinson *et al.*, 2000).

Altas temperaturas ($\geq 30^\circ\text{C}$) durante el inicio de la etapa de botón floral en junio y $\geq 26^\circ\text{C}$ durante el desarrollo del botón floral en agosto, están asociadas con una producción pobre al año siguiente. Bajas temperaturas con un rango de valor crítico de entre -7°C hasta -29°C durante noviembre, diciembre y febrero son el principal factor climático limitante de la producción de manzana. Temperaturas diarias $\geq 5^\circ\text{C}$ durante enero también afectan adversamente la producción de manzana, porque probablemente el tiempo caliente conduce a la desaclimatación del árbol. El clima caliente y seco durante agosto del año de la cosecha ($\geq 33^\circ\text{C}$ y $< 2\text{ mm}$) tiene un impacto negativo en la producción de manzana a causa de la pérdida en la fotosíntesis neta (Caprio y Quamme, 1999).

MARACUYÁ



CARACTERÍSTICAS DESCRIPTIVAS

Nombre científico:	<i>Passiflora edulis.</i>
Nombres comunes:	Maracuyá, parchita, parcha, chinola, granadilla, pasionaria, fruta de la pasión.
Familia:	Passifloraceae.
Origen:	Originaria de la región amazónica de Brasil, donde fue difundida hasta Australia, pasando a Hawaii (Amaya, 2009).
Distribución:	Actualmente se cultiva en Australia, Nueva Guinea, Sri Lanka, Sudáfrica, India, Taiwán, Brasil, Perú, Ecuador, Venezuela y Colombia (Amaya, 2009).
Adaptación:	Se adapta a regiones con climas de tipo tropical húmedo y seco (Aw), tropical húmedo (Ar), subtropical húmedo (Cf) y subtropical con veranos secos (Cs) (FAO, 2000).
Ciclo de madurez:	Perenne.
Tipo fotosintético:	C ₃ .

REQUERIMIENTOS CLIMÁTICOS

Altitud:	De 0 a 1300 msnm (Amaya, 2009). 300 a 900 msnm (García, 2002).
-----------------	---

Fotoperíodo:	Es una planta fotoperiódica que requiere de un mínimo de 11 horas diarias de luz para poder florecer. Cuando se tienen días cortos con menos de esa cantidad de horas luz, se produce una disminución en la producción de flores (García, 2002).
Radiación (Luz):	La calidad del fruto está relacionada directamente con la exposición lumínica del área foliar de las plantas. Los frutos expuestos al sol disminuyen en peso pero tienen mayor porcentaje de jugo, mayor cantidad de ácido ascórbico, corteza más delgada, y los sólidos solubles también aumentan a mayor radiación solar. Se recomienda cinco horas de luz por día (Amaya, 2009).
Temperatura:	Requiere de temperaturas que varíen entre 24 y 28°C. En regiones con temperaturas promedio por encima de ese rango, el desarrollo vegetativo es acelerado, se restringe la producción de flores, y se reduce el número de botones florales. Las temperaturas bajas que ocurren durante el invierno ocasionan una reducción del número de frutos. Entre más elevadas sean las temperaturas, más pronto se llegará a la época de cosecha, pero la calidad puede afectarse produciendo frutos de mal sabor con disminución de peso y retardo en la formación del color amarillo. (Amaya, 2009). La temperatura óptima oscila entre los 23-25°C; aunque se adapta desde los 21 hasta los 32°C, y en algunos lugares se cultiva aún a 35°C, arriba de este límite se acelera el crecimiento, pero la producción disminuye a causa de la deshidratación de los estigmas (García, 2002).
Precipitación (agua):	Requiere como valores óptimos de 900 a 2000 mm anuales, tolerando valores mínimos de 600 y máximos de 2500 mm (FAO, 2000). Requiere de una precipitación de 800-1750 mm al año y una mínima mensual de 80 mm. Las lluvias intensas en los periodos de mayor floración dificultan la polinización y además aumentan la posibilidad de incidencia de enfermedades fungosas. Periodos secos provocan la caída de hojas, reducción del tamaño de frutos; si el periodo se prolonga se detiene la producción (García, 2002).
Humedad relativa:	Entre más elevada esté la humedad relativa del ambiente, mejor será la calidad que se obtendrá en el maracuyá ya que va a aumentar el peso y el volumen del jugo dándole un buen aroma y sabor (Amaya, 2009). Humedad relativa apta del 60% (García, 2002).

REQUERIMIENTOS EDÁFICOS

Profundidad de suelo:	Se desarrolla bien en suelos con profundidades de 50-150 cm, pudiéndose desarrollar en suelos someros con profundidades de 20-50 cm (FAO, 2000).
Textura:	Se puede cultivar en suelos desde arenosos hasta arcillosos, siendo preferibles los de textura areno arcillosos (García, 2002).

Drenaje:	Requiere de buen drenaje (FAO, 2000).
pH:	El valor apto de pH para el desarrollo satisfactorio del cultivo oscila entre 6 y 8, presentando valores extremos de 5.5 y 8.5 (FAO, 2000).
Salinidad/Sodicidad:	Presenta baja tolerancia a salinidad (<4 dS m ⁻¹ ; FAO, 2000) por lo que más bien se considera un cultivo sensible a la presencia de sales (Hanson <i>et al.</i> , 2006).
Fertilidad y química del suelo:	Es recomendable la fertilización edáfica cada 30 o 60 días y en dosis moderadas teniendo en cuenta las recomendaciones de los análisis de suelo. Datos obtenidos para el maracuyá amarillo, permiten determinar la exigencia en nutrientes por la planta en el siguiente orden decreciente: N > K > Ca > S > P > Mg > Fe > B > Mn > Zn > Cu. Cada nutriente es esencial para la integridad de la planta y del fruto; la falta de cualquiera de éstos crea un desbalance nutricional que afecta la calidad del fruto. Se estima que el primer año del ciclo productivo, un cultivo para producir 20 toneladas de fruta por hectárea extrae las siguientes cantidades de nutrientes: Nitrógeno 160 kg, Fósforo 15 kg, Potasio 140 kg, Calcio 115 kg, Magnesio 10 kg, azufre 20 kg, Boro 230 g, Cobre 150 g, Hierro 600 g, manganeso 220 g, Zinc 200 g (Amaya, 2009).

CARACTERÍSTICAS DE RESPUESTA AL CAMBIO CLIMÁTICO

Respuesta a ozono:	Vitrificación de partes verdes, necrosis de la epidermis (Fischer, 2008).
Resistencia a sequía:	Periodos secos provocan caída de hojas, reducción del tamaño de frutos; si el periodo se prolonga se detiene la producción (García, 2002).
Tolerancia a altas temperaturas:	Arriba de los 35 °C se acelera el crecimiento, pero la producción disminuye a causa de la deshidratación de los estigmas, lo que imposibilita la fecundación de los ovarios. Si se cultiva en una zona con temperaturas altas cerca a los 32-35 °C y con 11 horas de luz todo el año, la planta producirá en forma continua (García, 2002).

MELON



CARACTERÍSTICAS DESCRIPTIVAS

Nombre científico:	<i>Cucumis melo</i> L.
Nombres comunes:	Melón.
Familia:	Cucurbitaceae.
Origen:	África Tropical (González, 1984). Asia y Australia (Sebastian <i>et al.</i> , 2010).
Distribución:	40° LN a 35° LS (Benacchio, 1982). África, Asia, Australia, India y China (Sebastian <i>et al.</i> , 2010).
Adaptación:	Trópico y subtropico subhúmedos y semiáridos (González, 1984). Desde regiones tropicales hasta zonas templadas, con periodo cálido (Purselove, 1987; Sebastian <i>et al.</i> , 2010).
Ciclo de madurez:	65 a 80 días (Benacchio, 1982).
Tipo fotosintético:	C ₃ .

REQUERIMIENTOS CLIMÁTICOS

Altitud:	0-500 m (Benacchio, 1982).
Fotoperíodo:	Planta de día neutro (FAO, 1994). Días largos y altas temperaturas favorecen la formación de flores masculinas (Monardes, 2009).

Radiación (Luz):

Requiere mucha insolación (Benacchio, 1982).

La falta de luz y temperaturas bajas pueden inducir cierta dormancia en las plantas y retrasar el crecimiento (Reche, 2008).

Altas intensidades de luz influyen en una mayor acumulación de azúcares en el fruto (Monardes *et al.*, 2009).

La fotosíntesis del melón responde positivamente a un rango de 22 a 1630 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ de densidad de flujo de fotones (Chen *et al.*, 2003).

Temperatura:

Es exigente en cuanto a la temperatura, sensible a las heladas y a temperaturas excesivamente altas, ya que por encima de 35-40°C se originan quemaduras en el fruto (Yuste, 1997a).

Rango, 10-35°C; la media óptima está entre 22 y 25°C y el óptimo para fotosíntesis entre 25 y 30°C. La fluctuación de temperaturas diurnas y nocturnas más favorable para lograr frutos de calidad debe estar entre 9 y 10°C (Benacchio, 1982).

El punto de congelación es 1°C, mientras que las temperaturas óptimas del aire y suelo son 18-24°C y 18-20°C, respectivamente. Las temperaturas del aire y suelo para crecimiento cero son 13-15°C y 8-10°C, respectivamente (Yuste, 1997a). Por etapas: para la germinación las temperaturas del aire mínima, óptima y máxima son 13°, 28-30° y 45°C, respectivamente; para la floración la óptima es de 20-23°C y para la maduración la óptima es de 25-30°C. Las temperaturas del suelo mínima, óptima y máxima para la germinación, son 16, 33 y 38°C, respectivamente (Castaños, 1993).

Temperaturas bajas aunadas a falta de luz, retrasan el crecimiento (Reche, 2008).

La temperatura óptima para fotosíntesis es de 35.3°C en melón cultivado a campo abierto, y, 32.9°C para melón cultivado en invernadero. La fotosíntesis del melón responde positivamente a un rango de 8 a 47°C (Chen *et al.*, 2003).

Precipitación (agua):

Es mejor cultivarlo bajo riego, para disminuir la incidencia de enfermedades. Por esta misma razón, si se cultiva bajo temporal es suficiente una precipitación de 400 a 600 mm (Benacchio, 1982).

Para plantas con una altura promedio de 40 cm, el coeficiente de cultivo (Kc) para las etapas inicial, intermedia y final de desarrollo es 0.5, 1.05 y 0.75, respectivamente (Allen *et al.*, 2006).

Humedad relativa:

La humedad ambiental no debe ser elevada, ya que el cultivo prefiere un tiempo cálido y seco (Benacchio, 1982).

Requiere condiciones intermedias de humedad relativa (Yuste, 1997a).

Las condiciones de alta humedad ambiental no son favorables para el cultivo, ya que propician la presencia de enfermedades y la obtención de frutos de pobre calidad (Purse-glove, 1987).

El melón es el cultivo de la familia de las cucurbitáceas que es menos exigente en la condición de humedad relativa inferior a 75% (Reche, 2008).

REQUERIMIENTOS EDÁFICOS

Profundidad de suelo:	<p>> 25 cm (Aragón, 1995). No menor que 60 cm (INIFAP, 1994). Requiere suelos de mediana profundidad (FAO, 1994).</p>
Textura:	<p>Prefiere suelos livianos (Aragón, 1995) con textura franco-arenosa (Benacchio, 1982; Reche, 2008). Desarrolla mejor en suelos de textura media (FAO, 1994). No le favorecen suelos arcillosos donde el desarrollo de raíces es más reducido (Reche, 2008).</p>
Drenaje:	<p>Requiere suelos bien aireados y con buen drenaje; no le favorecen suelos muy húmedos y no tolera encharcamientos (Benacchio, 1982; Reche, 2008).</p>
pH:	<p>7 a 7.5, ya que no tolera acidez (Benacchio, 1982). No tolera alta acidez, prefiere suelos neutros (Purseglove, 1987). El rango de pH deseable es de 6 a 8 (Castaños, 1993). Su rango de pH está entre 6.0 y 8.7, con un óptimo de 6.8 (FAO, 1994). El pH óptimo está entre 6 y 7 (Yuste, 1997a). El pH óptimo está entre 6 y 7.5, aunque desarrolla bien en suelos ligeramente alcalinos (Castellanos <i>et al.</i>, 2000; Reche, 2008). En suelos ácidos pueden presentarse carencias de molibdeno (Reche, 2008).</p>
Salinidad/Sodicidad:	<p>Moderadamente tolerante a la salinidad (Yuste 1997a). Es un cultivo ligeramente tolerante a la salinidad (FAO, 1994). Un poco más tolerante a la salinidad que el pepino: a $CE \geq 3$ $dS\ m^{-1}$ disminuye el rendimiento 5%; con $CE \geq 4$ $dS\ m^{-1}$ disminuye alrededor de 20%. Con riego por goteo es tolerante incluso a valores mayores (Castellanos <i>et al.</i>, 2000). En suelos enarenados y riego por goteo la C.E. puede llegar en plena producción a 3-3.5 $dS\ m^{-1}$; aunque en suelos desnudos es preferible que no rebase 2.5 $dS\ m^{-1}$. Cuando la salinidad del suelo sobrepasa los 5 $dS\ m^{-1}$, se reduce significativamente el rendimiento (Reche, 2008). Existen genotipos mejorados con relativa mayor tolerancia a salinidad (Kusvuran, 2012).</p>
Fertilidad y química del suelo:	<p>Requiere de Nitrógeno al menos 7,500 ppm en los pecíolos y más de 5,000 ppm en toda la hoja, de Fósforo requiere 2,000 y 2,500 ppm, respectivamente (Wichmann, 1992). Los requerimientos por hectárea para producir 1 tonelada de fruto de melón son: 4-1-7 $kg\ ha^{-1}$ de $N-P_2O_5-K_2O_5$ (Castellanos <i>et al.</i>, 2000). El melón es moderadamente tolerante a B, de 2 a 4 $mg\ L^{-1}$, sensible a disponibilidad de Mg (deficiencias a < 0.3% en materia seca). El Manganeseo a más de 1000 ppm causa toxicidad en hojas. El melón es además sensible a baja disponibilidad de Fe y Mo (Castellanos <i>et al.</i>, 2000; Sánchez, 2001).</p>

CARACTERÍSTICAS DE RESPUESTA AL CAMBIO CLIMÁTICO

- Respuesta a ambientes enriquecidos de CO₂:** El incremento de CO₂ produce un aumento de área foliar y biomasa debido a mayor actividad fotosintética (Krupa y Kickert, 1989). La proporción de fotosíntesis neta se incrementa conforme aumenta la concentración de CO₂ a 900-1000 $\mu\text{L L}^{-1}$, a un mayor incremento de dióxido de carbono, la fotosíntesis neta disminuye. La fotosíntesis del melón responde positivamente a un rango de 33 a 1060 $\mu\text{L L}^{-1}$ (Chen *et al.*, 2003). El incremento de CO₂ (800 y 1200 $\mu\text{mol mol}^{-1}$) incrementan el rendimiento de la frutos. Sin embargo, la adición de NaCl en la solución nutritiva causa una reducción significativa del rendimiento total, siendo esta reducción mayor a concentraciones altas de CO₂ (Mavrogianopoulos *et al.*, 1999).
- Captura de carbono:** Bajo una densidad de plantación de 1 planta m⁻², los valores de carbono y CO₂ por planta para las distintas partes de ésta son: 2 y 7.3 g, respectivamente, en raíz; 45.1 y 165.4 g en tallo; 33 y 121 g en hojas; 138.5 y 507.8 g en fruto; para un total por planta de 219 g C y 802 g CO₂ (Mota, 2011). El secuestro de carbono se reduce bajo estrés por salinidad y sequía (Kusvuran, 2012).
- Respuesta a ozono:** El ozono incrementa la respiración de las raíces pero disminuye la asimilación de CO₂ en melón (Grantz *et al.*, 2003).
- Resistencia a sequía:** Es una planta tolerante a la sequía (Yuste, 1997a). A través del mejoramiento genético se han introducido cambios fisiológicos (mayor conductancia estomática y menor potencial osmótico), de manera que existen genotipos tolerantes a la sequía. El efecto adverso en los cultivares susceptibles es la reducción de la conductancia estomática, del peso seco de raíces, inhibición en el crecimiento de la planta, y, disminución en el rendimiento del fruto y biomasa seca (Kusvuran, 2012).
- Tolerancia a altas temperaturas:** La fotosíntesis neta aumenta con el incremento de temperatura de las hojas en el intervalo de 9,8 a 50,8° C. La temperatura óptima para la fotosíntesis es de 35.3°C en melón cultivado en campo abierto, 2.4 °C (7%) mayor que en melón cultivado en el invernadero (Chen *et al.*, 2003). Temperaturas elevadas durante la maduración de los frutos mejoran su calidad, pero si son demasiado cálidas los frutos pueden madurar prematuramente (Reche, 2008).

NANCHE



CARACTERÍSTICAS DESCRIPTIVAS

Nombre científico:	<i>Byrsonima crassifolia</i> (L.) Kunth.
Nombres comunes:	Nanchi, nance, nanche, uzté.
Familia:	Malpighiaceae.
Origen:	Este y Sureste de México, Norte de Sudamérica (González, 1984).
Distribución:	23°LN a 23°LS.
Adaptación:	Regiones tropicales, cálidas y húmedas. Climas Af, Am y Aw (Yáñez, 2004).
Ciclo de madurez:	Perenne.
Tipo fotosintético:	C ₃ .

REQUERIMIENTOS CLIMÁTICOS

Altitud:	0-1000 msnm (Yáñez, 2004).
Fotoperíodo:	Se considera una planta de día neutro (FAO, 1994).
Radiación (Luz):	Prefiere condiciones de buena luminosidad, aunque puede desarrollar en condiciones de media sombra (FAO, 1994).
Temperatura:	El rango térmico de desarrollo de esta especie es 5 a 34°C. El nivel óptimo para desarrollo se logra con temperaturas alrededor de 27°C (FAO, 1994).

- Precipitación (agua):** Esta especie se adapta en regiones con precipitación entre 700 y 2200 mm, pero su desarrollo es óptimo cuando la precipitación acumulada es de alrededor de 1200 mm (FAO, 1994).
- Humedad relativa:** Atmosferas secas acompañadas de altas temperaturas son muy dañinas. El nanche prefiere atmosferas húmedas o moderadamente húmedas.

REQUERIMIENTOS EDÁFICOS

- Profundidad de suelo:** Esta especie requiere suelos profundos a medianamente profundos (FAO, 1994), lo que equivale aproximadamente a suelos con una profundidad efectiva mayor a 1-1.8 m.
- Textura:** Desarrolla adecuadamente en suelos con textura de media a pesada (FAO, 1994). Esto es, suelos francos, franco-arcillosos, franco-arcillo-limosos, franco-limosos y arcillosos.
- Drenaje:** Requiere suelos con buen drenaje interno. La presencia de encharcamientos le resulta dañino (FAO, 1994).
- pH:** Desarrolla en un rango de pH de 5.5 a 8.0, siendo el nivel óptimo alrededor de 7.5 (FAO, 1994).
- Salinidad/Sodicidad:** Es poco tolerante a la presencia de sales en el suelo (FAO, 1994).
- Fertilidad y química del suelo:** Para plantas en su etapa inicial de crecimiento y hasta los 103 cm de altura, se recomienda la fórmula N-P-K, 1-1-1, debiéndose aplicar 1 g por planta de dicha fórmula para obtener los mejores resultados en ganancia de altura de planta, y, para diámetro de tallo se recomienda la misma fórmula, pero aplicando 2 g de Nitrógeno, Fósforo y Potasio (Yáñez, 2004).

CARACTERÍSTICAS DE RESPUESTA AL CAMBIO CLIMÁTICO

- Resistencia a sequía:** Tolerante a suelos extremadamente secos (Vázquez *et al.*, 1999).
Es altamente tolerante a las sequías (FAO, 2007).
- Tolerancia a altas temperaturas:** Tolera temperaturas por arriba de 34°C, siempre que los niveles de humedad ambiental no sean bajos.

NARANJA



CARACTERÍSTICAS DESCRIPTIVAS

Nombre científico:	<i>Citrus sinensis</i> (L.) Osbeck.
Nombres comunes:	Naranja dulce.
Familia:	<i>Rutaceae</i> .
Origen:	China (González, 1984).
Distribución:	44°LN a 35°LS (Aragón, 1995). 40°LN a 40°LS (Doorenbos y Kassam, 1979).
Adaptación:	Regiones subtropicales y tropicales (Jackson y Sauls; citados por Zapiain, 1999).
Ciclo de madurez:	Perenne.
Tipo fotosintético:	C ₃ .

REQUERIMIENTOS CLIMÁTICOS

Altitud:	500-1000 m (Benacchio, 1982). En regiones tropicales, la naranja debe establecerse en altitudes no menores a 400 m, para no afectar la calidad del fruto en cuanto a sólidos solubles, acidez y relación sólidos solubles/acidez (Leal y Salamancas, 1977). Hasta 1800 m en zonas tropicales y hasta 750 m en zonas subtropicales (Doorenbos y Kassam, 1979).
Fotoperíodo:	Se considera una planta de día neutro (FAO, 1994).

Radiación (Luz):

Prefiere una insolación moderada y prospera en zonas sombreadas (Benacchio, 1982).

El sombreado reduce el contenido de ácido ascórbico de los frutos, siendo la intensidad de luz óptima 32.3-86.1 klux (Baradas, 1994).

Temperatura:

Se considera al naranjo una planta subtropical y tropical, sin embargo se logra una mejor calidad bajo un clima subtropical ya que la variación entre las temperaturas del día y la noche promueven la formación de ácidos, mejorando su sabor. Las temperaturas frescas durante la noche, favorecen el desarrollo del color naranja intenso de la cáscara. Esta especie puede resistir temperaturas extremas de hasta -2°C y 50°C, sin daño aparente, siempre que exista alta humedad ambiental y del suelo. Los umbrales mínimo y máximo de desarrollo están en 12.8 y 35°C, respectivamente, en tanto que el rango térmico óptimo se localiza entre los 23 y 32°C (Jackson y Sauls; citados por Zapiain, 1999).

Rango 13-35°C, siendo la óptima 23-30°C. Por debajo de los 13°C no existe crecimiento (Baradas, 1994).

Rango 10-35°C, siendo la óptima 25-31°C. Durante la fructificación, la temperatura media no debería ser inferior a 18.4°C y la mínima no debería bajar de 15°C. La falta de una estación fría con temperaturas inferiores a 13°C es la causa del color verde pálido de las naranjas cultivadas en los trópicos. Oscilaciones térmicas diarias amplias le son favorables (Benacchio, 1982).

Requiere de un periodo de reposo (idealmente de dos meses) para que se produzca la floración, el cual puede ser provocado por temperaturas de alrededor de 10°C durante el invierno en zonas subtropicales (Doorenbos y Kassam, 1979). La temperatura base está alrededor de 15°C. La etapa de floración requiere de 75 a 96 GDD, calculados con una temperatura base de 15°C. La presencia de heladas durante el invierno, retrasa alrededor de 20 días el inicio de la floración (Lomas y Burd, 1983).

Para propósitos prácticos, los árboles detienen su crecimiento por debajo de 12°C y por arriba de 37°C (Bain, citado por Yelenosky, 1985).

El crecimiento apical en plántulas es máximo entre 25 y 31°C, mientras que el crecimiento de la raíz es mejor entre 25 y 26°C. La inducción floral normalmente se produce después de un periodo de varias semanas con temperaturas no aptas para el crecimiento. La temperatura y la humedad del suelo influyen más en el proceso de floración que el fotoperíodo (Yelenosky, 1985).

Temperaturas entre 30 y 34°C durante un periodo de 12 horas o más, provocan la abscisión de frutos en sus primeras etapas de desarrollo. Existe un incremento en la tasa de crecimiento del fruto a temperaturas entre 10 y 30°C (Reuther, 1973). En naranja tipo valencia, la acumulación de carbohidratos es más rápida a temperaturas entre 5 y 15°C (Moss, 1969). La naranja tipo valencia puede fotosintetizar eficientemente a 10°C, sin embargo, la acumulación de asimilados fotosintéticos es mayor a 25°C que a 10°C (Guy *et al.*, 1981).

A temperaturas entre 20 y 35°, la respiración nocturna en hojas de naranja es casi lineal con la temperatura y un Q_{10} de cerca de 2 (Possingham y Kriedmann; citados por Yelenosky, 1985).

La naranja es subtropical, no tropical. Durante el periodo de crecimiento, la temperatura debe estar comprendida de 12.8 a 37.8°C. En la dormancia invernal, el rango de temperatura ideal es de 1.7 a 10°C. Los árboles maduros en dormancia han sobrevivido 10 horas a temperaturas por debajo de -3.9°C, pero la fruta es dañada por heladas de -3.3 a -1.1°C. Los árboles jóvenes pueden morir por heladas breves, de manera que el frío prolongado es más perjudicial que periodos cortos con temperaturas de congelación (Morton, 1987).

La temperatura para congelación del fruto es de -0.8°C (FAO, 2010).

El intervalo de temperatura media deseable está entre 10 y 35°C, con un óptimo de 20 a 30°C (Shalhevet *et al.*, 1981).

Precipitación (agua):

1100-2000 mm anuales; no tolera sequía, no resiste periodos secos de más de tres meses. La precipitación por mes no debería ser inferior a 120-140 días. Cortos periodos de sequía favorecen la inducción floral, por lo que esta especie puede someterse a sistemas de producción forzada mediante la regulación del agua suministrada (Benacchio, 1982; Rether y Ríos; citados por Yelenosky, 1985).

1000-2000 mm por ciclo (Baradas, 1994).

En zonas tropicales, el periodo de reposo que se requiere para inducir la floración, puede ser provocado por condiciones de precipitación o riego de menos de 50-60 mm mes^{-1} durante dos meses o más (Doorenbos y Kassam, 1979).

Las naranjas se cultivan frecuentemente en zonas con lluvia de 1000 a 1500 mm (Morton, 1987).

La actividad fisiológica de la naranja ocurre en todo el año, pero si se reduce la precipitación, puede requerir riego. La etapa crítica de deficiencia de agua está en la floración y fructificación; una deficiencia de humedad en estos periodos conduce a la abscisión de las flores y frutos jóvenes y la consecuente pérdida de rendimiento. También es crítico el periodo de rápido crecimiento del fruto, ya que un déficit de humedad en esta etapa afecta su tamaño. Se reporta un requerimiento óptimo de agua estacional de 600 a 660 mm, con rendimiento de fruta de 5 toneladas por 1,000 m^2 (Shalhevet *et al.*, 1981).

De acuerdo con Allen *et al.* (2006), en huertas con cobertura vegetal o maleza, los árboles de 2 m de altura tienen un Kc de 0.85 en las etapas de desarrollo inicial, intermedia y final, mientras que árboles de 3 m tienen un Kc de 0.8 y árboles de 4 m de altura un Kc de 0.75, 0.7 y 0.75, en estas tres etapas de desarrollo. En huertas sin cobertura vegetal o maleza, los árboles de 2 m tienen un Kc de 0.5, 0.45 y 0.55, mientras que los árboles de 3 m tienen un Kc de 0.65, 0.6 y 0.65. Los árboles de 4 m tienen un Kc de 0.7, 0.65 y 0.7, para estas tres etapas de desarrollo.

Humedad relativa: Atmosferas secas acompañadas de altas temperaturas son muy dañinas, sobre todo para frutos jóvenes y hojas (Baradas, 1994). Humedad atmosférica relativamente alta es favorable para buenos rendimientos (Benacchio, 1982).

REQUERIMIENTOS EDÁFICOS

Profundidad de suelo: > 120 cm (Benacchio, 1982). La profundidad de enraizamiento varía de 1.20 a 2.0 m. En general, el 60% de las raíces se encuentra en los primeros 0.5 m, un 30% más en los segundos 0.5 m, y el 10% restante por debajo de 1 m. Cuando el suministro de agua es el adecuado, normalmente el 100% del agua se extrae de la primera capa de 1.2 a 1.6 m (Doorenbos y Kassam, 1979). En suelos de textura gruesa la profundidad del suelo requerida es de 150 cm, en suelos de textura media es de 150 a 200 cm y en suelos de textura fina de 100 a 120 cm. La mayor concentración de raíces esta en los primeros 90 cm de profundidad (Shalhevet *et al.*, 1981).

Textura: Franco-arenosa, franca y franco-arcillosa (Benacchio, 1982). El mejor suelo para el naranjo es el de textura media de origen aluvial reciente, sin embargo, se puede desarrollar en una amplia gama de tipos de suelos, desde arenas gruesas hasta arcillas pesadas (Morin, citado por Zapiain, 1999).

Drenaje: Requiere buen drenaje (Aragón, 1995).

pH: 6-7, poco tolerante a la acidez (Benacchio, 1982). 5.5 a 8, con un óptimo de 6.8 (FAO, 1994).

Salinidad/Sodicidad: Medianamente tolerante a sales (Benacchio, 1982). Se considera con una baja tolerancia a sales (Gostinçar, 1997). Se clasifica como una especie muy sensible a la salinidad, ya que sufre daños a concentraciones por debajo de 0.5 g L^{-1} de NaCl en el suelo (Yuste, 1997b). Las disminuciones de rendimiento debidas a la salinidad del suelo son: 0% para una conductividad eléctrica de 1.7 dS m^{-1} ; 10% para 2.3 dS m^{-1} ; 25% para 3.3 dS m^{-1} ; 50% para 4.8 dS m^{-1} y 100% para 8.0 dS m^{-1} (Doorenbos y Kassam, 1979; Ayers y Westcot, 1985).

Fertilidad y química del suelo: La remoción de nutrientes en g t^{-1} de fruta fresca es: N = 1,638; P_2O_5 = 366; K_2O = 2,086; MgO = 209, CaO = 658; S = 74 (IFA, 1992).

CARACTERÍSTICAS DE RESPUESTA AL CAMBIO CLIMÁTICO

Respuesta a ambientes enriquecidos de CO₂:	<p>Al incrementar la concentración de CO₂ de 400 μbar a 800 μbar en árboles de naranja Valencia, se incrementa en 70% la retención de frutos y en contraparte se reduce el periodo de abscisión de frutos. La mayor cantidad de frutos retenidos no son significativamente menores en diámetro o en peso fresco a la cosecha, con relación a los cosechados en condiciones naturales. Los frutos cosechados en ambiente enriquecido de CO₂, tampoco difieren significativamente del testigo en contenido de sólidos solubles, peso seco, número de semillas o espesor del zumo. La tasa fotosintética se incrementa 23% cuando el desarrollo del árbol está al final del periodo de floración, 77% cuando los frutos son de un diámetro de 5 cm, y 18% cuando la coloración del fruto está bien definida (Downton <i>et al.</i>, 1987).</p> <p>Cuando la concentración de CO₂ se incrementa en 300 ppm, la producción de materia seca aumenta en 32% y 45% cuando plantas de 30 días se inoculan y no se inoculan con el hongo micorrízico arbuscular <i>Glomus intraradices</i> (Jifon <i>et al.</i>, 2002).</p>
Captura de carbono:	<p>Para una densidad de plantación de 0.042 árboles m⁻², se captura un total de 13,458 g C y 49,345 g CO₂ por árbol, con la siguiente partición: 1,068 g (C) y 3,916 g (CO₂) en raíz; 1,483 y 5,439 g en ramas; 1,610 y 5,902 g en hojas + tallos; 8,618 y 31,599 g en frutos; y, 679 y 2,489 g en tronco (Mota, 2011).</p>
Resistencia a sequía:	<p>No tolera sequía, no resiste periodos secos de más de tres meses (Benacchio, 1982; Reuther y Ríos; citados por Yelenosky, 1985).</p>
Tolerancia a altas temperaturas:	<p>Esta especie puede resistir temperaturas de hasta 50°C, sin daño aparente, siempre que exista alta humedad ambiental y del suelo (Jackson y Sauls; citados por Zapiain, 1999).</p>

NOGAL



CARACTERÍSTICAS DESCRIPTIVAS

- Nombre científico:** *Carya illinoensis* Koch.
- Nombres comunes:** Nogal pecanero, nogal, nogal nuez encarcelada.
- Familia:** Juglandaceae.
- Origen:** Norte de México y Sureste de los Estados Unidos de Norteamérica (Medina y Cano, 1994). En el estado de Coahuila el nogal es de gran relevancia, ya que la región norte del Estado forma parte del centro de origen de esta especie (Orona *et al.*, 2007).
- Distribución:** 10° a 50°LN (Luna, 1979). Las plantaciones comerciales de este frutal se extienden en los Estados Unidos desde el suroeste de Ohio hasta Kentucky y Alabama, mientras en México se distribuyen principalmente en el noreste, extendiéndose hacia el centro y sur del país, siendo los principales estados productores de nuez: Chihuahua, Coahuila, Durango, Sonora, Hidalgo y Nuevo León (Orona *et al.*, 2007).
- Adaptación:** Regiones templadas y subtropicales con invierno definido.
- Ciclo de madurez:** Perenne. El desarrollo de la nuez empieza con la polinización y puede ser dividido en dos fases a través de la temporada de crecimiento. La fase I ocurre desde la polinización (a principios o mediados de Mayo, en el Hemisferio Norte) hasta el endurecimiento de la cáscara (o hasta el fin del estado de agua). El pecano completa el dimensionado de la nuez en esta fase. El fin de la fase de agua puede ocurrir a mediados o finales de Agosto. La fase II ocurre desde el endurecimiento de la cáscara hasta la división de la cáscara. La almendra se desarrolla y se llena durante esta fase, terminando cuando la cáscara se divide a lo largo de las suturas (Herrera y Byford, 2005a).

Una nuez se considera madura cuando el ruezno se parte a lo largo de sus cuatro suturas, exponiendo la nuez. La apertura del ruezno favorece su secado y el de la nuez, disminuyendo el contenido de humedad de un 30 a un 12 % al momento de la cosecha. Esto comúnmente ocurre después de la primera helada en algunas regiones. La liberación de la nuez del ruezno depende de la cantidad de humedad del ruezno y de la forma de la nuez (entre más seco el ruezno y más redonda la nuez es mayor la liberación) (González *et al.*, 2010).

Tipo fotosintético: Planta perenne con fotosíntesis del tipo C₃ (González *et al.*, 2010).

REQUERIMIENTOS CLIMÁTICOS

Altitud: Más de 2000 m en zonas subtropicales.

Fotoperíodo: Existen cultivares tanto de día largo como de día corto (FAO, 1994). Existen variedades de día corto y día largo (González *et al.*, 2010), aunque también hay variedades de día neutro, es decir, su requerimiento de horas-luz se encuentra entre 10 y 14 horas (Villaseca, 2007).

Radiación (Luz): Prospera en zonas soleadas o con insolación moderada.

Temperatura: Requiere de 150 a 230 días libres de heladas según sea la variedad. Se comporta adecuadamente donde la media de temperatura de verano es de 25°C, sin variación amplia entre el día y la noche. El cultivar Western requiere entre 400 y 600 unidades frío (punto crítico 7°C) y entre 4318 y 4746 unidades calor calculadas sobre una temperatura base de 4.4°C (Medina y Cano, 1994).

La temperatura media en el periodo estival va de 20 a 22°C (Yuste, 1997b).

Los árboles nativos de América del Norte tienen un requerimiento medio de frío menor de 500 HF, con diferencia entre cultivares. Algunos cultivares y sus respectivos requerimientos de horas frío son: Desirable 400, Western 400, Wichita 400 (Díaz, 1987).

El requerimiento de horas frío ($T < 7.2^{\circ}\text{C}$) para los cultivares Desirable, Mahan y Stuart es 500, 500 y 600 HF, respectivamente (McEachern *et al.*, 1978).

El frío en una región determinada, no la hace excluyente al cultivo del nogal, pero sí la falta de calor durante el verano (Luna, 1979).

Su rango térmico para crecimiento es de 12 a 35°C, con un óptimo de 27°C (FAO, 1994).

El rango térmico para crecimiento del nogal es de 12 a 35°C con un óptimo de 27°C. Sin embargo, en su rango geográfico de distribución predominan las temperaturas medias anuales entre los 18 y 22°C, con máximas en promedio de 32-35°C y mínimas de -5°C. Dependiendo de la variedad el nogal requiere un periodo de 400 a 600 HF (temperaturas por debajo de 7.2°C) para brotar y florecer (González *et al.*, 2010).

Precipitación (agua):	<p>Aunque se sugiere disponer de agua de riego para su cultivo, bajo temporal suelen ser suficientes de 1000 a 1200 mm (Luna, 1979).</p> <p>Se considera de resistencia intermedia a la sequía, pero se recomienda la aplicación de riegos de apoyo (Yuste, 1997b). Para que su cultivo sea posible necesita un promedio de 60-90 días de lluvia al año con precipitaciones entre 600 y 700 mm, siendo el óptimo de 1,000-1,200 mm para explotaciones intensivas (González <i>et al.</i>, 2010).</p> <p>Si la pluviometría es insuficiente o está irregularmente repartida, habrá que recurrir al riego para conseguir un desarrollo normal de los árboles y una buena producción de nuez.</p> <p>De acuerdo con Allen <i>et al.</i> (2006), los coeficientes de cultivo para las etapas inicial, intermedia y final de desarrollo en plantas de que llegan a alcanzar una altura de 4 a 5 m, son 0.5, 1.10 y 0.65, respectivamente.</p>
Humedad relativa:	<p>Prefiere atmósferas moderadamente secas. Cuando la humedad relativa es alta, limita la polinización efectiva debido a que las anteras no abren para liberar el polen; además ésta promueve el desarrollo de enfermedades fungosas que atacan al follaje (Medina y Cano, 1994). La humedad relativa debe permanecer en un rango de 60-65% (González <i>et al.</i>, 2010).</p>

REQUERIMIENTOS EDÁFICOS

Profundidad de suelo:	<p>Requiere suelos profundos (Luna, 1979), por lo menos de un espesor mayor a 1.8 m. Para un buen enraizamiento y una buena producción, el suelo deberá ser profundo y fértil, sin capas compactas intermedias que puedan evitar la penetración de las raíces, presentar un buen drenaje y aireación y tener una buena capacidad de retención de agua (González <i>et al.</i>, 2010). La tabla del agua debe estar a 3 m por debajo de la superficie ya que el crecimiento de las raíces depende de la profundidad de la estática tabla de agua (Herrero, 1999).</p>
Textura:	<p>Le son favorables suelos con textura franca y franca-arenosa (Chávez y Medina, 1994). Desarrolla en suelos de textura ligera a media (FAO, 1994). El nogal prospera en suelos con textura desde migajón-arenosa hasta migajón-arcillosa y suelos aluviales (González <i>et al.</i>, 2010).</p>
Drenaje:	<p>Requiere suelos con buen drenaje (FAO, 1994). El nogal requiere de suelos con condiciones de buen drenaje. Una buena aireación en la zona radical, lo determina un subsuelo permeable, como los formados por caliza fisurada, cantos rodados, etc. (González <i>et al.</i>, 2010).</p>
pH:	<p>Prospera en un rango de pH de 5.0 a 8.2, siendo el óptimo 6.5 (FAO, 1994). pH debe estar entre 6.5 y 8.0 (González <i>et al.</i>, 2010).</p>

Salinidad/Sodicidad:

Es ligeramente tolerante a la salinidad (FAO, 1994). El contenido de sodio intercambiable superior a 3% tiene un efecto negativo en el área transversal del tronco y en el rendimiento de nuez por árbol, aunque tiende a estabilizar la producción y a reducir la alternancia del nogal. La conductividad eléctrica mayor a 3 dS m^{-1} se asocia con menor área transversal del tronco y menor rendimiento de nuez por árbol (Santamaría *et al.*, 2002).

Fertilidad y química del suelo:**Nitrógeno:**

Árboles jóvenes: Aplicar 0.45 kg de sulfato de amonio por árbol en árboles con rápido crecimiento durante junio. No aplicar si los árboles no están en rápido crecimiento. Aplicar de 0.450 a 0.680 kg de sulfato de amonio a principios de marzo y finales de junio durante el segundo año si los árboles tienen rápido crecimiento. Disminuir la dosis a 1/3 si los árboles están creciendo lentamente. Desde el tercer año, la dosis puede incrementarse a 0.900 kg por aplicación para un total de 1.8 kg por año por árbol. En suelos arenosos, la dosis recomendada puede ser dividida en tercios y aplicada en marzo, abril y junio.

Árboles maduros: Aplicar 168-224 kg ha⁻¹ de Nitrógeno anualmente. Una recomendación general para las aplicaciones de Nitrógeno durante el año es aplicar la mitad de la dosis recomendada en abril (112 kg ha⁻¹) y para la segunda aplicación incorporar 2.25 kilogramos por cada 45 kilogramos de nuez esperada (45 kg de Nitrógeno por 900 kg de cultivo potencial).

Zinc

Mezclar de 0.9 a 1.35 kg de Sulfato de Zinc (36%) con 400 litros de agua (debe mezclarse hasta obtener una suspensión en un envase de 20 litros antes de vaciarlo a la aspersora). Agregar 1.5 litros de la formulación de Urea (32% Nitrógeno líquido), ya que ayuda a la absorción del Zinc por el tejido de la hoja. Para la formulación líquida de Zinc y Nitrógeno, mezclar 1.5 litros en 400 litros de agua.

Hierro.

Los quelatos de hierro deberán de usarse si aparece amarillamiento o clorosis de las hojas. Los sulfatos de Hierro pueden asperjarse si el Sulfato de Zinc está siendo aplicado.

Fósforo.

Se recomienda incorporar al suelo de 45 a 68 kg de Fósforo antes de plantar la huerta. Aplicaciones de 110 kg de MAP por hectárea en años alternos también podrían ayudar al crecimiento del árbol (Herrera y Byford, 2005b).

CARACTERÍSTICAS DE RESPUESTA AL CAMBIO CLIMÁTICO**Captura de carbono:**

La tasa de asimilación neta de CO₂ de las hojas de nogal es de 15.9 Mmol m⁻² s⁻¹ (Anderson, 1989).

Resistencia a sequía:

Frutos de nogal sometidos a intervalos de riego de cada 21 y 28 días, en comparación con aquellos frutos que son sometidos a riegos cada 14 días, mantienen una baja condición hídrica, lo que genera una menor capacidad de crecimiento de la almendra, menor velocidad de acumulación de peso seco y bajos porcentajes de almendra. La baja disponibilidad de agua en el suelo generada por los riegos aplicados cada 21 y 28 días, desacelera la apertura del ruezno y aumenta significativamente el porcentaje de nueces germinadas (Godoy *et al.*, 2005).

Tolerancia a altas temperaturas:

La planta de nogal prospera en temperaturas medias de verano tan altas como los 27°C, con extremas de 41 hasta 46°C.

NOPAL



CARACTERÍSTICAS DESCRIPTIVAS

- Nombre científico:** *Opuntia ficus-indica* (L.) Miller.
- Nombres comunes:** Nopal, nopal tunero, tuna de Castilla, nochtli, nopalli. Notuatl, palabra mexicana original para *Opuntia*, en tiempos aztecas (Reynolds y Arias, 2003).
- Familia:** Cactaceae.
- Origen:** Norteamérica (González, 1984). El más alto grado de diversidad genética para el género *Opuntia* se encuentra en México (Pimienta; citado por Barbera, 1995). Planta propia del paisaje mexicano (Anaya y Bautista, 2008).
- Distribución:** Tercio meridional de América del Norte y mitad septentrional de América del Sur (Nobel, 1998). Esto equivale aproximadamente a un intervalo latitudinal que va de los 15° S a los 40° N. Desde la provincia de Alberta en Canadá hasta La Patagonia en Argentina (Granados y Castañeda, 1996). África, América, Asia y Europa (Reynolds y Arias, 2003). En México se produce en 27 entidades, destacando: Distrito Federal, México, Morelos, San Luis Potosí, Jalisco, Aguascalientes, Hidalgo y Puebla, que aportan casi 95% de la producción nacional (Anaya y Bautista, 2008).

Adaptación:	Regiones templadas y subtropicales, con un régimen de humedad árido o semiárido (Pimienta <i>et al.</i> , 1993), aunque también desarrolla en zonas subhúmedas. Regiones subtropicales semiáridas (Mondragón y Pérez, 2003). Zonas desérticas y semidesérticas (Anaya y Bautista, 2008).
Ciclo de madurez:	Perenne.
Tipo fotosintético:	CAM. <i>Opuntia ficus-indica</i> tiene plasticidad fisiológica: en ambientes favorables de humedad utiliza fotosíntesis C ₃ (Drennan y Nobel, 2000; Andrade <i>et al.</i> , 2007). El nopal tiene un patrón nocturno de apertura estomatal. La entrada de CO ₂ y la pérdida de vapor de agua asociada, ocurren en la parte más fresca de las 24 horas del día: por la tarde (cuando decrece la temperatura del día); por la noche (alcanza su valor máximo pocas horas después del crepúsculo) y, un pico pequeño de entrada de CO ₂ ocurre al amanecer, cuando la disponibilidad de luz permite la incorporación de CO ₂ hacia carbohidratos, lo que le permite utilizar el mecanismo C ₃ de fotosíntesis (Nobel, 2003).

REQUERIMIENTOS CLIMÁTICOS

Altitud:	Al género <i>Opuntia</i> se le encuentra desde el nivel del mar hasta los 4,700 m (Nobel, 1995). El nopal desarrolla desde los 0 hasta los 2675 m (Blanco; citado por Granados y Castañeda, 1996). Óptimo de 1700-2300 m, con pendiente hasta de 15% (Maciel <i>et al.</i> , 2005).
Fotoperíodo:	Se considera una planta de día corto (FAO, 1994).
Radiación (Luz):	La asimilación neta de CO ₂ es cero a niveles de flujo de fotones fotosintéticos (PPF) de 2 mol m ⁻² día ⁻¹ o inferiores. Por arriba de esta cantidad comienza la asimilación de CO ₂ , alcanzando la mitad de su máximo con un PPF de 13 mol m ⁻² día ⁻¹ , el 90% de su máximo a 22 mol m ⁻² día ⁻¹ y, a un PPF de aproximadamente 30 mol m ⁻² día ⁻¹ se presenta la saturación para la asimilación neta de CO ₂ (Nobel y Hartsock, 1983). A mayor luz entre plantas, mayor producción, lo cual puede manipularse con el espaciamiento entre plantas (Nobel, 2003).
Temperatura:	El rango térmico para esta especie es de 6-36°C, con un óptimo entre 18 y 20°C (Granados y Castañeda, 1996). La temperatura óptima media para el nopal oscila entre 18 y 26°C (Rojas, 1961). Bajo condiciones no restrictivas de humedad y luz, la asimilación neta de CO ₂ es máxima a un régimen térmico diurno/nocturno entre 20°C/10°C y 27°C/17°C. Mientras tanto la asimilación neta de CO ₂ es cero a regímenes térmicos de 44°C/34°C y de aproximadamente 5/-4°C (Nobel y Hartsock, 1984).

El nopal puede mantenerse vivo aún a temperaturas de 65°C, mientras que la exposición no sea por más de 1 hora. En tanto, esta especie muere con heladas de -5 a -8°C (Nobel, 1995).

Son óptimas temperaturas nocturnas de 15 a 20°C (Maciel *et al.*, 2005). Conforme la temperatura nocturna se eleva, los estomas tienden a cerrarse; así, a 30°C los estomas solamente abren 30% de lo que abren a 20°C, de manera que, excepto para temperaturas nocturnas debajo de congelación o arriba de 30°C, la temperatura no es generalmente un factor limitante de importancia para la absorción de CO₂ (Nobel, 2003).

Precipitación (agua):

200 a 750 mm anuales, aunque se obtienen mayores rendimientos a mayores niveles de precipitación dentro de este rango (Barbera, 1995).

117 a 1805 mm anuales (Blanco, citado por Granados y Castañeda, 1996).

Son aptas para el nopal, las regiones con precipitación anual entre 267 y 685 mm (Barrientos, 1983).

El óptimo de precipitación anual está alrededor de los 400 mm (Velázquez, citado por Granados y Castañeda, 1996).

La asimilación neta de CO₂ se reduce a cero cuando se presenta un periodo de sequía (número de días sin lluvia) de 45 días en adelante, a un régimen de temperatura diurno/nocturno de 25°C/15°C y sin restricciones de luz (Nobel y Hartsock, 1984).

El nopal se adapta a condiciones de lluvia escasa y errática (Reynolds y Arias, 2003).

Es óptima una precipitación anual de 400-650 mm (Maciel *et al.*, 2005).

Humedad relativa:

Prefiere atmósferas secas a moderadamente secas.

REQUERIMIENTOS EDÁFICOS

Profundidad de suelo:

No es exigente en suelos profundos, se le puede ver desarrollando incluso en suelos tepetatosos muy someros. Sin embargo, sus mejores rendimientos se obtienen en suelos profundos (Velázquez; citado por Granados y Castañeda, 1996).

No requiere suelos profundos (Mondragón y Pérez, 2003).

Textura:

El desarrollo óptimo se obtiene en suelos de textura arenosa y areno-arcillosa, siempre que sean calcáreos y con alto contenido de sales. No obstante, el nopal puede desarrollar en una amplia gama de texturas, excepto aquellas que implican un pobre drenaje. En suelos compactos y profundos, su desarrollo es muy pobre (Velázquez; citado por Granados y Castañeda, 1996).

Le son favorables al nopal los suelos arenosos, nativos de las zonas áridas, o areno-limosos (Nobel, 2003).

Drenaje:

Requiere buen drenaje (Velázquez; citado por Granados y Castañeda, 1996; Mondragón y Pérez, 2003).

**Orientación de la
plantación:**

Una orientación este-oeste generalmente maximiza la absorción de fotones fotosintéticos e incrementa la asimilación de CO₂ (Nobel, 1995).

Mondragón y Pérez (2003) reportan que las orientaciones norte-sur y horizontal superan en rendimiento en 112 y 67% a la orientación este-oeste.

pH:

Prefiere suelos calcáreos con pH alcalino. Sin embargo, se obtienen altos rendimientos también en suelos ligeramente ácidos. El pH del suelo suele influir en el color de las flores; en suelos alcalinos se obtienen coloraciones rojizas y en suelos ácidos coloraciones azules (Velázquez; citado por Granados y Castañeda, 1996).

El nopal tiene un rango preferencial de pH de 6.8 a 8.2, con un óptimo de 7.5 (FAO, 1994).

Salinidad/Sodicidad:

Tolera suelos salinos, incluso desarrolla adecuadamente (Velázquez; citado por Granados y Castañeda, 1996).

La salinidad del suelo a un nivel de 100 ppm, inhibe la asimilación de CO₂ y el crecimiento en un 30%. Este nivel de salinidad es común en suelos irrigados. La irrigación con agua conteniendo NaCl 60 milimolar reduce el crecimiento de la raíz en 84% y el crecimiento vegetativo en 50% (Berry y Nobel, 1985).

Ligeramente tolerante a sales (FAO, 1994).

Sensible a la salinidad. La inhibición del crecimiento es casi lineal con el contenido de sodio; 150 ppm reducen 50% la acumulación de biomasa (Nobel; citado por Nobel, 2003).

Las raíces son más afectadas que la parte aérea (Berry y Nobel; citados por Nobel, 2003).

La exposición de raíces a 100 mM NaCl durante 10 semanas reduce su crecimiento en 38 % (Nerd *et al.*; citados por Nobel, 2003).

**Fertilidad y química
del suelo:**

El Nitrógeno es el elemento más limitante, la demanda nutricional de los cladodios es del 2% de N en base seca; pero también responde a P y K; además de que deficiencias de B pueden limitar la productividad (Nobel, 2003).

CARACTERÍSTICAS DE RESPUESTA AL CAMBIO CLIMÁTICO**Respuesta a ambientes
enriquecidos de CO₂:**

Por arriba de 720 ppm de CO₂, durante más de un mes, se incrementa en un 23% el peso seco de las pencas hijas en 6 meses (Nobel y García, 1991).

Después de 4.5 meses de crecimiento a 730 μmol CO₂ mol⁻¹, plantas de nopal produjeron 37% más de cladodios hijos, y la constante de Michaelis (HCO₃⁻) para PEPCasc se redujo en 44% (Nobel *et al.*, 1996).

A 720 ppm de CO₂, habría incremento en: la absorción neta de los cladodios de dos meses (49%), en el uso eficiente del agua (55%), y en la materia seca de la parte aérea (37-40%) (Nobel, 2003).

A 720 ppm de CO₂, los cambios morfológicos que se producen son: Incremento en la longitud de tejido fotosintético (colénquimas), incremento en longitud y radio de raíces, incremento en masa específica de cladodios o pencas, aumento del grosor de las pencas y aumento de biomasa desde 21 hasta 55% (Drennan y Nobel, 2000).

Con el incremento de CO₂, disminuye la frecuencia de estomas (North *et al.*, 1995), lo cual es favorable para tolerar el ozono (Bermejo *et al.*, 2010). Por otro lado, se incrementa la asimilación de CO₂, sobre todo en los periodos de temperaturas más frescas (por la tarde, noche y muy temprano en la mañana), y se incrementa la eficiencia en el uso del agua (Drennan y Nobel, 2000).

Captura de carbono:

Por su metabolismo fotosintético, el nopal es de las plantas más eficientes al convertir el agua en materia seca; en promedio la eficiencia es tres veces más alta que en plantas C₄, y cinco veces más que en plantas C₃ (Reynolds y Arias, 2003). De acuerdo con Drennan y Nobel (2000) y Nobel (2003), bajo riego y nutrición, el potencial de producción de materia seca es de 43-50 t ha⁻¹ año⁻¹, las cuales con el factor de ajuste de C (0.47% de materia seca; Montero *et al.*, 2004), representan un secuestro de aproximadamente 20.2-23.5 t ha⁻¹ año⁻¹ de carbono. No obstante, si se considera que con 720 ppm de CO₂, la biomasa puede incrementar a 65.5 t ha⁻¹ año⁻¹ (Drennan y Nobel, 2000), habría una captura de 30.6 t ha⁻¹ año⁻¹ de C.

Por otro lado, Almaguer (2010) indica que se producen 0.271 kg m⁻² de biomasa seca mensual, lo que representa al año 32.5 t ha⁻¹, las cuales con el factor de ajuste de C, representan un secuestro de aproximadamente 15.3 t ha⁻¹ año⁻¹. Esto puede aumentar incrementando poblaciones por hectárea.

Respuesta a ozono:

En plantas CAM no hay daño por ozono a 150 ppb (Hurst *et al.*, 2004).

Especie tolerante a ozono, ya que las plantas tienen capacidad de defensa por su menor conductancia estomática debido a que abren sus estomas por la noche y a que poseen reservorio de CO₂, que también les permite cerrar estomas de día sin que ello conlleve disminución fotosintética (Nobel, 2003; Bermejo *et al.*, 2010; Mota *et al.*, 2011).

Resistencia a sequía:

Extremadamente tolerante a sequía; puede sobrevivir largos periodos bajo déficit hídrico (hasta 2-3 meses) y alcanzar niveles de producción aceptables. Su mecanismo homeostático se denomina “retraso de la desecación”, el cual se expresa mediante la asimilación nocturna de CO₂, cutículas gruesas, baja frecuencia de estomas y succulencia (Nobel, 2003; Reynolds y Arias, 2003; Pimienta *et al.*, 2007).

Alta tolerancia a sequía, por su eficiencia fotosintética: mantiene los estomas abiertos por la noche y posee reservorio de CO₂, con lo cual también puede cerrar estomas sin que ello conlleve disminución fotosintética (Mota *et al.*, 2011).

Tolerancia a altas temperaturas:

Muy tolerante a altas temperaturas (Reynolds y Arias, 2003). Extremadamente tolerante a temperaturas altas: las células del colénquima no son seriamente dañadas por la exposición de una hora a 60°C; el nopal se mantiene vivo después de una exposición de 1 hora a 65°C (Nobel, 1988). Las plantas jóvenes o recién plantadas son vulnerables al daño a 70°C (Nobel, 2003). Por su metabolismo fotosintético puede tolerar condiciones de alta temperatura (González y Cheuca, 2010; Mota *et al.*, 2011; Ulukan, 2011).

OKRA



CARACTERÍSTICAS DESCRIPTIVAS

- Nombre científico:** *Hibiscus esculentus* L. = *Abelmoschus esculentus* (L.) Moench (Guerrero, 2006; Díaz, *et al.*, 2007; Pérez, 2013).
- Nombres comunes:** Okra, chimbombo.
Bumbó, bombó o quimbombó (Díaz, *et al.*, 2007).
Gombo (Guerrero, 2006).
Ají turco, algalia, angelonia, angú, bamia, dedos de la señora, gumbo, oca, quimbombó, quingombó, verdura malva-visco y yerba de culebra molondrón (Pérez, 2013).
- Familia:** Malvaceae.
- Origen:** África tropical (González, 1984; Purseglove, 1987).
Costa de África (Guerrero, 2006).
Asia o África (Díaz, *et al.*, 2007).
- Distribución:** 45° LN a 45° LS.
En América se produce al Sur de los Estados Unidos, México, Bahamas, República Dominicana. En Centroamérica, predomina en Nicaragua (Guerrero, 2006). En México se cultiva principalmente en Tamaulipas, Michoacán, Guerrero y Morelos (Díaz, *et al.*, 2007).

Adaptación:	Regiones tropicales (González, 1984) y subtropicales con periodos cálidos por más de tres meses. Esta especie se encuentra ampliamente distribuida en las regiones tropicales (Purseglove, 1987; Rahman <i>et al.</i> , 2012). Se adapta a un amplio rango de condiciones climáticas; se cultiva con éxito en Nigeria (Akanbi <i>et al.</i> , 2010).
Ciclo de madurez:	El ciclo de crecimiento va de 50 a 180 días (FAO, 1994). En Nicaragua varía de tres a cuatro meses (Guerrero, 2006). La primera floración ocurre a los 40-52 días (Rahman <i>et al.</i> , 2012).
Tipo fotosintético:	C ₃ .

REQUERIMIENTOS CLIMÁTICOS

Altitud:	0-1500 m (Guerrero, 2006).
Fotoperíodo:	Es una planta de día corto (FAO, 1994). En fotoperíodo largo, el inicio y desarrollo de yemas florales es lento; en contraste, el contenido de carbohidratos en la planta aumenta (Arulrajah y Ormrod, 1973). Se reporta con óptimo crecimiento y floración, así como altos rendimientos tanto en días largos (12.5 horas de luz) como cortos (5.2-5.7 h) (Katung, 2007). Lo cual se debe a que es una planta facultativa, es decir, que se adapta a variaciones del ambiente (Arulrajah y Ormrod, 1973).
Radiación (Luz):	Prefiere ambientes soleados (FAO, 1994). Poca sensibilidad a exposición de rayos UV-B (Krupa y Jäger, 1996).
Temperatura:	El rango térmico de esta especie es de 16 a 35°C con un óptimo de 25°C (FAO, 1994). Dado que esta especie es esencialmente tropical, desarrolla bien en áreas tropicales de baja altura (Purseglove, 1987), donde son comunes temperaturas medias entre 24 y 29°C. Sin embargo la temperatura nocturna no debe ser inferior a 12.8°C. La mínima para germinación es 15.6°C. La temperatura óptima del suelo va de 24 a 32°C. Sensible a las bajas temperaturas, la okra tiene poco desarrollo a <15°C (Marsh, 1992). Para altos rendimientos, el óptimo es de 18-35°C (Ezeakune, citado por Katung, 2007) o bien de 25-40°C (Grubben, citado por Katung, 2007). En días cortos, produce bien a temperatura relativamente baja: máximas de 29°C y mínimas de 18-20°C (Katung, 2007). En suelo, las bajas temperaturas (<21.7°C) de febrero y marzo, afectan su emergencia (Díaz, <i>et al.</i> , 2007). La temperatura base de la okra es de 6.0°C (Badr <i>et al.</i> , 1984). Con una acumulación de 3,074 unidades calor durante el ciclo de cultivo, se producen 2.161 kg m ⁻² de okra. A una mayor acumulación de unidades calor el rendimiento disminuye (Serafín, citado por Escalante <i>et al.</i> , 2000). Considerando una temperatura base de 6°C, el requerimiento térmico de la okra es como sigue: 122 UC de siembra a emergencia; 1118 de siembra a inicio de floración,

	<p>1728 de siembra a final de floración y 2439 UC de siembra a madurez fisiológica. Al hacer cortes de fruta en una plantación de okra, el requerimiento térmico siembra-fin de floración se incrementa a 2500 UC, y el requerimiento siembra-madurez fisiológica aumenta a 3150 UC (Escalante <i>et al.</i>, 2000).</p> <p>En regímenes de temperatura diurna/nocturna de 26/20°C o inferiores, la okra se convierte en un cultivo poco productivo o de producción nula. La máxima producción de materia seca se da bajo un régimen de 32/26°C (Sionit <i>et al.</i>, 1981).</p>
Precipitación (agua):	<p>El óptimo de precipitación es de 1200 mm, con un límite inferior de 300 mm y un límite superior de 2500 mm (FAO, 1994).</p> <p>Produce bien a 750 mm (Katung, 2007).</p> <p>El coeficiente de cultivo promedio se estima en 0.85. Para una plantación sin cortes de frutos, es decir dejando que la planta complete su ciclo biológico sin interrupciones, la evapotranspiración de cultivo es de 258 mm de la siembra al final de la floración, y, de 365 mm de la siembra a la madurez fisiológica. En una plantación con cortes de frutos, estos valores se incrementan a 374 y 471 mm, respectivamente (Escalante <i>et al.</i>, 2000).</p>
Humedad relativa:	<p>Alta, de 80-95% en la estación húmeda; sin embargo en la estación seca se registran valores desde 20 a 40% de humedad relativa (Katung, 2007).</p>

REQUERIMIENTOS EDÁFICOS

Profundidad de suelo:	<p>Prospera en suelos delgados (FAO, 1994), con un espesor mayor que 50 cm.</p> <p>Prefiere suelos profundos (Guerrero, 2006).</p>
Textura:	<p>Prospera en suelos con textura pesada (FAO, 1994).</p> <p>Son favorables suelos francos-arenosos y arcillo-arenosos, adaptándose a otros tipos siempre que no sean demasiado pesados (Guerrero, 2006).</p> <p>Se adapta en diversos suelos, como los migajones arenosos en Nigeria (Katung, 2007) o los franco arcillosos en Tamaulipas, México (Díaz <i>et al.</i>, 2007). Sin embargo la okra prefiere los suelos de textura ligera.</p>
Drenaje:	<p>Puede prosperar en terrenos planos con buen drenaje, no tolera suelos húmedos (FAO, 1994; Guerrero, 2006).</p>
pH:	<p>Su rango de pH es de 4.3 a 8.7, con un óptimo de 6.4 (FAO, 1994).</p> <p>pH óptimo de 6.0 a 7.5, no tolera suelos ácidos, aunque produce en pH de 5.5 a 7 (Guerrero, 2006).</p>
Salinidad/Sodicidad:	<p>Tolera ligera salinidad (FAO, 1994).</p> <p>No tolera salinidad ni sodicidad (Guerrero, 2006).</p>

Fertilidad y química del suelo:

Los principales nutrimentos demandados por el cultivo son N-P-K-Ca y Mg (Moustakas *et al.*, 2011).

Akanbi *et al.* (2010) indican que las deficiencias de nitrógeno disminuyen la cantidad de radiación fotosintética interceptada, lo cual afecta el crecimiento del cultivo, su biomasa e índices de cosecha.

Se han detectado respuestas a aplicaciones de 112 kg ha⁻¹ de Mg (Katung, 2007).

El cultivo también es susceptible a deficiencias de Zn y Fe, que decoloran el fruto (Díaz *et al.*, 2007). No obstante, este autor señala que las hojas de okra no tienen la capacidad de asimilar altas cantidades de nutrimentos, por lo que su aplicación foliar debe obedecer a deficiencias diagnosticadas. Bajo condiciones tropicales y subtropicales, para una meta de rendimiento de 20 t ha⁻¹ de okra, los requerimientos de N-P-K, son 79-32-82 kg ha⁻¹, respectivamente (IFA, citado por Moustakas *et al.*, 2011).

Dependiendo del tipo de suelos, se han encontrado respuestas desde 50-60-0 hasta 130-80-80 de N-P-K (Katung, 2007; Akanbi *et al.*, 2010; Rahman *et al.*, 2012).

CARACTERÍSTICAS DE RESPUESTA AL CAMBIO CLIMÁTICO

Respuesta a ambientes enriquecidos de CO₂:

A temperaturas subóptimas, el enriquecimiento de CO₂ compensa los efectos adversos del enfriamiento sobre el crecimiento de la okra, de tal forma que bajo regímenes de temperatura diurna/nocturna como 20/14°C, la planta de okra puede incluso llegar a su estado de madurez, el cual normalmente no se logra en esta condición térmica (Sionit *et al.*, 1981).

Resistencia a sequía:

No tolera sequías (Guerrero, 2006).

Susceptible, según el genotipo (Katung, 2007).

Susceptible, pero con aplicación de ácido ascórbico o salicílico, la planta puede adquirir capacidad de tolerancia al estrés por sequía, (Baghizadeh y Hajmohammadrezaei, 2011). Los suelos inundados provocan que el potencial hídrico de la hoja se incremente significativamente, pero el potencial osmótico de la hoja sólo se incrementa ligeramente. Los contenidos de clorofila a y b disminuyen y la relación clorofila a/b se incrementa. La tasa de fotosíntesis neta disminuye significativamente, así como la eficiencia en el uso del agua; en tanto la conductancia estomática y la relación CO₂ intercelular/CO₂ ambiente se mantiene sin cambio (Ashraf y Arfan, 2005).

OLIVO



CARACTERÍSTICAS DESCRIPTIVAS

Nombre científico:	<i>Olea europaea</i> L.
Nombres comunes:	Olivo.
Familia:	Oleaceae.
Origen:	Chevalier y, Percy y Newberry, citados por Bartolini y Petrucelli (2002) localizaron como el centro primario de origen del olivo cultivado los países orientales del Mediterráneo, el Mar Negro y el Golfo Pérsico.
Distribución:	Latitudinalmente se localiza a los 25-30° LN y LS, pudiéndose encontrar a los 45 y 50° de LN y LS (FAO, 2000).
Adaptación:	Se adapta a climas de tipo tropical húmedo (Ar), estepa o semiárido (Bs) y subtropical con veranos secos (Cs) (FAO, 2000). Se adapta a regiones de clima mediterráneo, caracterizado por tener un verano seco y caluroso. En el hemisferio sur, el olivar se encuentra presente en latitudes tropicales con clima modificado por la altitud (Barranco <i>et al.</i> , 2008).
Ciclo de madurez:	Perenne.
Tipo fotosintético:	C ₃ .

REQUERIMIENTOS CLIMÁTICOS

Altitud:	Crece hasta los 1200 msnm (FAO, 2000).
-----------------	--

Radiación (Luz):

Crece a plena luz, aunque puede llegar a tolerar la sombra (FAO, 2000).

El punto de compensación de luz en el olivo es de $40 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$. Por debajo de este valor, el consumo respiratorio de CO_2 es mayor que la fijación fotosintética (Rallo y Cuevas, 2008).

Temperatura:

El valor mínimo que tolera esta especie es de 5°C , con valores óptimos que oscilan entre los 20 y 34°C y valores máximos de 40°C (FAO, 2000).

La temperatura óptima para fotosíntesis se sitúa entre 15 y 30°C ; por encima de 35°C comienza a ser inhibida, aunque a 40°C aún alcanza tasas fotosintéticas que equivalen al 70-80% de la normal (Rallo y Cuevas, 2008).

El olivo es más sensible al frío que otros frutales; en estado de reposo, temperaturas de 0 y -5°C causan pequeñas heridas en brotes y ramas de poca edad. Temperaturas comprendidas entre -10 y -5°C pueden causar daños mayores a brotes y ramas. Temperaturas inferiores a -10°C , pueden causar la muerte de la planta (Sibbet y Osgood, citados por Navarro y Parra, 2008).

Durante el periodo de crecimiento y maduración del fruto, temperaturas inferiores a 0°C lo dañan, mermando la producción y reduciendo la calidad del aceite obtenido. Temperaturas ligeramente inferiores a 0°C pueden causar daños graves en brotes causando la muerte de yemas y hojas tiernas; por otra parte, temperaturas bajas, ligeramente superiores a 0°C pueden afectar la floración provocando una formación incompleta de la flor (Navarro y Parra, 2008).

La temperatura crítica para aparición de daños por enfriamiento va de 8.8°C en variedades tolerantes al frío, a 13.6°C en variedades no tolerantes (Mancuso, 2000).

Precipitación (agua):

Para su desarrollo óptimo requiere de 400 a 700 mm distribuidos anualmente, aunque puede desarrollarse en regiones donde precipitan de 200 hasta 1200 mm anuales (FAO, 2000).

El olivo presenta los siguientes coeficientes de cultivo: 0.40 - 0.55 en la etapa de receso invernal, 0.60 en la etapa de floración, 0.65 en brotación, 0.65 en crecimiento vegetativo y 0.60 en la etapa de cosecha. El olivo puede llegar a requerir agua en el orden de $6,000$ a $8,000 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$. Si se utiliza riego gravitacional, la cantidad de agua a aplicar puede variar de $12,000$ a $24,000 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$; en tanto que si se utiliza riego por goteo se requerirán de $6,500$ a $10,000 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$ (Martínez y Tapia, citados por Martínez y Astorga, 2003).

Humedad relativa:

Para que la floración, polinización y cuajado de fruto ocurran exitosamente, deben prevalecer condiciones de temperatura diurna alrededor de 20°C , con una humedad relativa entre 60 y 80% . Por debajo de 50% de humedad relativa, la viabilidad del estigma se reduce a menos de tres días (Tapia *et al.*, 2003).

REQUERIMIENTOS EDÁFICOS

Profundidad de suelo:	<p>Se desarrolla óptimamente a profundidades mayores de 1.5 m, aunque se puede desarrollar en suelos someros, con profundidad de 20-50 cm (FAO, 2000).</p> <p>Son adecuados suelos con profundidad efectiva superior a 0.8 m (Tapia <i>et al.</i>, 2003).</p>
Textura:	<p>De acuerdo con Loussert y Brousse, citados por Navarro y Parra (2008), cuando se cuenta con una precipitación pluvial anual entre 300 y 600 mm, la proporción óptima de arcilla en el suelo es de 30%, mientras que cuando se tiene una cantidad de lluvia en el año de más de 600 mm, la proporción óptima de arcilla pasa a ser 20%.</p> <p>El olivo prefiere texturas con una buena capacidad de retención de agua y bastante permeables para permitir una aireación suficiente, por lo tanto le son favorables suelos francos, franco-arcillo-arenosos y arcillo-arenosos (Navarro y Parra, 2008).</p> <p>Suelos con texturas medias y ligeras (FAO, 2000).</p>
Drenaje:	<p>El olivo es muy sensible a la falta de aireación en el suelo (Navarro y Parra, 2008), por lo que requiere suelos bien drenados (FAO, 2000).</p>
pH:	<p>pH óptimo de 6 a 7, con valores extremos de 5.3 y 8.5 (FAO, 2000).</p> <p>El árbol del olivo vegeta bien en suelos que van de moderadamente ácidos a moderadamente básicos, esto es pH entre 5.5 y 8.5. Los suelos con pH inferior a 5.5 deben descartarse porque generan problemas de toxicidad por aluminio y manganeso, mientras que los suelos con pH por arriba de 8.5 también deben descartarse debido a la posibilidad de toxicidad por sodio (Navarro y Parra, 2008).</p>
Salinidad/Sodicidad:	<p>Presenta tolerancia a la salinidad. El límite de tolerancia de la conductividad eléctrica a 25°C del agua en la zona de las raíces es de 2700 $\mu\text{S cm}^{-1}$ y del agua de riego de 1800 $\mu\text{S cm}^{-1}$ (Hass y Hoffman; citados por Dorronsoro, 2001).</p> <p>Se considera un cultivo de tolerancia media a la salinidad (Aguilar, 2013).</p> <p>Se estima que la producción de aceituna puede disminuir un 10% si la conductividad eléctrica alcanza un valor de 4 dS m^{-1}, mientras que un suelo con 8 dS m^{-1} puede causar mermas severas al crecimiento y la producción del árbol de olivo (Navarro y Parra, 2008).</p>

CARACTERÍSTICAS DE RESPUESTA AL CAMBIO CLIMÁTICO

Respuesta a ambientes enriquecidos de CO₂:	<p>El olivo responde a ambientes enriquecidos de CO₂ con una mayor tasa de fotosíntesis, lo que lleva a una mayor eficiencia de transpiración instantánea; disminuye la densidad de los estomas, no muestra regulación de la fotosíntesis a nivel de la hoja (Tognetti <i>et al.</i>, 2001).</p>
--	---

Hasta la fecha se han realizado 2 experimentos para evaluar la respuesta en producción de biomasa bajo ambientes enriquecidos con 300 ppm de CO₂. El primero de ellos se realizó bajo condiciones de invernadero, en donde se evaluó la producción de biomasa de la primera temporada invernal con una respuesta de 59% de incremento, mientras que en la evaluación de la segunda temporada invernal se obtuvo un incremento de 94% en la producción de biomasa (Biel *et al.*, 2008). En el segundo experimento, realizado por Melgar *et al.* (2008), se evaluaron plantas de seis meses de edad de los cultivares “Koroneiki” y “Picual”, las cuales se cultivaron durante doce semanas más, en envases con arena fina y diferentes concentraciones de sal. Ambos cultivares reportaron un incremento del 33% en biomasa bajo concentraciones bajas de salinidad (0 mM). En el caso de alta concentración de salinidad (100 mM) el cultivar “Koroneiki” reportó un decremento en biomasa del 8%, y el cultivar “Picual” no reportó ningún cambio.

Captura de carbono:

El secuestro potencial de carbono en huertas de olivo irrigadas e intensivas se estima en 7 t CO₂ ha⁻¹ año⁻¹ (Villalobos *et al.*, 2006).

Resistencia a sequía:

Es muy resistente a la sequía, aunque el óptimo de precipitaciones se sitúa en torno a los 650 mm bien repartidos. En casos de extrema sequía se induce la producción de flores masculinas.

Bajo estrés hídrico severo se afectan los componentes no estomáticos de la fotosíntesis y ocurre una inactivación de la fotoquímica primaria asociada con el fotosistema II. La tasa de fotosíntesis disminuye (Angelopoulos *et al.*, 1996). Condiciones de estrés hídrico durante la síntesis lipídica provocan, junto con una anormalmente baja relación pulpa/hueso, una reducción de la capacidad de formación de aceite y por tanto, de su contenido graso (Lavee, citado por Rallo y Cuevas, 2008).

Tolerancia a altas temperaturas:

Puede resistir periodos secos y altas temperaturas (Valdés *et al.*, 1987).

El árbol de olivo posee mecanismos fisiológicos que le permiten disipar calor en ambientes de sequía, alta irradiación y temperatura. Estos mecanismos sin embargo, también propician una baja proporción de utilización de la luz para la realización de procesos fotoquímicos (Faria *et al.*, 1998).

ORÉGANO



CARACTERÍSTICAS DESCRIPTIVAS

Nombre científico:	<i>Lippia berlandieri</i> Schauer.
Nombres comunes:	Orégano, orégano de Castilla, salvia.
Familia:	Verbenaceae.
Origen:	México (CONABIO, 2005).
Distribución:	Zacatecas, Jalisco, Durango, Sinaloa, Coahuila y Querétaro en la República Mexicana (CONABIO, 2005). El género se distribuye desde México hasta la República Argentina (Bassols y Gumi, 1996).
Adaptación:	Climas semicálidos subhúmedos y semiáridos, templados subhúmedos, áridos y semiáridos (Martínez, 1996).
Ciclo de madurez:	Las plantas maduran a los 45 días (James <i>et al.</i> , 1984).
Tipo fotosintético:	C ₃ .

REQUERIMIENTOS CLIMÁTICOS

Altitud:	400 a 2000 m, aunque se le encuentra con mayor abundancia entre los 1400 y 1800 m (CONABIO, 2005). 1500 a 3000 msnm (CCI, 2006).
-----------------	---

Radiación (Luz):	Dado que desarrolla en laderas, el orégano puede considerarse una especie de media luz a luz completa. Requiere de alta intensidad lumínica. Tolera el sol directo (Martínez, 2007e).
Temperatura:	El orégano desarrolla entre los 5 y 28°C, las cuales pueden considerarse sus temperaturas umbrales (James <i>et al.</i> , 1984). El orégano crece de manera silvestre en zonas donde la temperatura media anual fluctúa entre los 17 y 22°C (Martínez, 1996). La temperatura óptima para germinación es de 15 a 20°C, condición bajo la cual las semillas germinan en 7 días (Martínez, 1996). Temperatura óptima de 18 a 24°C (CCI, 2006). Tolera temperaturas de 10 a 32°C. Su rango óptimo se encuentra de los 15 a 26°C (Martínez, 2007e).
Precipitación (agua):	Habita en regiones con una precipitación acumulada promedio anual de 500 a 900 mm (Martínez, 1996), aunque su requerimiento mínimo va de 450 a 500 mm de lluvia en el año (FAO, 1994). El orégano requiere poco agua, una vez establecidas las plantas (paso de plántula a planta) (James <i>et al.</i> , 1984).
Humedad relativa:	Prefiere atmósferas moderadamente húmedas. Sin embargo CCI (2006) reporta como favorable una humedad relativa del 70%.

REQUERIMIENTOS EDÁFICOS

Profundidad de suelo:	Es suficiente una profundidad del suelo de 30 cm.
Textura:	A esta especie se le ha encontrado en suelos derivados de rocas ígneas, en texturas que van desde franco arenosa a franco arcillosa. También en suelos de tipo basáltico, calizo arcilloso y rocosos o con fondos arenosos (Martínez, 1996).
Drenaje:	Requiere suelos con buen drenaje (Sibbett, 1990).
pH:	Desarrolla en terrenos con pH ligeramente ácido (Martínez, 1996). Requiere un pH de 5.5 a 6.2 (Martínez, 2007e).
Salinidad/Sodicidad:	De preferencia los suelos deben ser no salinos (CCI, 2006).
Fertilidad y química del suelo:	Los abonos orgánicos deben ser incorporados en el terreno antes de la siembra. El orégano es muy exigente en nutrientes ya que en la cosecha se recolecta toda su parte vegetativa, y la cosecha siguiente es muy cercana (CCI, 2006).

CARACTERÍSTICAS DE RESPUESTA AL CAMBIO CLIMÁTICO

Respuesta a ambientes enriquecidos de CO₂:	El desarrollo general de la planta mejora bajo niveles elevados de CO ₂ (Tisserat y Vaughn, 2001).
--	---

Captura de carbono:	Produce 3.32 t ha ⁻¹ de materia seca (Leigh y Walton, 2004). Al aplicar el factor de conversión a carbono de 0.47 (Montero <i>et al.</i> , 2004) se tiene que el orégano captura 1.560 t ha ⁻¹ de carbono.
Respuesta a ozono:	Esta especie es relativamente tolerante al ozono. Los daños que se han observado consisten en un enrojecimiento de las hojas más viejas de la planta (Fundación CEAM, 2009).
Resistencia a sequía:	Se adapta a regiones incluso con 8-9 meses sin lluvia durante el año, como sucede en la región norte del estado de Jalisco, México. Resiste condiciones de sequía que se propician en terrenos semiáridos de ladera.
Tolerancia a altas temperaturas:	Puede tolerar temperaturas por arriba de 30°C, aunque le son favorables temperaturas más frescas, ya que se adapta más bien a regiones templadas y semicálidas que cálidas y muy cálidas.

PALMA DE ACEITE



CARACTERÍSTICAS DESCRIPTIVAS

- Nombre científico:** *Elaeis guineensis* Jacq.
- Nombres comunes:** Palma de aceite, Palma africana de aceite.
- Familia:** Arecaceae; Arecoideae (Janick y Paull, 2008).
- Origen:** La región oeste y centro de África en la franja de bosque tropical lluvioso de los países de Camerún, Costa de Marfil, Ghana, Liberia, Nigeria, Sierra Leona, Togo, Sudán Zaire y El Congo (Poku, 2002; Janick y Paull, 2008).
- Distribución:** A nivel mundial la superficie plantada con palma de aceite es de 14'997,200 ha y se cultiva en las áreas tropicales de 42 países, pero solo en tres países se cultiva el 81.3% de la superficie mundial: Indonesia (33.3%), Malasia (26.7%) y Nigeria (21.3%). En América se siembra en Colombia, Ecuador, Brasil, Costa Rica, República Dominicana, Guatemala, Honduras, Nicaragua, Panamá, Paraguay, Perú, y México (FAOSTAT, 2012). En México se reporta una superficie de 54,434 ha, localizadas en Chiapas (70.8%), Veracruz (11.8%), Tabasco (10.9%) y Campeche (6.5%) (SIAP, 2012).
- Adaptación:** Se adapta a diversas zonas ecológicas dentro de la franja tropical (15° latitud norte a 5° latitud sur) en sabanas, bosques lluviosos y terrenos altos de menos de 1500 msnm (Janick y Paull, 2008).
- Ciclo de madurez:** Perenne. Tiene un periodo de vida de 200 años, pero un periodo de producción comercial 20 a 30 años (BCI, 1999). Del inicio de la floración a la madurez del fruto para cosecha, se requieren 120-200 días dependiendo del genotipo y las condiciones ambientales (Janick y Paull, 2008). La producción de racimos ocurre durante todo el año (Sandoval, 2011).

Tipo fotosintético: La ruta fotosintética de la palma de aceite es C_3 ; la tasa fotosintética a saturación de luz y temperatura óptima es de 40-50 mg CO_2 $dm^{-2} h^{-1}$; la temperatura óptima y la intensidad de la radiación para obtener la máxima tasa de fotosíntesis es de 25-30°C y 0.3-0.8 cal $cm^{-2} min^{-1}$ (Kassam *et al.*, 1991).

REQUERIMIENTOS CLIMÁTICOS

Altitud: El mejor desarrollo de la palma de aceite ocurre a bajas elevaciones, 0-500 msnm, aunque se han observado plantaciones hasta 1,500 msnm (Janick y Paull, 2008).

Radiación (Luz): Requiere al menos 5 horas diarias de sol total durante todo el año y la radiación solar debe ser al menos 12 MJ $m^{-2} día^{-1}$ (FAO, 2000; Janick y Paull, 2008).

Temperatura: La temperatura máxima óptima para el desarrollo del cultivo es de 28 a 34°C y la temperatura mínima de 21 a 24°C. Si la temperatura baja a 15°C el crecimiento de la palma se reduce (Janick y Paull, 2008).

Precipitación (agua): La palma de aceite puede desarrollarse en un rango de precipitación de 650 a 5000 mm (con suelos de buen drenaje), pero la cantidad ideal de precipitación es de 2000 a 2500 mm $año^{-1}$ distribuidos uniformemente y sin periodos de sequía (menos de 100 mm en el mes), si se presenta un severo déficit de humedad (más de 200 mm al año) hay aborto de flores y tiende a predominar la floración masculina (Janick y Paull, 2008).

Humedad relativa Debe ser de 75 a 85% (FAO, 2000; Raygadas, 2005). En condiciones no limitantes de agua, la evapotranspiración del cultivo representa el 81% de la evapotranspiración potencial (Dufrene *et al.*, 1993).

REQUERIMIENTOS EDÁFICOS

Profundidad de suelo: Se requieren suelos profundos, más de un metro de profundidad (Raygadas, 2005; Janick y Paull, 2008).

Textura: La palma de aceite se adapta a una amplia gama de texturas de suelo, pero la óptima es la franco-arcillosa. Las texturas arenosas o franco-arenosas presentan problemas de lixiviación de nutrientes y no permiten un anclaje fuerte de la planta; por otro lado, las texturas arcillosas tienen un drenaje pobre y se compactan fácilmente, características poco deseables para establecer la palma de aceite. (Janick y Paull, 2008; Raygadas, 2005).

Drenaje: Esta especie requiere suelos con buen drenaje, aunque puede tolerar inundaciones temporales y fluctuaciones del manto freático (Raygadas, 2005; Janick y Paull, 2008).

pH: Tolera suelos ligeramente ácidos y no prospera bien en suelos alcalinos; el rango de pH óptimo es de 4 a 6 (Janick y Paull, 2008).

Salinidad/Sodicidad: En términos de salinidad, suelos con $<1 \text{ dS m}^{-1}$ se consideran buenos, de $1-3 \text{ dS m}^{-1}$ regulares y de $>3 \text{ dS m}^{-1}$ se consideran marginales para el cultivo (Sandoval, 2011).

Fertilidad y química del suelo: Los requerimientos nutricionales expresados en kg palma^{-1} , con un rendimiento medio de 24 t ha^{-1} son: Nitrógeno 1.29 kg , Fósforo 0.40 kg , Potasio 2.1 y Magnesio 0.66 kg . En palmas con rendimiento de 9 t ha^{-1} las necesidades son: 1.01 , 0.32 , 0.87 y $0.63 \text{ kg palma}^{-1}$ (IFA, 1992).

CARACTERÍSTICAS DE RESPUESTA AL CAMBIO CLIMÁTICO

Respuesta a ambientes enriquecidos de CO_2 : Las concentraciones elevadas de CO_2 tienen un efecto positivo en el crecimiento de la palma de aceite. Al incrementarse el nivel de CO_2 de 400 a $1200 \mu\text{mol mol}^{-1}$ la producción de biomasa total es mayor e igual respuesta presentan el área foliar, la tasa fotosintética, la tasa relativa de crecimiento y la eficiencia en el uso del agua. La biomasa total aumenta 113% , la fotosíntesis neta 112% , la tasa neta de asimilación en 124% y la eficiencia en el uso del agua en cinco veces (Ibrahim *et al.*, 2010).

Así mismo, los altos niveles de CO_2 inducen a un aumento de los carbohidratos, principalmente el almidón más que los azúcares solubles; la producción total de flavonoides y compuestos fenólicos es mayor cuando la planta recibe altas concentraciones de CO_2 ($1200 \mu\text{mol mol}^{-1}$) en comparación con los registrados en la concentración más baja ($400 \mu\text{mol mol}^{-1}$). La actividad del antioxidante fenilalanina liasa es mayor a $1200 \mu\text{mol mol}^{-1}$ y decrece conforme disminuye la concentración de CO_2 y también se incrementa el contenido de vitamina C y el α -tocoferol. En cuanto al contenido de proteína soluble, se reduce al incrementarse el nivel de CO_2 (Ibrahim y Jaafar, 2012).

Captura de carbono: La estimación de la captura de carbono por año (bajo condiciones ecológicas óptimas) de las plantaciones de palma de aceite maduras es muy alta, sin cosechar los racimos potencialmente puede capturar $1340 \text{ g cm}^{-2} \text{ año}^{-1}$ (13.4 t C ha^{-1}), valores que son mucho más altos que los registrados en los ecosistemas forestales, esto es $150 \text{ g C m}^{-2} \text{ año}^{-1}$ (Lama-de y Bouillet, 2005).

Resistencia a sequía: La palma de aceite es una especie susceptible a la sequía, pero hay diferencia entre variedades e híbridos, algunos son más tolerantes a la falta de humedad que otros (Touran *et al.*, 2001). Para enfrentar la sequía, la planta, como otros cultivos, realiza ajustes fisiológicos que tienen como resultado final una disminución de crecimiento y producción. En respuesta a la sequía la palma de aceite reduce en las hojas el potencial hídrico y contenido de agua, además reduce el área foliar (Touran *et al.*, 2001). La reducción del área foliar se da porque el tamaño de las hojas y su tasa de expansión son menores (Barrios *et al.*, 2000; Henson *et al.*, 2005; Cheng *et al.*, 2011,) y hay menos hojas funcionales, ya que en plantas estresadas aumenta en un 30% el número de hojas dobladas o quebradas prematuramente del pecíolo y raquis (Villalobos *et al.*, 1990).

Tolerancia a altas temperaturas:

Bajo estrés por sequía, se reduce la evapotranspiración; Dufene *et al.* (1993) reportaron que en condiciones de alta disponibilidad de agua la relación transpiración/evapotranspiración es de 0.69-0.72 en comparación con 0.5 de plantas estresadas.

Villalobos *et al.* (1990) asientan que la conductividad del vapor de agua foliar disminuye significativamente bajo condiciones de estrés hídrico; esto es 0.15 cm s^{-1} contra 1.4 cm s^{-1} en plantas sin estrés.

La reducción de la evapotranspiración se da por el cierre de los estomas, en época de sequía algunas plantas sólo abren por una hora durante las primeras horas de la mañana (Rees, 1961; Villalobos *et al.*, 1990).

Otras modificaciones fisiológicas de la planta en su fisiología como respuesta a la sequía, es que el contenido de almidón disminuye y el de azúcares solubles aumenta; las plantas tolerantes a sequía acumulan más almidón en el bulbo que las plantas sensibles (Adjahossou y Vieira da Silva, 1978).

Los contenidos de prolina y glicina betanina aumentan y los de clorofila a/b disminuyen (Touran *et al.*, 2001; Touran *et al.*, 2001; Cheng *et al.*, 2011).

Bajo estrés hídrico, la arquitectura de la planta se modifica, se reduce la altura, y la relación raíz/parte aérea aumenta (Cheng *et al.*, 2011).

La falta de agua en el cultivo disminuye el rendimiento porque hay aborto de las inflorescencias, se altera la diferenciación sexual, se producen más hojas masculinas que femeninas, se retarda la floración, hay aborto de racimos, se reduce el número de racimos, y algunos no llegan a madurar; además el rendimiento de fruto por planta también se reduce (Barrios *et al.*, 2000; Mhanhmad *et al.*, 2011). El estrés por sequía disminuye el rendimiento de aceite, tanto del mesocarpio como de la almendra, y su composición de ácidos grasos cambia; el aceite del mesocarpio de plantas con déficit hídrico contiene menos ácido palmítico y mirístico y más esteárico y linoléico y el aceite de la almendra tiene más ácido oléico (Mhanhmad *et al.*, 2011).

Otro factor que merma el rendimiento es que las plantas bajo estrés hídrico tienen una menor absorción de algunos nutrimentos como el Nitrógeno y Fósforo (Cheng *et al.*, 2011). La reacción de la palma a la sequía es la de reducir la evapotranspiración, retrasando la apertura de las hojas y cerrando los estomas (Daniel, 1979).

Cuando la temperatura se incrementa de 30 a 38 °C no hay cambios en la absorción de CO_2 y la transpiración y conductividad estomática se incrementan ligeramente. En época seca del año, si las temperaturas son altas ocurre el cierre de estomas.

PAPA



CARACTERÍSTICAS DESCRIPTIVAS

Nombre científico:	<i>Solanum tuberosum</i> L.
Nombres comunes:	Papa, patata.
Familia:	Solanaceae.
Origen:	Sudamérica. Faja templada de los Andes (Benacchio, 1982; Doorenbos y Kassam, 1979; Horton, 1987).
Distribución:	70° LN a 40° LS (Benacchio, 1982).
Adaptación:	Regiones templadas o subtropicales con estación fresca (González, 1984). Regiones áridas y semiáridas con uso de riego, regiones sub húmedas y húmedas, cálidas y semicálidas, templadas y frías (Beukema y Zaag, 1990; Zaag, 1990).
Ciclo de madurez:	3-4 meses variedades tempranas, 4-5 meses variedades intermedias y 5-6 meses variedades tardías (Doorenbos y Kassam, 1979).
Tipo fotosintético:	C ₃

REQUERIMIENTOS CLIMÁTICOS

Altitud:	La papa prospera hasta elevaciones de 3000 m y varía para cada genotipo (Frére <i>et al.</i> , 1978; Aragón, 1995). 400 m (en zonas templadas) a 3000 m (en los trópicos) (Benacchio, 1982).
-----------------	---

Fotoperíodo:	Es una especie de día neutro, pero hay cultivares que se desarrollan mejor en día corto y otros que se dan mejor en día largo (Doorenbos y Kassam, 1979; Benacchio, 1982). Depende de la temperatura y de la variedad y se requieren de días de 12 a 14 horas (IAC, 1990).
Radiación (Luz):	Es demandante de radiación solar, alta radiación solar asociada con temperaturas frescas moderadas induce la fotosíntesis activa y la translocación de carbohidratos a tubérculos (Midmore, citado por Santibáñez, 1994). Después de la emergencia, el cultivo requiere abundante luz. Las condiciones óptimas de luminosidad para altos rendimientos de papa se ven afectadas por las temperaturas de la hoja y del aire. Para un mejor éxito en la producción, el cultivo requiere de 20,000 a 50,000 lux y una temperatura de la hoja de 17 a 19°C y temperatura del aire entre 20 y 23°C (IAC, 1990).
Temperatura:	La temperatura base para la iniciación del primordio foliar es de 3.6°C (Kirk <i>et al.</i> , 1985). La emergencia foliar en tallos de papa es máxima a una temperatura de 17°C y en un ambiente con esta temperatura, el requerimiento térmico de siembra a primera hoja es de 19.2 grados-día de desarrollo, sobre una temperatura base de 6°C (Cao y Tibbitts, 1995). Rango de 5-30°C, siendo la media óptima de 15.5 a 18.3°C; el óptimo para fotosíntesis es de 15-20°C. Las noches deberían ser frescas, entre 13 y 17°C. La temperatura óptima del suelo para una buena tuberización es de 17°C; las altas temperaturas del suelo (>25°C), reducen la tuberización, y, sobre 29°C este proceso prácticamente se paraliza. Responde al termoperiodismo, pero prefiere una oscilación térmica moderada (Benacchio, 1982). Requiere una temperatura media diaria de 21-33°C (Santibáñez, 1994). Su rango térmico para desarrollo es de 10 a 25°C, con un óptimo que va de 15 a 20°C. Es un cultivo sensible a las heladas y requiere temperaturas nocturnas por debajo de 15°C para una buena iniciación del tubérculo. La temperatura del suelo óptima para el desarrollo de tubérculos es de 15 a 18°C (Doorenbos y Kassam, 1979). La temperatura óptima del suelo para la emergencia va de 22 a 25°C (Midmore, citado por Santibáñez, 1994). La temperatura del suelo máxima para el crecimiento del tubérculo varía entre 25 y 30°C (Manrique, citado por Santibáñez, 1994; Reynolds y Ewing, 1989). La tuberización rara vez ocurre a temperaturas nocturnas superiores a 18°C (Manrique, citado por Santibáñez, 1994). A temperaturas mayores de 25°C, el peso del tubérculo disminuye (Reynolds y Ewing, 1989). La temperatura óptima para fotosíntesis fluctúa entre 16 y 25°C (Midmore, citado por Santibáñez, 1994). Dos semanas después de la siembra, el cultivo requiere temperaturas de 13 a 22°C; para mayor producción foliar son óptimas temperaturas de 12 a 14°C y para una mayor elongación de tallo y floración abundante se necesitan temperaturas medias

alrededor de 18°C. El desarrollo del tubérculo, que inicia aproximadamente 40 días después de la siembra, requiere temperaturas medias entre 16 y 20°. Para altos rendimientos, la papa requiere de una temperatura media entre 17 y 18°C, con máximas oscilando entre 20 y 23°C. La oscilación térmica óptima para el cultivo es entre 10 y 25°C (Beukema y Zaag, 1990; IAC, 1990).

Las altas temperaturas promueven la transpiración y la respiración nocturna, lo cual retrasa la formación del tubérculo (Wolf *et al.*, 1990).

De hecho, la translocación de carbohidratos se reduce a temperaturas mayores que 25°C (Gawronska *et al.*, 1988) y por arriba de 35°C, la elongación del tallo se detiene (Santibáñez, 1994).

Los cultivares sensibles a heladas mueren a -2°C (Li y Fennel; citados por Santibáñez, 1994).

La temperatura media anual para sitios con papa va de 3.6 a 27.8°C (media de 145 casos 12.9°C). Las papas son un cultivo de clima frío; la temperatura óptima de crecimiento está entre 15 y 20°C para la mayoría de cultivares. El crecimiento de tubérculos es mejor a temperatura de suelo de 17/20°C, generalmente sin tubérculos formados por encima de 32°C (Duke, citado por Purdue University, 2011a).

La producción de papa sin limitantes térmicas o temperatura óptima va de 15 a 24°C, con limitantes térmicas moderadas de 8 a 15°C y 24 a 30°C, con valores de temperatura en los cuales la producción de papa no es rentable es menor a 8°C y superior a 30°C (Verheye, 2009).

La temperatura de congelación para la papa es de -0.9°C. Las temperaturas críticas que dañan el cultivo en germinación, floración y fructificación son: -2 a -3°C, -1 a -2°C y -1 a -2°C, respectivamente (FAO, 2010).

Precipitación (agua):

Se cultiva predominantemente bajo riego. Sin embargo puede prosperar en temporal, siempre que las temperaturas sean adecuadas y que la precipitación esté bien distribuida durante el ciclo de cultivo (Benacchio, 1982).

Las necesidades de agua durante el periodo vegetativo van de 500 a 700 mm. En condiciones de evapotranspiración de 5 a 6 mm/día, el efecto del agotamiento del agua del suelo sobre el rendimiento es mínimo hasta en un nivel de 25%, por arriba de éste, comienza a advertirse dicho efecto (Doo-renbos y Kassam, 1979).

400-1000 mm bien distribuidos durante el ciclo del cultivo (Frère *et al.*, 1978; Weisz *et al.*, 1994).

En regiones temporales, son suficientes de 1000 a 1200 mm para el logro de una buena cosecha. La papa no tolera sequía y el periodo más crítico por requerimiento de agua es desde el inicio de la formación de los tubérculos hasta la floración. Se debe procurar que la disponibilidad de humedad no descienda del 50% de la capacidad de campo (Benacchio, 1982).

Se produce en ambiente con precipitación anual de 90 a 4,100 mm (media de 145 casos = 930 mm). Tensiones de humedad del suelo entre 40 y 60 centibares parecen producir los mejores rendimientos (Duke, citado por Purdue University, 2011a).

La lluvia efectiva en el periodo de crecimiento (100 a 150 días) para la producción de papa en condiciones óptimas es de 500 a 700 mm, para condiciones medias de 350 a 500 mm y 700 a 1,000 mm, la precipitación en el periodo de crecimiento donde la producción de papa no es rentable es menor a 350 mm y superior a 1,000 (Verheye, 2009).

El reporte de consumo de agua por la papa con una producción de 5.8 ton ha⁻¹, es de 820 mm en ciclo, en cambio para una producción de 5.56 ton ha⁻¹ el consumo de agua fue de 630 mm (Shalhevet *et al.*, 1981).

Para plantas con una altura promedio de 60 cm, el coeficiente de cultivo (Kc) para las etapas inicial, intermedia y final de desarrollo, es 0.5, 1.15 y 0.75, respectivamente (Allen *et al.*, 2006).

Humedad relativa:

Prefiere una atmósfera relativamente húmeda (Benacchio, 1982).

Alta humedad ambiental favorece el crecimiento del tubérculo (Santibáñez, 1994).

Las condiciones de conservación en cámara frigorífica son 2 a 10°C y 90% de humedad relativa (Yuste, 1997a).

REQUERIMIENTOS EDÁFICOS

Profundidad de suelo:

>50 cm (Benacchio, 1982)

Requiere suelos con profundidad mayor que 30 cm (IAC, 1990).

El 70% de la absorción total de agua tiene lugar en los primeros 30 cm de suelo y el 100% en los primeros 40-60 cm (Doorenbos y Kassam, 1979).

El crecimiento radical de la papa alcanza de 60 a 70 cm de profundidad (Shalhevet *et al.*, 1981).

Los principales tipos de suelos donde se tienen condiciones óptimas de producción son: Regosol (eútrico, dístrico), Arenosol (cámbico), Andosol (ótrico, mólico, húmico), Castañozem (háplico, lúvico), Feozem (háplico, lúvico), Cambisol (eútrico, dístrico, háplico), Luvisol (ótrico, crómico) y Ferralsol (IAC, 1990).

Textura:

Prefiere suelos francos, franco-arcillo-limosos, preferentemente no calcáreos (Benacchio, 1982).

Las texturas del suelo más adecuadas para la papa son: franca, migajón, arcillo-limosa y franco-arenosa.

La papa se produce en una amplia variedad de suelos como limos, arena, arcillo limosos, limosos y turbas (Duke, citado por Purdue University, 2011a).

La papa crece en la mayoría de los suelos, pero donde la recolección es mecánica los suelos ligeros y con cuerpo medio causan menos dificultad en la cosecha cuando las condiciones meteorológicas son adversas (IFA, 1992).

Drenaje:

Requiere suelos bien aireados, porosos y con buen drenaje (Doorenbos y Kassam, 1979).

pH:	<p>El óptimo va de 4.8 a 5.6 (Ignatieff; citado por Moreno, 1992).</p> <p>4.8 a 7.0, siendo el óptimo 5.5 a 6.0. Tolera la acidez por encima de un pH de 4.5 (Benacchio, 1982).</p> <p>Rango 4.8-7.0 (IAC, Spurway, Ojeda; citados por Vázquez, 1996).</p> <p>pH de 4.2 a 8.2 (media de 122 casos = 6.2) (Duke, citado por Purdue University, 2011a).</p> <p>El requerimiento mínimo de pH es de 5.5, pero por debajo de 4.8 el crecimiento se ve perjudicado (IFA, 1992).</p>
Salinidad/Sodicidad:	<p>Es moderadamente tolerante a la salinidad (Benacchio, 1982).</p> <p>Es moderadamente sensible a la salinidad del suelo, con la siguiente disminución del rendimiento para distintos niveles de C. E.: 0% para 1.7 dS m⁻¹; 10% para 2.5 dS m⁻¹; 25% para 3.8 dS m⁻¹; 50% para 5.9 dS m⁻¹ y 100% para 10 dS m⁻¹ (Doo-renbos y Kassam, 1979; Ayers y Westcot, 1985).</p> <p>Condiciones alcalinas pueden afectar negativamente la calidad de la piel de la papa y suelos altamente alcalinos pueden inducir deficiencias de micronutrientes (IFA, 1992).</p>
Fertilidad y química del suelo:	<p>El requerimiento promedio (kg) de N, P₂O₅, K₂O, MgO, CaO, S y Cl por tonelada de tubérculo es el siguiente: 3.4, 0.8, 5.4, 0.4, 0.6, 0.3 y 0.6, respectivamente (IFA, 1992).</p>

CARACTERÍSTICAS DE RESPUESTA AL CAMBIO CLIMÁTICO

Respuesta a ambientes enriquecidos de CO₂:	<p>A una concentración de CO₂ de 720 μmol mol⁻¹ (el doble de la concentración ambiente) por 30 días, la conductancia estomática se reduce 59% en comparación con plantas a concentración de CO₂ ambiente; sin embargo, esta reducción no limita la proporción de fotosíntesis neta, la cual se incrementa 53%. La tasa de transpiración se reduce 16% y la producción de biomasa seca total se incrementa 36%, en tanto el rendimiento se incrementa 40% (Olivo <i>et al.</i>, 2002).</p> <p>Una condición de elevado CO₂ (740 mmol mol⁻¹) favorece tasas fotosintéticas más elevadas, resultando en una mayor eficiencia del uso de la luz y una mayor producción de biomasa seca, en comparación con una concentración de CO₂ ambiente (370 mmol mol⁻¹). La eficiencia en el uso del agua se incrementa ante la presencia de estrés hídrico en 4.9 g de materia seca L⁻¹, y en presencia de estrés hídrico y CO₂ elevado se incrementa en 9.3 g de materia seca L⁻¹ (Fleisher <i>et al.</i>, 2008).</p> <p>Los tratamientos de 550 y 680 μmol mol⁻¹ CO₂ no son significativamente diferentes en sus efectos sobre el crecimiento y producción de la papa, lo que sugiere la existencia de un tope en la influencia benéfica del carbono elevado (Lawson <i>et al.</i>, 2001).</p>
--	---

El rendimiento de tubérculos se incrementa 30% tanto en plantas transgénicas como en plantas tipo silvestre cuando la concentración de CO₂ pasa de 400 a 1000 μbar. En tanto el proceso de aclimatación de la planta de papa a la condición de CO₂ elevado es el resultado de un desarrollo acelerado más que de la acumulación de carbohidratos causante de una regulación de la fotosíntesis hacia la baja (Kauder *et al.*, 2000).

Respuesta a ozono:

La exposición del cultivo a 50 nmol mol⁻¹ O₃ durante 8 h día⁻¹ en el ciclo de producción, redujo la materia seca aérea a la cosecha en 8.4%, sin embargo, no redujo el rendimiento de tubérculos (Lawson *et al.*, 2001).

Resistencia a sequía:

La papa es sensible a la sequía, ya que se presentan reducciones en rendimiento aún a niveles moderados de estrés hídrico (Jefferies and Mackerron, 1987; Jefferies, 1993).

Tolerancia a altas temperaturas:

No se considera una especie tolerante a altas temperaturas. Si la temperatura es demasiado elevada, afecta a la formación de los tubérculos. La translocación de carbohidratos se reduce a temperaturas mayores que 25°C (Gawronska *et al.*, 1988) y por arriba de 35°C, la elongación del tallo se detiene (Santibáñez, 1994).

PAPAYA



CARACTERÍSTICAS DESCRIPTIVAS

Nombre científico:	<i>Carica papaya</i> L.
Nombres comunes:	Papaya, Lechosa.
Familia:	Caricaceae.
Origen:	México (González, 1984). Sur de México y Costa Rica (Purseglove, 1987).
Distribución:	32°LN a 32°LS (Purseglove, 1987).
Adaptación:	Regiones tropicales (González, 1984).
Ciclo de madurez:	Perenne.
Tipo fotosintético:	C ₃ .

REQUERIMIENTOS CLIMÁTICOS

Altitud:	0-600m (Benacchio, 1982). En regiones cercanas al Ecuador se puede cultivar hasta los 1500 m de altura (Purseglove, 1987). Preferentemente debe cultivarse a alturas inferiores a los 1000 m (Díaz <i>et al.</i> , 2002).
Fotoperíodo:	El fotoperíodo no tiene influencia en la inducción de la floración. La inducción floral está controlada genéticamente y ocurre cuando se ha alcanzado la etapa apropiada de desarrollo (Storey, 1985). Se considera una planta de día neutro (FAO, 1994). No se reportan efectos del fotoperíodo en el crecimiento del árbol (Nakasone y Paull, 1998).

Radiación (Luz):	<p>Requiere alta insolación, la intensidad óptima de luz es 32.3-86.1 klux (Baradas, 1994). Prefiere áreas soleadas (Purseglove, 1987). La papaya tiene un punto de saturación alto del orden de 1,000 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, equivalente a 800 W m^{-2}, el cual soporta el rápido desarrollo del cultivo en áreas abiertas a la agricultura, expuesta a luz directa (Nakasone y Paull, 1998).</p>
Temperatura:	<p>Rango 15-35°C, con un óptimo para fotosíntesis de 25-30°C (Benacchio, 1982). La temperatura mínima para un crecimiento satisfactorio es 15°C. Temperaturas inferiores inhiben el desarrollo de los botones florales y causan la abscisión de flores (Samson, citado por Storey, 1985). Requiere una temperatura media diaria de 21-33°C (Baradas, 1994). A 0°C se presentan fuertes daños al follaje; a -2°C los frutos se dañan considerablemente y a -4°C la planta muere (Morin, 1967). Plantaciones bien establecidas y adecuadamente irrigadas pueden tolerar temperaturas tan bajas como 0°C y tan altas como 45°C (Wolfe y Lynch; citados por Storey, 1985). Las temperaturas óptimas para floración y producción de frutos están entre 22 y 26°C (Samson, citado por Storey, 1985). La temperatura de congelación para la fruta de la papaya es de -0.9°C (FAO, 2010). La temperatura óptima para crecimiento está entre 21 y 33°C. Es extremadamente sensible a las heladas y bajas temperaturas. Si la temperatura nocturna cae debajo de 12 a 14°C por muchas horas, el crecimiento y producción es severamente afectado. Cultivares deciduos son más adecuados para bajas temperaturas (< 20°C) (Nakasone y Paull, 1998). Una breve exposición a -0.56°C es perjudicial; el frío prolongado sin aspersión aérea mata las plantas (Morton, 1987).</p>
Precipitación (agua):	<p>Requiere 1,200 mm anuales o más, siendo las etapas críticas la floración y la fructificación (Baradas, 1994). Requiere de 800 a 2,000 mm anuales y no tolera largos periodos de sequía (Benacchio, 1982). En regiones secas, en ocasiones se cultiva bajo riego (Purseglove, 1987). Crece bien sin riego suplementario si la lluvia mínima mensual es de 100 mm, situación que raramente ocurre, por lo que debe complementarse con riego. Periodos con sequía conducen al rápido desprendimiento de las hojas más viejas y pobre amarre de fruto (Nakasone y Paull, 1998).</p>
Humedad relativa:	<p>La humedad relativa mínima es de 60% para crecimiento óptimo (Nakasone y Paull, 1998).</p>

REQUERIMIENTOS EDÁFICOS

Profundidad de suelo:	<p>Requiere suelos de moderada profundidad (>80cm). Requiere suelos profundos (FAO, 1994).</p>
------------------------------	--

Textura:	Suelos francos, franco-arcillosos, ricos en MO (Benacchio, 1982). Le son favorables los suelos de textura media (FAO, 1994). Mientras se produce mejor en ligeros, porosos suelos ricos en materia orgánica, la planta crecerá en caliza escarificada, marga o varios otros suelos si se da una atención adecuada (Morton, 1987).
Drenaje:	Requiere suelos con drenaje excelente (FAO, 1994). No puede soportar inundaciones (Purseglove, 1987). Con cinco días de inundación se genera abscisión de hojas completamente expuestas, precedidas por clorosis (Nakasone y Paull, 1998). Necesita abundante precipitación o riego pero debe tener buen drenaje. Inundaciones durante 48 horas son fatales (Morton, 1987).
pH:	Desarrolla bajo un rango de pH de 5.0 a 8.0 (Benacchio, 1982). Prefiere un pH entre 6.0 y 6.5 (Purseglove, 1987). El rango de pH para esta especie está entre 6.0 y 7.0, con un óptimo de 6.5 (FAO, 1994). El pH va de 5 a 7, con un óptimo de 5.5 a 6.5. Con pH debajo de 5, el crecimiento de las plántulas es pobre y con alta mortalidad. Suelo con pH de 5 a 5.5, la aplicación de cal incrementa el crecimiento y rendimiento (Nakasone y Paull, 1998). El pH óptimo oscila entre 5.5 y 6.7 (Morton, 1987).
Salinidad/Sodicidad:	Presenta ligera tolerancia a la salinidad (FAO, 1994). Suelos demasiado ácidos se corrigen trabajando en cal a una tasa de 2.4 a 4.8 t ha ⁻¹ (Morton, 1987). La papaya se clasifica como una planta extremadamente sensible a moderadamente tolerante a la salinidad, especialmente en la germinación (Nakasone y Paull, 1998).
Fertilidad y química del suelo:	Los rangos de suficiencia de nutrimentos en papayo son los siguientes: N 1.01-2.5%, P 0.22-0.4%, K 3.3-5.5%, Ca 1-3%, Mg 0.4-1.2%, Fe 25-100 ppm, Mn 20-150 ppm, B 20-30 ppm, Cu 4-10 ppm, Zn 15-40 ppm (Chirinos, 1999).

CARACTERÍSTICAS DE RESPUESTA AL CAMBIO CLIMÁTICO

Captura de carbono:	Tiene una producción de materia seca de 3.7 t ha ⁻¹ (Malavolta, 1980). Con la aplicación del factor de conversión materia seca a carbono de 0.47 (Montero <i>et al.</i> , 2004), esta producción se traduce en 1.739 t ha ⁻¹ de carbono capturado.
Resistencia a sequía:	Periodos con sequía conducen al rápido desprendimiento de las hojas más viejas y pobre amarre de fruto (Nakasone y Paull, 1998). Cuando las plantas están sujetas a estrés hídrico y experimentan un descenso significativo en el flujo de fotones fotosintéticos (2000 a 325 mmol m ⁻² s ⁻¹), la conductancia estomática descende en gran magnitud, y la asimilación de CO ₂ como la misma conductancia estomática se recuperan

Tolerancia a altas temperaturas:

lentamente cuando la disponibilidad de flujo de fotones fotosintéticos vuelve a ser alta; lo que no sucede con plantas bien hidratadas, las cuales responden rápidamente al estímulo de la reaparición de un flujo alto de fotones fotosintéticos. La eficiencia en el uso del agua también disminuye a un mínimo en plantas de papaya, inmediatamente después de que el flujo de fotones fotosintéticos pasa de un régimen alto ($2000 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) a uno bajo ($325 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$). Sin embargo este parámetro se recupera más rápidamente en plantas bajo estrés hídrico, cuando el flujo de fotones fotosintéticos se incrementa de nuevo (Clemente y Marler, 1996).

Cuando la temperatura en verano es superior a los 33°C , las plantas hermafroditas muestran esterilidad femenina, debido a la atrofia del ovario; por lo que el fruto no se desarrolla (Díaz *et al.*, 2002).

La exposición de fruta madura ya sea a 42°C por 4 h ó $38-42^\circ\text{C}$ por 1 h, seguida por 3 h a 22°C , resulta en el desarrollo de termotolerancia a una condición de 49°C por 70 minutos (Paull y Chen, 1990).

PEPINO



CARACTERÍSTICAS DESCRIPTIVAS

- Nombre científico:** *Cucumis sativus* L.
- Nombres comunes:** Pepino, pepinos de ensalada, cohombro, cogombro, alpicoz. En Francia: Concombre; España: Pepino; Italia: Cetriolo; Alemania: Gurke (Wichmann, 1992).
- Familia:** Cucurbitaceae.
- Origen:** Sur de Asia (González, 1984). Originario de Asia, en particular de la India (Krístková *et al.*, 2003; FAO, 2006a; Sebastian *et al.*, 2010).
- Distribución:** 55°LN a 55°LS (Benacchio, 1982). Amplia gama geográfica, desde los 50°LN y 30°LS (CONABIO, 2006). Se cultiva prácticamente en todo el mundo: México, España, Jordania, Estados Unidos, Malasia, Bélgica-Luxemburgo, Grecia, Canadá, Alemania (FAO, 2006a). África, Asia, Australia (Sebastian *et al.*, 2010).
- Adaptación:** Regiones subtropicales y templadas (González, 1984). En climas cálidos y no demasiado fríos (CONABIO, 2006).
- Ciclo de madurez:** 40-45 días (Benacchio, 1982). 80-90 días. En regiones tropicales, 45-55 días a primer corte (Wichmann, 1992). Los primeros cortes inician de 45 a 70 días según la variedad y el ambiente (Sirohi *et al.*, 2005). De manera que su ciclo varía de 60 a 90 días (FAO, 2006a).
- Tipo fotosintético:** C₃.

REQUERIMIENTOS CLIMÁTICOS

Altitud:	0-1600 m (Benacchio, 1982).
Fotoperíodo:	Especie de día neutro (Benacchio, 1982). No es muy sensible a los cambios de duración del día (Baradas, 1994). Se adapta a diferentes condiciones de fotoperíodo (FAO, 2006a).
Radiación (Luz):	Requiere de moderada a alta insolación. Los días nublados favorecen la presencia de enfermedades. Adaptación a diferentes condiciones de iluminación. Crece, florece y fructifica con normalidad incluso en días cortos (<12 horas de luz). También soporta elevadas intensidades luminosas (FAO, 2006a). A mayor cantidad de radiación solar, mayor es la producción (Wichmann, 1992; CONABIO, 2006).
Temperatura:	Rango 10-35°C, con una media óptima entre 20 y 25°C. Para una buena germinación la temperatura debe ser superior a 21°C (Benacchio, 1982). Óptima nocturna de 18°C y diurna de 28°C (Wichmann, 1992). Temperatura media óptima de 18 a 25°C con máxima de 32°C y mínima de 10°C, no resiste las heladas (FAO, 2006a). Temperaturas nocturnas iguales o inferiores a 17°C ocasionan malformaciones en hojas y frutos. El umbral mínimo crítico nocturno es de 12°C; en tanto que a 1°C se produce la helada de la planta (CONABIO, 2006). Para la germinación la temperatura mínima, óptima y máxima son 12, 30 y 35°C, respectivamente. La temperatura de congelación es de -1°C y la temperatura de crecimiento cero es de 10-12°C; mientras que las temperaturas óptimas diurna y nocturna para crecimiento son 20-25°C y 18°C, respectivamente. El mínimo y el óptimo para temperatura del suelo son 12 y 18-20°C (Yuste, 1997a).
Precipitación (agua):	300 mm por ciclo de cultivo. La sequía durante la floración puede causar la no viabilidad del polen y daños al gineceo (Baradas, 1994). Se cultiva preferentemente bajo riego; en temporal suelen ser adecuados 900 a 1200 mm (Benacchio, 1982). Para plantas con una altura promedio de 30 cm y para cosecha en fresco, el coeficiente de cultivo (Kc) para las etapas inicial, intermedia y final es 0.6, 1.00 y 0.75, respectivamente. Para cosechado a máquina los valores de Kc son 0.5, 1 y 0.9 (Allen <i>et al.</i> , 2006).
Humedad relativa:	Requiere condiciones intermedias de humedad ambiental (Yuste, 1997a). 60-70% durante el día y 70-90% en la noche. Excesos de humedad durante el día pueden reducir la producción, al disminuir la transpiración y en consecuencia la fotosíntesis (CONABIO, 2006). Las condiciones de conservación en cámara frigorífica son 7 a 10°C y 90% de humedad relativa (Yuste, 1997a).

REQUERIMIENTOS EDÁFICOS

Profundidad de suelo:	Requiere suelos medianamente profundos (Benacchio, 1982), de por lo menos 60 cm (INIFAP, 1994).
Textura:	Prefiere suelos francos, franco-arenosos o franco-arcillo-arenosos (Benacchio, 1982). En suelos arenosos del trópico, produce temprano (Wichmann, 1992). Se desarrolla bien en todos los suelos, pero prefiere suelos fértiles de textura ligera a media (FAO, 2006a).
Drenaje:	Requiere suelos con buen drenaje, ya que no tolera encharcamientos (Benacchio, 1982; Wichmann, 1992; FAO, 1994).
pH:	5.5 a 6.8 (Benacchio, 1982). El pH óptimo está entre 6.0 y 7.2 (Yuste, 1997a). El rango de pH para esta especie está entre 5.5 y 7.5, con un óptimo alrededor de 7.0 (FAO, 1994; Castellanos <i>et al.</i> , 2000). Es preferente un suelo no muy ácido, siendo el óptimo 6.0-6.8 (CONABIO, 2006).
Salinidad/Sodicidad:	Es una especie que no tolera salinidad (Benacchio, 1982; Wichmann, 1992). La disminución de rendimiento debida a la salinidad es la siguiente: 0% para una conductividad eléctrica de 2.5 dS m ⁻¹ ; 10% para 3.3 dS m ⁻¹ ; 25% para 4.4 dS m ⁻¹ ; 50% para 6.3 dS m ⁻¹ y 100% para 10 dS m ⁻¹ (Doorenbos y Kassam, 1979; Ayers y Westcot, 1985). Tolera salinidad por debajo de 2 dS m ⁻¹ . Cuando la conductividad eléctrica es de 3 a 4 dS m ⁻¹ el rendimiento disminuye 6%; a 4-5 dS m ⁻¹ el rendimiento disminuye 19%; mientras que a más de 5 dS m ⁻¹ el rendimiento disminuye 32% (Castellanos <i>et al.</i> , 2000). Moderadamente sensible (Sánchez, 2001).
Fertilidad y química del suelo:	Sensible a deficiencias de N y Mg; además responde a Cu, Fe y Mn (Wichmann, 1992). Los requerimientos nutrimentales por hectárea para producir 1 tonelada de fruto de pepino son: 3.0-1.0-8.5 kg ha ⁻¹ de N-P ₂ O ₅ -K ₂ O ₃ ; además es poco tolerante a B (de 1 a 2 mg L ⁻¹) (Castellanos <i>et al.</i> , 2000).

CARACTERÍSTICAS DE RESPUESTA AL CAMBIO CLIMÁTICO

Respuesta a ambientes enriquecidos de CO₂:	Sensible: Bajo invernadero y cámara controlada muestra durante toda la temporada, disminución en sus diferentes parámetros de biomasa, lo que se traduce en menos peso (Krupa y Kickert, 1989). No obstante, se reporta un incremento en peso seco de raíz, a 1300 ppm de CO ₂ (Rogers <i>et al.</i> , 1994). Se comporta de excelente manera cuando se cultiva en áreas con ambiente enriquecido de CO ₂ (500-900 ppm). Por arriba de las 900 ppm se producen daños debido al cierre de los estomas, que cesan la fotosíntesis y pueden originar quemaduras (FAO, 2006a; CONABIO, 2006).
--	--

Captura de carbono:	De acuerdo a datos de invernadero y su relación de producción respecto a campo (3.2:1.0), se producen aproximadamente 4.8 t ha ⁻¹ de biomasa a campo abierto (Barraza, 2012), lo cual indica que el cultivo tiene bajo nivel de secuestro de carbono. Además, por su metabolismo de fijación de CO ₂ , bajo estrés ambiental, la planta reduce la captura de carbono (Martínez <i>et al.</i> , 2009; Mota <i>et al.</i> , 2011).
Respuesta a ozono:	Sensibilidad intermedia en peso seco, bajo exposición de 1-8 h de ozono, e intermedia en disminución del rendimiento a concentraciones de 1 ppm bajo 25°C y 1 atmósfera de presión, durante 7 h (Krupa y Kickert, 1989).
Respuesta a radiación UV-B:	Sensible: se inhibe el crecimiento, disminuye biomasa, produce lesiones cloróticas en las hojas y reduce la cantidad total de pigmentos fotosintéticos (Tapia <i>et al.</i> , 2010).
Resistencia a sequía:	Susceptible. Requiere mucha humedad, bajo sequía se producen frutos pequeños y deformes (Sirohi <i>et al.</i> , 2005).
Tolerancia a altas temperaturas:	Sensible. A temperaturas durante el día > 25-30°C, la producción es precoz. Por encima de los 30°C se observan desequilibrios en las plantas, que afectan directamente a los procesos de fotosíntesis y respiración (CONABIO, 2006; Yang <i>et al.</i> , 2010).

PERA



CARACTERÍSTICAS DESCRIPTIVAS

Nombre científico:	<i>Pyrus communis</i> L.
Nombres comunes:	Pera, peral.
Familia:	Rosaceae.
Origen:	Sureste de Europa (Westwood, 1978). Oeste de Asia, alrededor del Mar Caspio (Santibáñez, 1994).
Distribución:	30° a 55°LN y LS. China y la Unión Europea son los principales productores.
Adaptación:	Regiones templadas y frías.
Ciclo de madurez:	Perenne.
Tipo fotosintético:	C ₃ .

REQUERIMIENTOS CLIMÁTICOS

Altitud:	Más de 2000 m en los subtrópicos.
-----------------	-----------------------------------

Fotoperíodo:	Se considera una planta de día neutro (FAO, 1994). La suspensión del crecimiento y la inducción al letargo en pera no son influidos por el fotoperíodo, mientras que la baja temperatura (<12°C) induce ambos procesos independientemente de las condiciones fotoperiódicas. Es importante mencionar que en temperaturas arriba de 9°C, la longitud de entrenudos fue estimulada significativamente por fotoperíodos largos, los cuales correspondieron a tratamientos de 24 horas-luz (Heide y Presturd, 2005).
Radiación (Luz):	Requiere de moderada a alta insolación. Los días nublados favorecen la presencia de enfermedades.
Temperatura:	<p>Temperaturas por arriba de 27°C reducen el rendimiento del peral, acentuándose significativamente este daño a 32°C. Si este tipo de temperaturas ocurren de 1 a 5 días después de que se completa la floración, la pérdida en rendimiento es lo mayor posible (Lambert y Linck, 1958).</p> <p>Del mismo lugar de origen que la manzana, la pera posee una fisiología similar a este otro frutal. Las zonas óptimas para peral tienen veranos ligeramente más cálidos e inviernos un poco menos intensos que los de las zonas para manzano. En general, los requerimientos de frío de esta especie se consideran altos, entre 450 y 900 HF, según Díaz (1987) y entre 600 y 1500, según Yuste (1997b), pero en términos promedio ligeramente inferiores a los cultivares de manzano (Santibáñez, 1994). Algunos cultivares y sus requerimientos de frío son: Kieffer 500, Pineapple 500, Seckel 850 y Bartlett 900 (Díaz, 1987). Temperaturas entre -3 y -5°C eliminan más del 50% de flores o frutos pequeños. (Chandler, citado por Santibáñez, 1994). La temperatura media óptima durante el periodo estival va de 20 a 25°C (Yuste, 1997b). Altas temperaturas durante el verano (>38°C) incrementan el sabor en las variedades Bartlett, mientras que las variedades Bosc ganan sabor en veranos más frescos (Chandler, citado por Santibáñez, 1994). Noches frescas (T<10°C) en las semanas previas a la cosecha, inducen la maduración prematura en las variedades William, disminuyendo la calidad del fruto (Childers, citado por Santibáñez, 1994). El clima más adecuado para el crecimiento del peral está caracterizado por inviernos con suficiente frío invernal, pocas heladas tardías y primaveras y veranos soleados con temperaturas no muy elevadas. Florece a 7°C y resiste temperaturas de -18°C a -20°C y hasta -40°C en pleno reposo invernal. Prefiere las situaciones aireadas de las grandes llanuras. Los perales requieren cerca de 900 a 1000 horas de frío, por debajo de 7.2°C durante el invierno para salir de su reposo (ITESCAM, 2013).</p>

- Precipitación (agua):** Se considera una especie sensible a la sequía, por lo que precisa del riego para su cultivo (Yuste, 1997b). La mayoría de las plantaciones de perales están en regadío. El peral necesita para su buen desarrollo y producción una cantidad de 700 a 800 mm de agua, especialmente sin déficit en los meses de verano, previos a la recolección, suministrados por la lluvia o por riego (ITESCAM, 2013). De acuerdo con Allen *et al.* (2006), para plantas con una altura promedio de 4 m, antes de perder la hoja, en huertos sin cobertura vegetal y con presencia de heladas, los coeficientes de cultivo para las etapas inicial, intermedia y final de desarrollo, son 0.45, 0.95 y 0.7, respectivamente. En tanto que bajo las mismas condiciones pero sin presencia de heladas los Kc son 0.6, 0.95 y 0.75. Para el caso de huertas con cobertura vegetal y con presencia de heladas, los Kc varían a valores de 0.5, 1.2 y 0.95 mientras que en huertas con cobertura vegetal y sin presencia de heladas, los Kc son 0.8, 1.2 y 0.85.
- Humedad relativa:** Requiere condiciones medias de humedad ambiental.

REQUERIMIENTOS EDÁFICOS

- Profundidad de suelo:** Requiere suelos profundos, aunque este requerimiento puede variar dependiendo del portainjerto que se utilice (Yuste, 1997b). La profundidad de suelo debe ser de 1.8 m o más (Teskey y Shoemaker, 1972). Los árboles y arbustos generalmente crecen mejor en suelos profundos, aireados, arenosos, bien drenados o francos de aluvión. Los árboles necesitan suelos profundos (con una profundidad entre 1 a 2 metros), y no se desarrollan en suelos con capas freáticas altas (CF, 2008).
- Textura:** Prefiere suelos de textura media, aunque puede desarrollarse en suelos de textura con tendencia arcillosa (Yuste, 1997b). Prefiere los suelos limosos con buen drenaje (Teskey y Shoemaker, 1972). Es un frutal exigente en suelo. Sólo prospera bien en las tierras limosas y silíceo-arcillosas, sanas y permeables. El exceso de cal activa le predispone a la clorosis si se injerta sobre membrillero, no aguantando más del 8-10 %; sobre suelo franco resiste hasta el 20-25 %, pero es preferible que no llegue a estos límites.
- Drenaje:** Huertas localizadas en laderas de montañas o colinas con una pendiente moderada, tienen las mejores condiciones, ya que en las partes bajas de los valles o en terrenos planos se pueden presentar daños por heladas (Teskey y Shoemaker, 1972).

pH:	Desarrolla adecuadamente en un rango de pH que va de 5.8 a 7.1, con un mínimo de tolerancia de 5.6 (Yuste, 1997b). El mejor rango de pH es 5.5 a 6.5 pero en algunas circunstancias puede crecer en rangos de pH entre 4.5 y 8.0 (Golcher, 2008).
Salinidad/Sodicidad:	Es una especie que presenta baja tolerancia a la salinidad (Gostinçar, 1997). Sufre daños a concentraciones menores a 0.5 g L ⁻¹ de NaCl (Yuste, 1997b). No tolera suelos calichosos (Yuste, 1997b). Los árboles de pera pueden tolerar una sodicidad (pH _s) de entre 8.2 y 9.0 localizada a una profundidad del suelo de 0-1.2 m (Singh y Dagar, 2009).
Fertilidad y química del suelo:	<p>Chávez y Arata (2009) recomiendan la siguiente dosis de fertilizantes:</p> <p>Estiércol: 50 kg. Nitrógeno, en la forma de Nitrato de Amonio: 1.0 kg. Fósforo y Amonio, en la forma de Fosfato diamónico: 1.0 kg. Potasio, en forma de Sulfato de Potasio: 750 g. Boro: 200 g.</p> <p>Las experiencias prácticas señalan que es mejor aplicar los fertilizantes en dos momentos para que las plantas los aprovechen mejor. El primer momento se da entre los meses de julio y agosto, cuando la planta está en pleno agoste y antes de realizar el primer riego de la campaña. Es en este momento cuando se aplica todo el estiércol (50 kg); el Fosfato diamónico (1 kg) y el boro (200 g), y la mitad de la dosis de Nitrato de Amonio (0.5 kg) y el Sulfato de Potasio (375 g). El segundo abonamiento se realiza entre octubre y noviembre, y se aplica la mitad restante de la dosis de Nitrato de Amonio (0.5 kg) y de Sulfato de Potasio (375 g) en forma localizada.</p> <p>También sugieren los siguientes complementos foliares:</p> <p>Nitrato de Calcio, a razón de 700 g por cilindro de 200 litros de agua. Boro foliar a razón de 400 g por cilindro de 200 litros de agua. Nitrato de Potasio cristalizado a razón de 2 Kg por cilindro de 200 l agua. Calcio y Boro (Sett fix) a razón de 2 l por cilindro de 200 l de agua. Bioestimulante (Packard), a razón de 500 ml por cilindro de 200 l agua. Nitrógeno, Fósforo y Potasio (Poly-feed 20-20-20), a razón de 1 kg por cilindro de 200 litros de agua.</p> <p>Para preparar los caldos a usar en las aplicaciones foliares, se recomienda agregar un adherente y regulador de pH, para cuando el agua de riego sea alcalina o "dura", con altos porcentajes de calcáreos que precipitan los nutrientes. Se recomienda aplicar los productos por vía foliar, muy temprano por las mañanas o a partir de las 4 de la tarde, para evitar los vientos y sobre todo para que los estomas de las hojas de la plantas estén abiertos y puedan captar los nutrientes.</p>

CARACTERÍSTICAS DE RESPUESTA AL CAMBIO CLIMÁTICO

Respuesta a ambientes enriquecidos de CO₂:

La exposición del fruto de la pera hecha a través de discos de 8 mm de diámetro y 10 mm de grueso a un aire enriquecido con 5 a 20% de CO₂ por 10 días en 20°C hizo que exhibieran menores tasa de producción de etileno, menores actividades del ácido 1-aminociclopropano-1-carboxílico (ACC) sintasa y de la ACC oxidasa (enzima formadora del etileno) y permanecieron más verdes que los discos almacenados en aire. La actividad de la ACC oxidasa y la tasa de producción de etileno se incrementan en tejidos de fruta expuesta a aire + 1% de CO₂. Dependiendo de su concentración dentro del tejido del fruto, el CO₂ puede estimular o inhibir la actividad de la ACC oxidasa y consecuentemente la tasa de producción de etileno. En concentraciones arriba de 1%, el CO₂ retarda la acción del etileno (Chávez y Kader, 1993).

Por otro lado, el efecto inhibitorio del CO₂ en la producción de etileno no opera vía el sitio de enlace de la proteína de enlace del etileno. La producción de etileno de peras frescas no fue afectada o inhibida por CO₂, lo cual apunta a diferentes sitios de acción de la molécula. En peras climatéricas, donde la producción de etileno fue fuertemente inhibida por 1-MCP, esta producción fue capaz de ser inhibida por un rango de presiones parciales de CO₂ hasta un grado similar a las peras sin tratar (de Wild *et al.*, 2003).

Captura de carbono:

Los suelos son la tercera fuente más grande de carbono detrás de las reservas oceánicas y carbón fósil. El carbón del suelo suele agotarse como resultado de las prácticas agrícolas convencionales, cambios en el uso del suelo y la reforestación. Cuando el carbono del suelo se incrementa, otros cambios en las propiedades del suelo suelen ocurrir, tales como reducción en la densidad aparente e incremento en la capacidad de retención de humedad. En huertas de pera se ha determinado una cantidad aproximada de entre 31.85 y 34.8 toneladas de carbono por hectárea almacenado en el suelo, la cual puede ser incrementada entre 42.2 y 103.5 t ha⁻¹ en función del uso de compostas y biosólidos, por lo que la adición de orgánicos a los suelos resulta en un amplio rango de beneficios para las plantas, así como una forma efectiva de secuestrar carbono (Brown *et al.*, 2010).

Respuesta a ozono:

La tasa de asimilación neta de CO₂ disminuye linealmente con el incremento de la presión parcial del ozono (Retzlaff *et al.*, 1991).

Resistencia a sequía:

Se considera una especie sensible a la sequía (Yuste, 1997b). La escasez de agua en huertos frutales usualmente ocurre durante el pico de la temporada de calor, la cual es antes de que los frutos hayan alcanzado el tamaño comercial. Cuando la sobrevivencia de la planta o el rendimiento son amenazados por una severa escasez de agua, el éxito del cultivo puede depender de la habilidad para ajustar prácticas comerciales. Los efectos de la mitigación del estrés hídrico derivado del aclareo de frutos incrementa la masa seca de fruto. El bene-

Tolerancia a altas temperaturas:

ficio del aclareo en el crecimiento del fruto no está solamente relacionado a la reducción de la competencia entre frutos por los fotoasimilados, sino también a un mejoramiento asociado al estrés hídrico del árbol, el cual tiene una influencia en el crecimiento del fruto (Marsal *et al.*, 2008).

Los árboles de pera pueden sobrevivir a ambientes sin riego y con una precipitación tan baja como 86 mm durante la estación de crecimiento. Sin embargo, bajo estas condiciones la floración se reduce y la mayor parte de los brotes apicales mueren (Proebsting y Middleton, 1980).

La respuesta del peral a temperaturas de 45°C se traduce en rompimiento de células, mientras que la degradación de las proteínas ocurre cuando las células son mantenidas en 39 y 45°C. La degradación a 39°C ocurre en la primera hora del calentamiento y es seguido por un signo de recuperación (Ferguson *et al.*, 1994).

Los frutos expuestos a altas temperaturas y elevada radiación solar frecuentemente presentan desordenes fisiológicos y daños en el sector expuesto al sol. Inicialmente el daño en frutos se produce a nivel epidérmico y sub-epidérmico, con desmejoramiento de su apariencia por pérdida de color, amarillamiento, bronceado y en etapa avanzada muerte de los tejidos de la piel (mancha necrótica) y parte de la pulpa. El daño por sol comienza cuando la temperatura ambiente supera los 30°C y la temperatura de la superficie del fruto en la cara expuesta del fruto llega a 45°C. Teniendo en cuenta que la temperatura máxima media de enero en la región de la Patagonia en Argentina es de 39°C, los frutos en su cara expuesta al sol llegan a superar fácilmente los valores de temperatura suficientes para la desnaturalización de proteínas (Colavita *et al.*, 2010).

PEREJIL



CARACTERÍSTICAS DESCRIPTIVAS

Nombre científico:	<i>Petroselinum crispum</i> Mill.
Nombres comunes:	Perejil.
Familia:	Umbelliferae.
Origen:	Originario de la zona del Mediterráneo, probablemente de la Isla Cerdeña (Morales, 1995).
Distribución:	55° LN a 45° LS.
Adaptación:	Climas templados y semicálidos.
Ciclo de madurez:	Perenne.
Tipo fotosintético:	C ₃ .

REQUERIMIENTOS CLIMÁTICOS

Altitud:	A partir del nivel del mar hasta los 2400 m (FAO, 2000). Se le encuentra hasta los 1000-1500 msnm (Gómez, 2008).
Fotoperíodo:	Duración del día superior a 12 horas (Arvy y Gallouin, 2007).
Radiación (Luz):	Se cultiva a pleno sol. Se obtienen resultados aceptables con sombreado moderado, pero no es recomendable (Morales, 1995).

Temperatura:	<p>Su rango térmico es 7-28°C, con un óptimo de 11 a 20°C (FAO, 2000).</p> <p>Se desarrolla en zonas con temperaturas entre 5 y 26°C (Simon; citado por Curioni, 2009).</p> <p>Es resistente al frío pero su crecimiento es muy lento a temperaturas cercanas a 7°C. El crecimiento es óptimo entre 15 y 18°C.</p> <p>Sobre los 24°C las plantas retardan su crecimiento. La germinación es lenta y reducida cuando el suelo presenta temperaturas >32°C o <4°C (Morales, 1995).</p> <p>Temperatura óptima para el desarrollo vegetativo está alrededor de los 20°C con temperatura base de 5°C (Quaglio <i>et al.</i>, 1990).</p>
Precipitación (agua):	<p>Requiere de 300-2800 mm de lluvia anual, con un rango óptimo de 900-1500 mm (FAO, 2000).</p> <p>Requiere de una precipitación anual de 300 a 4600 mm (Simon; citado por Curioni, 2009).</p>
Humedad relativa:	<p>Humedad inferior al 80%, ya que atmosferas muy húmedas favorecen la aparición de manchas y tizones foliares causados por insectos (Morales, 1995).</p>

REQUERIMIENTOS EDÁFICOS

Profundidad de suelo:	<p>Requiere de suelos con poca profundidad, de 20-50 cm (FAO, 2000).</p>
Textura:	<p>Se desarrolla muy bien en suelos de origen aluvional. Suelos areno-arcillosos hasta arcillosos (ITEIPMAI; Simon; Dimson; citados por Curioni, 2009).</p> <p>Son preferibles suelos franco-arcillosos, arcillo-arenosos y francos (Morales, 1995).</p>
Drenaje:	<p>Son recomendables suelos con buen drenaje y buena retención de humedad (Morales, 1995).</p>
pH:	<p>El rango de pH óptimo es de 6-7.5 (FAO, 2000).</p> <p>El pH óptimo va de 6.5 a 6.8 (Morales, 1995).</p>
Salinidad/Sodicidad:	<p>Presenta baja tolerancia a la salinidad, disminuyendo el porcentaje de germinación a medida que incrementan los niveles de salinidad, de acuerdo a experimentos en laboratorio (Miceli <i>et al.</i>, 2003).</p>
Fertilidad y química del suelo:	<p>En Florida (EUA) se aplica fertilizante completo al sembrar o trasplantar, seguido de aplicaciones mensuales de Nitrógeno (Morales, 1995).</p>

CARACTERÍSTICAS DE RESPUESTA AL CAMBIO CLIMÁTICO

Respuesta a ambientes enriquecidos de CO₂:	<p>Niveles elevados de CO₂ en perejil causan una vida útil más prolongada de la planta (Apeland, 1971).</p>
Respuesta a ozono:	<p>La exposición a ozono y a neblina ácida puede hacer que en el perejil se produzcan furanocoumarinas, dañinas para la salud (Dercks <i>et al.</i>, 1990).</p>

Resistencia a sequía:

No se considera un cultivo resistente a la sequía, ya que los órganos aprovechables son precisamente las hojas, las cuales con las primeras en manifestar los efectos de la sequía, y por tanto debe procurarse que el cultivo esté siempre bien hidratado. En climas subhúmedos y semiáridos incluso es recomendable contar con riego de auxilio.

Tolerancia a altas temperaturas:

No se considera una planta tolerante a las altas temperaturas, por lo que valores por arriba de 32-34°C, le resultan perjudiciales.

PIMIENTA



CARACTERÍSTICAS DESCRIPTIVAS

Nombre científico:	<i>Piper nigrum</i> L.
Nombres comunes:	Pimienta.
Familia:	Piperaceae.
Origen:	Montañas Ghats occidentales de la India (Purseglove, 1987). Nativa de la India (MAG, 1991).
Distribución:	15-20° LN y LS (FAO, 2000).
Adaptación:	Regiones tropicales cálidas y húmedas.
Ciclo de madurez:	Perenne.
Tipo fotosintético:	C ₃ .

REQUERIMIENTOS CLIMÁTICOS

Altitud:	Se adapta a altitudes inferiores a los 1000 msnm; los mejores resultados se obtienen en altitudes inferiores a 600 msnm (MAG, 1991; Acuña <i>et al.</i> , 2002).
Fotoperíodo:	Presenta indiferencia al fotoperíodo, pudiendo comportarse como planta de día corto, día neutro o día largo (FAO, 2000).
Radiación (Luz):	En estado silvestre, se encuentra asociada a selvas, en lugares oscuros. Una intensidad luminosa alta puede perjudicar el vigor de las plantas.
Temperatura:	Sus límites térmicos son 10 y 40°C (Singh, 2013). La temperatura media anual óptima varía entre 25 y 30°C (MAG, 1991). Le favorece una temperatura promedio de 25°C (Augstburger <i>et al.</i> , 2000b).

Precipitación (agua):	En su estado silvestre, desarrolla en condiciones de 1780 a 2540 mm anuales de precipitación (Purseglove, 1987). Desarrolla adecuadamente con una precipitación anual entre 1500 a 2500 mm bien distribuidos, ya que no soporta periodos de sequía (MAG, 1991). Precipitaciones entre 2000 y 4000 mm anuales le son favorables (Augstburger <i>et al.</i> , 2000b). En áreas de temporal, se produce satisfactoriamente donde la precipitación anual oscila entre 1500 y 3000 mm (Singh, 2013).
Humedad relativa:	Debe oscilar entre 60 y 93% (MAG, 1991). Le es favorable un ambiente con humedad relativa del 60-90% (Acuña <i>et al.</i> , 2002).

REQUERIMIENTOS EDÁFICOS

Profundidad de suelo:	Aunque puede desarrollar en una cierta variedad de suelos, el suelo ideal es un aluvión bien drenado, rico en humus (Purseglove, 1987). Se desarrolla satisfactoriamente en suelos cuya profundidad es mayor a 150 cm (FAO, 2000).
Textura:	Prefiere suelos de origen aluvial (MAG, 1991). Crece bien en suelos arcillo-arenosos que no sean pesados e impermeables, ricos en materia orgánica en descomposición (Infante y Rojas, 1994).
Drenaje:	Requiere de suelos con buen drenaje (MAG, 1991).
pH:	>5.5 (Purseglove, 1987). 5.5-6.5 (MAG, 1991).
Salinidad/Sodicidad:	Presenta baja tolerancia a la salinidad (FAO, 2000).
Fertilidad y química del suelo:	Muestra respuesta a nitrógeno y potasio, mientras que la respuesta a fósforo es muy pequeña. La mezcla de Nitrógeno, Fósforo y Potasio en proporción 12:5:14 da buenos resultados, con adición de Magnesio y los micronutrientes Hierro, Cobre, Zinc, Manganeso, Boro, Molibdeno, en aplicación foliar (MAG, 1991).

CARACTERÍSTICAS DE RESPUESTA AL CAMBIO CLIMÁTICO

Respuesta a ambientes enriquecidos de CO₂:	En las especies emparentadas <i>P. auritum</i> y <i>P. hispidum</i> se ha observado que al incrementar la concentración de CO ₂ 300 ppm sobre la concentración ambiente, la fotosíntesis se incrementa 60-75 y 55-100%, respectivamente (Walters y Field, 1987).
Resistencia a sequía:	No soporta periodos prolongados de sequía (MAG, 1991).
Tolerancia a altas temperaturas:	Tolera altas temperaturas, incluso alrededor o por arriba de 40°C, siempre que la humedad relativa no descienda por debajo de 60%.

PIÑA



CARACTERÍSTICAS DESCRIPTIVAS

Nombre científico:	<i>Ananas comosus</i> (L.) Merr.
Nombres comunes:	Piña, ananas, nanas.
Familia:	Bromeliaceae.
Origen:	Entre 10°LN y 10°LS y los 55-75°LW (Hernández y Montoya, 1993; Bartholomew <i>et al.</i> , citado por DHSC, 2008). Paraguay (González, 1984). Región Central de Sudamérica (Collins, citado por Bartholomew, 1985). Sudamérica y El Caribe (DHSC, 2008). El sureste de Brasil es el segundo centro de origen y distribución (Bartholomew <i>et al.</i> , citado por DHSC, 2008). La piña moderna podría ser originaria de Paraguay (Purse-glove; citado por DHSC, 2008).
Distribución:	30°45'LN a 33°58'LS (Benacchio, 1982). 31° LN A 34° LS (Dooremos y Kassam, 1979). A nivel mundial, de 30°N a 30°S. Los principales países productores son: Tailandia, Filipinas, China, Brasil, India, Nigeria, Costa Rica, México (FAO, 2005; citado por DHSC, 2008). También se siembra en Sudán, Inglaterra, Australia., Sudamérica (DHSC, 2008).
Adaptación:	Zonas tropicales y subtropicales (Sánchez y Caraveo, 1996). Trópicos húmedos y subtropicos secos (DHSC, 2008).
Ciclo de madurez:	17-24 meses (Baradas, 1994).
Tipo fotosintético:	CAM.

REQUERIMIENTOS CLIMÁTICOS

- Altitud:** 0-800m (Sánchez y Caraveo, 1996).
- Fotoperíodo:** Tiende a florecer en días cortos, así como en días nublados o con poco sol (Sánchez y Caraveo, 1996). El fotoperíodo influye la floración de las variedades "Smooth Cayenne" y "Cabezona" pero no en la variedad "Red Spanish" (Baradas 1994). La variedad "Smooth Cayenne" ha sido clasificada como una planta de día corto cuantitativa pero no obligada. A un fotoperíodo de 8 horas y temperatura de 20°C se logra la mayor promoción de la floración en esta variedad, en comparación con ambientes de 15, 25 y 30°C y el mismo fotoperíodo (Friend y Lydon, Gowing, Friend; citados por Bartholomew, 1985). Especie de día neutro (Benacchio, 1982).
- Radiación (Luz):** Requiere de moderada a abundante iluminación durante crecimiento (Benacchio, 1982), pero no en formación de fruto (Baradas, 1994). La intensidad óptima de luz es 32.3-86.1 klux (Baradas, 1994). Para la etapa vegetativa (plantación-diferenciación floral) se requiere fuerte luminosidad; mientras que para calidad de fruto, durante la recolección y 4-6 semanas antes de ésta, se requiere luminosidad moderada (Sánchez y Caraveo, 1996). Se adapta a condiciones de semisombra y pleno sol (DHSC, 2008).
- Temperatura:** La temperatura óptima anual es de 26°C con una óptima diurna de 30°C y óptima nocturna de 20°C. La temperatura óptima para raíces es 29°C; para hojas 32°C; para absorción de nutrimentos 30°C (Nitrato de amonio) y 25°C (Sulfato de amonio). Las bajas temperaturas retrasan crecimiento y desarrollo pero una temperatura inferior a 16°C adelanta la diferenciación floral (Sánchez y Caraveo, 1996). Por debajo de 20°C y por arriba de 36°C, se presenta muy poco crecimiento en las plantas de piña (Purseglove, 1985). Rango 15-45°C, óptima para fotosíntesis 25-35°C, óptima media para cultivo 25-27°C. Por arriba de 32°C se presentan daños al fruto, ya que equivale dentro del fruto a temperaturas de 44-54.5°C. La óptima nocturna es de 22-26°C y la diurna de 26-30°C. La óptima del suelo es 30°C con umbrales de 20 y 36°C (Benacchio, 1982). Para la etapa vegetativa (plantación-diferenciación floral) se requieren 25-30°C. Para calidad de fruto, durante la recolección y 4-6 semanas antes de ésta, se recomienda una temperatura de 23-25°C, con temperatura máxima inferior a 30°C (Sánchez y Caraveo, 1996).

Las temperaturas óptimas diurna/nocturna son 30-35/25°C. Sin embargo, bajo estrés por sequía son mejores temperaturas de 30/25°C (Zhu *et al.*, 2005).

A temperaturas inferiores a 15°C y superiores a 32°C, disminuye el crecimiento de la planta (Bartholomew *et al.*, citado por DHSC, 2008).

Prolongados periodos de heladas afectan el crecimiento de la planta, retardan la madurez y producen frutos ácidos (Swete and Bartholome, citados por DHSC, 2008).

Precipitación (agua):

Rango óptimo de precipitación anual 1000-1500 mm (Collins; citado por Domínguez, 1985).

Requiere de 2.8 a 3 mm de agua de lluvia por día y las etapas críticas son el arraigo del hijuelo al terreno, la floración y la fructificación (Sánchez y Caraveo, 1996).

Tolera de 4 a 5 y más meses de sequía, aunque hay diferencias entre variedades, siendo las variedades del “Grupo Español” más tolerantes que las del “Grupo Cayena”. Estas últimas se desarrollan mejor en precipitaciones anuales de 1300-1500 mm (Benacchio, 1982).

En condiciones en las que la evapotranspiración máxima es de 5 a 6 mm/día, la absorción de agua comienza a reducirse cuando se ha agotado alrededor del 50% del agua disponible en el suelo (Doorenbos y Kassam, 1979).

Para la etapa vegetativa (plantación-diferenciación floral) se requieren lluvias no mayores a 80 mm/mes, si su distribución es buena. En tanto para calidad de fruto, durante la recolección y 4-6 semanas antes de ésta, favorecen precipitaciones débiles (Sánchez y Caraveo, 1996).

Requiere lluvia anual de 1150 mm distribuidos en primavera y otoño (DHSC, 2008).

Para plantaciones sin cobertura vegetal con una altura promedio de 0.6-1.2 m, los coeficientes de cultivo (Kc) para las etapas de desarrollo inicial, intermedia y final son 0.5, 0.3 y 0.3, respectivamente. En tanto que para plantaciones con cobertura vegetal el valor de Kc para estas tres etapas es 0.5 (Allen *et al.*, 2006).

Humedad relativa:

Le favorece una humedad relativa del 70% (Sánchez y Caraveo, 1996).

La combinación de alta humedad relativa y alta temperatura produce hojas suaves y frutos largos pero con un bajo contenido de ácido (Purseglove, 1985).

Para la etapa vegetativa (plantación-diferenciación floral) se requiere una humedad relativa entre 70 y 80% (Sánchez y Caraveo, 1996).

Viento:

Su sistema radicular es reducido, por lo que vientos fuertes pueden derrumbar plantaciones (Benacchio, 1982).

REQUERIMIENTOS EDÁFICOS

Profundidad de suelo:

Debido a que las raíces prosperan más hacia los lados, son suficientes 30 cm del suelo en buenas condiciones (Sánchez y Caraveo, 1996).

El sistema radical de la piña es somero y extendido. En suelos profundos, las raíces pueden llegar hasta 1 m, pero éstas generalmente se concentran en los primeros 0.3 a 0.6 m, de los cuales normalmente se extrae el 100% del agua (Doorenbos y Kassam, 1979).

Textura:	Las texturas óptimas son arcillo-arenosa, areno-arcillosa y arenosa, siendo una textura media satisfactoria 70% arena, 20% limo y 10% arcilla. Suelos con más de 20% de arcilla definitivamente no son aptos para piña por presentar problemas de drenaje (Sánchez y Caraveo, 1996). La piña se desarrolla en una gama amplia de suelos pero son preferibles los de textura limo-arenosa (Doorenbos y Kassam, 1979). Este cultivo prefiere suelos de textura media, franco arenosa, franco arcillosa, con alto contenido de materia orgánica (Bartholomew <i>et al.</i> , citados por DHSC, 2008).
Drenaje:	Evitar encharcamientos. La piña requiere de muy buen drenaje (Benacchio, 1982; Sánchez y Caraveo, 1996; DHSC, 2008).
Exposición de terreno:	En zonas templadas, la piña prospera bien si es plantada hacia el noreste (hemisferio sur) y suroeste (hemisferio norte), donde recibe la mayor cantidad de luz y calor (Bartholomew <i>et al.</i> , citados por DHSC, 2008).
pH:	El rango óptimo de pH va de 5 a 6, aunque tolera acidez por debajo de 5 (Sánchez y Caraveo, 1996). 4.5-5.5 (Benacchio, 1982). El pH óptimo del suelo es de 4.5 a 6.5 (Doorenbos y Kassam, 1979). Presenta un rango de pH de 3.5 a 8.0, resultándole óptimo alrededor de 5.9 (FAO, 1994). El pH óptimo es de 5.0-6.0 (Castellanos <i>et al.</i> , 2000). Tiene la capacidad de tolerar altos niveles de acidez y por tanto de aluminio soluble (Bartholomew <i>et al.</i> , citados por DHSC, 2008).
Salinidad/Sodicidad:	No tolera salinidad. El suelo debe tener bajo contenido de cal (Doorenbos y Kassam, 1979). Es un cultivo que presenta ligera tolerancia a la salinidad (FAO, 1994). Tolera la salinidad (Sánchez, 2001).
Fertilidad y química del suelo:	Se han reportado los niveles óptimos y de deficiencia en ppm para los siguientes elementos: 120 y 50 de N; 150 y 60 de K; 20 y 5 de P; 100 y 25 de Ca; 50 y 10 de Mg; 27-78 y 3 de Fe; 4 y 3 de Zn. La deficiencia de S en piña es rara (Sweete, 1993; citado por DHSC, 2008). Altas concentraciones de manganeso inducen deficiencia de Fe. Además la planta puede tolerar altas concentraciones de K (Bartholomew <i>et al.</i> , citados por DHSC, 2008).

CARACTERÍSTICAS DE RESPUESTA AL CAMBIO CLIMÁTICO

Respuesta a ambientes enriquecidos de CO₂:	Concentraciones de 712 $\mu\text{mol mol}^{-1}$ de CO ₂ asociadas a riegos pesados, disminuyen 10% la producción de biomasa (Ziska <i>et al.</i> , 1991).
--	--

Piña cultivada a $730 \mu\text{mol mol}^{-1}$ de CO_2 , produjo 180 g planta⁻¹ de materia seca, en comparación con 146 g planta⁻¹ de piña cultivada en CO_2 ambiente. También más biomasa se particionó a tallos y raíces pero menos a hojas, en el caso de elevado CO_2 . En esta condición ambiental se tuvieron hojas 11% más gruesas, y una acidez titulable de hojas 42% mayor. Se comprobó que el CO_2 elevado fomenta una mayor fijación de CO_2 que la captura de CO_2 por la vía facultativa C_3 que poseen las plantas CAM. La fijación de CO_2 puede ser magnificada en elevado CO_2 durante las mañanas, pero no en las tardes con temperatura $>40^\circ\text{C}$ (Zhu *et al.*, 1997). A $730 \mu\text{mol mol}^{-1}$ de CO_2 , se favorece la relación de brotes y el grosor de la hoja, además se incrementa la eficiencia en el uso del agua, la asimilación diurna y nocturna de CO_2 , y la acumulación nocturna de malato (Drennan y Nobel, 2000). Su metabolismo fotosintético favorece que elevadas concentraciones de CO_2 sean asimiladas por la noche, lo cual estimula procesos de biosíntesis que reparan los costos de estrés y aumentan la biomasa (Rogers *et al.*, 1994; Xocostle *et al.*, 2011).

- Captura de carbono:** Es del tipo de plantas que más fijan CO_2 por kg H_2O transpirada ($10\text{-}40 \text{ g CO}_2 \text{ kg}^{-1}$) (Mota *et al.*, 2011). Asumiendo una producción anual de $8.3 \text{ t ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$ de biomasa seca (41 t ha^{-1} de fruto con 85% humedad y 8 t ha^{-1} de hoja con 33% de humedad) (DHSC, 2008; Banik *et al.*, 2010; Mota *et al.*, 2011) y con el factor de ajuste de C (0.47% de materia seca; Montero *et al.*, 2004), se tiene una captura de $3.9 \text{ t ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$ de carbono.
- Respuesta a ozono:** En plantas CAM no hay daño por ozono a 150 ppb (Hurst *et al.*, 2004). La piña es tolerante al ozono, ya que las plantas tienen capacidad de defensa por su menor conductancia estomática debido a los estomas abiertos por la noche y a que poseen reservorio de CO_2 , que también les permite cerrar estomas de día sin que ello conlleve disminución fotosintética (Nobel, 2003; Bermejo *et al.*, 2010; Mota *et al.*, 2011).
- Resistencia a sequía:** Planta de alta eficiencia en el uso del agua, de manera que es resistente a déficit hídrico (Rogers *et al.*, 1994). Es una especie muy resistente a la sequía, ya que retiene el 7% del agua absorbida (mientras que la mayoría de las especies vegetales sólo retienen el 0.5%) y sólo requiere 30 litros de agua para formar 1 Kg de materia seca, mientras que otras especies consumen hasta 300 litros (Sánchez y Caraveo, 1996). Debido a que mantiene los estomas abiertos durante la noche, además de que posee reservorio de CO_2 , con lo cual también puede cerrar estomas sin que ello conlleve una disminución fotosintética, tolera entornos con déficit hídrico (Mota *et al.*, 2011).
Bajo altas concentraciones de CO_2 ($700 \mu\text{mol mol}^{-1}$) y 40 días de sequía, se reduce la conductancia estomática, lo cual es un mecanismo favorable para evitar daños fisiológicos por déficit hídrico, haciendo un uso más eficiente del agua (Zhu *et al.*, 2005).
- Tolerancia a altas temperaturas:** Es tolerante al calor. Puede tolerar temperaturas hasta de 45°C (Yamada *et al.*, 1996).

PISTACHO



CARACTERÍSTICAS DESCRIPTIVAS

Nombre científico:	<i>Pistacia vera</i> L.
Nombres comunes:	Pistacho, pistache, pistachero.
Familia:	Anacardiaceae.
Origen:	Oeste de Asia, Asia Menor; desde Siria a Afganistán.
Distribución:	25-40° LN (Tarango, 1993).
Adaptación:	Regiones templadas semiáridas.
Ciclo de madurez:	Perenne.
Tipo fotosintético:	C ₃ .

REQUERIMIENTOS CLIMÁTICOS

Altitud:	Mayor de 762 m (Ferguson, 1990). Mayor que 800 m (Spina, 1983). Mayor que 914 m (Maranto y Crane, 1988).
Fotoperíodo:	Especie de día corto, aunque hay cultivares de día neutro (Benacchio, 1982). La formación del racimo floral y la floración se aceleran en días cortos y se retrasan en días largos (Baradas, 1994).
Radiación (Luz):	Requiere abundante iluminación, sobre todo durante la etapa reproductiva.

Temperatura:	<p>Prefiere veranos cálidos e inviernos relativamente fríos. Necesita de 200 a 400 horas frío (HF), aunque hay variedades con un requerimiento de hasta 1000 HF como la KERMAN (Tarango, 1993).</p> <p>Tolera bajas temperaturas, pero árboles que no están en dormancia sufren daños en sus tejidos a -2.2°C, mientras que árboles en completa dormancia toleran de -6 a -9°C (Joley, 1975).</p> <p>En floración, temperaturas de -2.2 a 0°C pueden causar daño ligero o moderado. Durante crecimiento y desarrollo de fruto se requieren condiciones cálidas (Tarango, 1993). Requiere de 800 a 1000 horas frío (por debajo de 7°C) (Bal-docchi y Wong, 2006).</p>
Precipitación (agua):	<p>400 a 600 mm/ciclo, sin riego o riego ocasional; es una planta de clima semidesértico con aire muy seco, pocos días nublados, baja precipitación (Tarango, 1993).</p> <p>De acuerdo con Allen <i>et al.</i> (2006), los coeficientes de cultivo para las etapas inicial, intermedia y final de desarrollo en plantas de que llegan a alcanzar una altura de 3 a 5 m, son 0.4, 1.10 y 0.45, respectivamente.</p>
Humedad relativa:	<p>Prefiere atmósferas secas (Tarango, 1993).</p>

REQUERIMIENTOS EDÁFICOS

Profundidad de suelo:	<p>Mayor a 60-80 cm (Tarango, 1993).</p>
Textura:	<p>Se adapta a una amplia gama de texturas de suelo, aunque prefiere los suelos franco-arenosos (Sibbett, 1990).</p>
Drenaje:	<p>Requiere suelos con buen drenaje (Sibbett, 1990).</p>
pH:	<p>4.5-8.5 (Maggs, 1988). 7-7-8.1 (Aguirre, 1972).</p>
Exposición de terreno:	<p>La exposición del terreno tiene un efecto significativo en el desarrollo y vigor del árbol, ya que el tamaño de la corona difiere entre exposición. Además, la exposiciones del terreno tiene efecto en la reproducción del pistacho, ya que en la exposición norte se ha encontrado el mayor número de plántulas establecidas (Khosrojerdi <i>et al.</i>, 2009a; Khosrojerdi <i>et al.</i>, 2009b).</p>
Salinidad/Sodicidad:	<p>Tolera salinidad y alcalinidad en niveles en que la mayoría de los frutales no pueden prosperar; el pistacho se considera una planta gypsocalciófila, es decir, que prefiere suelos con calcio y yeso, con un contenido de hasta 20% de caliza (Tarango, 1993).</p> <p>Se considera una especie moderadamente tolerante a la salinidad (Ferguson <i>et al.</i>, citados por Hanson <i>et al.</i>, 2006).</p>
Fertilidad y química del suelo:	<p>Woodroof, citado por IFA (1992) asienta que por cada tonelada de fruto se requieren 30, 12, 15 y 3 kg de Nitrógeno, Fósforo, Potasio y Calcio respectivamente.</p> <p>Por ser una especie que presenta alternancia, la fertilización varía entre años, siendo menores las necesidades en los años que no produce fruto. Beede (2012) indica que para</p>

años con producción se requieren 224-252 y 123.2-224 kg ha⁻¹ año⁻¹ de Nitrógeno y Potasio, respectivamente. En tanto, para años sin producción es suficiente con aplicar 112-126 y 40-112 kg ha⁻¹ año⁻¹ de estos elementos.

CARACTERÍSTICAS DE RESPUESTA AL CAMBIO CLIMÁTICO

Respuesta a ozono: La aflatoxina AFB₁ y el total de aflatoxinas en la semilla de pistacho se reducen en un 23 y 24%, respectivamente, cuando son sometidas a un tratamiento de ozono de 9.0 mg L⁻¹ durante 7 horas. No ocurren cambios significativos en el pH, color, contenido de humedad y ácidos grasos libres en las semillas de pistacho. Tampoco se han observado cambios significativos en el dulzor, la apariencia, el sabor, la palatabilidad y el nivel de rancidez de la semilla (Yesilcimen y Ozdemir, 2006).

Resistencia a sequía: El pistacho es un frutal tolerante a sequía que tiene la habilidad de sobrevivir a varios periodos de sequía, pero que requiere de una considerable cantidad de agua para producir bien (Gijón *et al.*, 2011; Ghrab *et al.*, 2008). En respuesta al estrés hídrico la planta sufre cambios fisiológicos que le permiten sobrevivir. Se disminuye la tasa de fotosíntesis neta, el efecto adverso en la fotosíntesis ocurre cuando la humedad del suelo cae por abajo del 40%, pero la planta sigue fotosintetizando aun cuando el potencial de agua de las hojas es tan bajo como -5 MPa (Gijón *et al.*, 2011; Bing-she *et al.*, 2004; Behboudian *et al.*, 1986). Además disminuye la tasa de transpiración, la actividad de RUBP, el intercambio gaseoso y cambia el módulo de elasticidad de las células de las hojas, se incrementa la resistencia estomática y hay un ajuste osmótico (Gijón *et al.*, 2011; Bing-she *et al.*, 2004). En plantas con déficit hídrico hay una mayor acumulación de P, K, Zn y Cu, azúcares solubles, proteínas, flavonoides y prolina en las ramas, que son compuestos que participan en el ajuste osmótico; también la actividad de las enzimas peroxidasa y catalasa (antioxidantes) se incrementan en condiciones de sequía (Abbaspour *et al.*, 2011). Una estrategia para mejorar la tolerancia a sequía es la inoculación de las plantas con micorrizas arbusculares ya que en las plantas colonizadas mejoran la tolerancia a sequía al incrementarse la acumulación de compuestos que inducen al ajuste osmótico, nutricionales y la actividades antioxidantes (Abbaspour *et al.*, 2011). Gijón *et al.* (2011) indican que son varios mecanismos de resistencia a la sequía los que operan y que difieren en las etapas fenológicas.

Tolerancia a altas temperaturas: Las altas temperaturas de los meses invernales provocan una disminución del área foliar y un aumento en el porcentaje de hojas anormales, la respuesta de este parámetro depende del tipo del tipo de floración del cultivar (temprana, intermedia o tardía). La elevada temperatura del invierno reduce las horas frío requeridas por el cultivo provocando un desbalance hormonal (Javanshah, 2010).

PITAHAYA



CARACTERÍSTICAS DESCRIPTIVAS

Nombre científico:	<i>Hylocereus undatus</i> Haw.; <i>H. pitahaya</i> ; <i>H. triangularis</i> Britt. (Acuña <i>et al.</i> , 2002).
Nombres comunes:	Pitahaya.
Familia:	Cactaceae.
Origen:	Originario de la región Tropical, siendo México, Centro América y el Caribe los lugares que presentan el mayor número de especies (OIRSA, 2003). Aparentemente es originaria de Colombia (Acuña <i>et al.</i> , 2002).
Distribución:	Regiones tropicales y subtropicales de todo el mundo (<i>H. undatus</i> es la especie más cosmopolita) (Le Bellec <i>et al.</i> , 2005). Desde la Costa de Florida hasta Brasil (Ortiz y Carrillo, 2012).
Adaptación:	Se adapta bien a climas cálidos subhúmedos, con lluvias en verano, normalmente libres de heladas.
Ciclo de madurez:	Perenne.
Tipo fotosintético:	CAM.

REQUERIMIENTOS CLIMÁTICOS

- Altitud:** La pitahaya amarilla crece entre los 800 y los 1850 m, mientras que la pitahaya roja crece desde los 0 hasta los 800 m (OIRSA, 2003).
Hasta altitudes mayores a los 2750 msnm (Le Bellec *et al.*, 2005).
Alturas sobre el nivel del mar de 600 a 1850 m (Flores, 2011).
Desde los 0 hasta casi 2000 msnm (Bárcenas *et al.*, 2001).
De 800 a 1600 msnm (Acuña *et al.*, 2002).
- Fotoperíodo:** Responde a días cortos (<12 horas) y días neutros (12-14 horas) (FAO, 2000).
- Radiación (Luz):** Crece a plena exposición solar (OIRSA, 2003).
Reacciona favorablemente a la intensidad lumínica, la cual estimula la brotación de yemas florales, pero no debe permanecer totalmente expuesta al sol debido a que favorece la creación de enfermedades (Flores, 2011).
- Temperatura:** Temperatura ambiental de 28 a 30°C para la pitahaya roja y de 18 a 25°C para la pitahaya amarilla (OIRSA, 2003).
El cultivo puede sobrevivir en climas muy cálidos con temperaturas por encima de 38-40°C, sin embargo en algunas especies, temperaturas por debajo de 12°C pueden causar necrosis en los tallos (Le Bellec *et al.*, 2005).
Temperatura promedio anual de 17 a 30°C (Bárcenas *et al.*, 2001).
Crece en zonas con temperatura entre 18 y 25°C (Acuña *et al.*, 2002).
- Precipitación (agua):** La pitahaya roja requiere de 500-700 mm de agua al año, mientras que la pitahaya amarilla necesita de 1300-2200 mm de precipitación anual (OIRSA, 2003).
En México se localiza en zonas con mucha precipitación, 350-3500 mm por año (Le Bellec *et al.*, 2005).
Precipitación pluvial de 600 a 1300 mm con alternancia de estación seca y húmeda (Flores, 2011).
Se desarrolla en zonas con precipitaciones anuales de 300 hasta 1000 mm anuales (Bárcenas *et al.*, 2001).
De 1500 a 2000 mm de lluvia anual (Acuña *et al.*, 2002).
- Humedad relativa:** En almacenamiento requiere de un 85-90% de humedad relativa, en un periodo no superior a 25 días (FAO, 2006b).
No tolera la excesiva humedad relativa (Acuña *et al.*, 2002).

REQUERIMIENTOS EDÁFICOS

- Profundidad de suelo:** Para su desarrollo óptimo requiere de suelos con una profundidad mayor a 150 cm, aunque puede desarrollarse en suelos con media profundidad (FAO, 2000).
- Textura:** Requiere de suelos franco arenosos para su buen desarrollo (OIRSA, 2003).

Drenaje:	Requiere suelos con buen drenaje, en suelos mal drenados se presenta pudrición en la raíz y en el nudo vital (Flores, 2011).
pH:	El pH óptimo para el establecimiento del cultivo es de 5.3 a 6.7 (FAO, 2000). pH entre 5.5 y 6.5 (Acuña <i>et al.</i> , 2002).
Salinidad/Sodicidad:	Puede tolerar suelos salinos. Algunos hacen referencia a que el cultivo es de alta a moderadamente tolerante a las sales (Crane y Balerdi, 2005). Presenta baja tolerancia a la salinidad (FAO, 2000). Se desarrolla en suelos salinos como los reportados por Cruz <i>et al.</i> (1995). En Tehuacán, Puebla, se ha observado que un alto contenido de sales en el suelo no es bueno para el cultivo porque hace muy lento el desarrollo (Bárceñas <i>et al.</i> , 2002).
Fertilidad y química del suelo:	La fertilización empleada en la mayoría de las plantaciones se basa en experiencias propias de los productores, aplicando de 100-200 kg de N, 60-100 Kg de P ₂ O ₅ y 30-60 kg K ₂ O por hectárea, dependiendo del nivel económico del productor (López y Guido, 1998).

CARACTERÍSTICAS DE RESPUESTA AL CAMBIO CLIMÁTICO

Respuesta a ambientes enriquecidos de CO₂:	Plantas de <i>H. undatus</i> enriquecidas con CO ₂ (1000 μmol mol ⁻¹) fueron superiores a plantas cultivadas en CO ₂ ambiente (380 μmol mol ⁻¹) 52%, 22%, 18%, y 175% en absorción neta total diaria de CO ₂ , elongación de cladodios, materia seca de cladodios, y número de brotes reproductivos (Weiss <i>et al.</i> , 2010).
Resistencia a sequía:	Presenta resistencia a la sequía (Castillo <i>et al.</i> , 2005).
Tolerancia a altas temperaturas:	Tolera altas temperaturas, incluso por arriba de los 40°C (Le Bellec <i>et al.</i> , 2005).

PITAYA



CARACTERÍSTICAS DESCRIPTIVAS

Nombre científico:	<i>Stenocereus queretaroensis</i> (Weber) Buxbaum.
Nombres comunes:	Pitaya.
Familia:	Cactaceae.
Origen:	Norteamérica (González, 1984).
Distribución:	15-35° LN (Pimienta y Nobel, 1994).
Adaptación:	Regiones tropicales y subtropicales semiáridas (Pimienta <i>et al.</i> , 1995).
Ciclo de madurez:	Perenne.
Tipo fotosintético:	CAM.

REQUERIMIENTOS CLIMÁTICOS

Altitud:	<p>En el municipio de Teúl de González Ortega, Zacatecas, México, se encontró que el límite altitudinal superior para esta especie es de 1910 m, mientras que en la ruta de la población de Techaluta a la población de Tapalpa, en Jalisco, México, este límite se encuentra a los 1930 metros sobre el nivel del mar (Ruiz, 1998; observaciones no publicadas).</p> <p>El límite inferior de altitud en los estados de Jalisco, Zacatecas y Nayarit, México, parece estar entre 600 y 800 m (Ruiz, 1998; observaciones no publicadas).</p> <p>El rango óptimo de altitud parece estar entre 1000 y 1600 m (Pimienta y Nobel, 1994).</p>
Fotoperíodo:	Se comporta como una planta de día largo (Lomelí y Pimienta, 1993).

Radiación (Luz):	Prospera naturalmente en condiciones de media sombra (Comunicación Personal; Pimienta, 1997).
Temperatura:	El rango de temperaturas nocturnas de 13 a 18°C, parece estar cercano al óptimo para esta especie. Cuando la temperatura nocturna desciende a 8°C, la asimilación neta de CO ₂ disminuye 25% (Nobel y Pimienta, 1995). La asimilación neta de CO ₂ en pitayo es cero a temperaturas nocturnas alrededor de 1.3°C (Ruiz, 1999; datos no publicados). Se desarrolla en el intervalo de temperatura entre 10 y 40°C, suele ser más sensible a las bajas temperaturas sobre todo en crecimiento vegetativo o desarrollo floral (Bárceñas y Jiménez, 2010).
Precipitación (agua):	El límite inferior de precipitación anual está entre 500 y 550 mm, de acuerdo con poblaciones extremas ubicadas cerca del poblado de El Zapoquei, Zacatecas, México, y cerca de la localidad de Santa María de los Angeles, Jalisco, México. El límite superior se ubica entre los 850 y 900 mm, de acuerdo a poblaciones del estado de Jalisco (Ruiz, 1998; observaciones no publicadas). En regiones muy lluviosas se pueden presentar problemas de pudriciones de raíces y tallos.
Humedad relativa:	Prospera en ambientes con atmósfera seca a moderadamente seca.

REQUERIMIENTOS EDÁFICOS

Profundidad de suelo:	Desarrolla en suelos delgados o de mediana profundidad. Géneros familiarizados a <i>Stenocereus</i> requieren para su óptimo desarrollo, suelos de media profundidad (FAO, 1994).
Textura:	Le son favorables suelos con textura media a ligera.
Drenaje:	Requiere suelos con buen drenaje.
pH:	El óptimo de pH parece estar entre 6.0 y 7.0 (Pimienta y Nobel, 1994). Sin embargo, el género <i>Stenocereus</i> puede ser cultivado en suelos alcalinos con pH de hasta 8.0 y 9.0 (Cruz, 1984). Desarrolla adecuadamente en suelos con pH entre 7.0 y 8.0 (Ruiz, 1985).
Salinidad/Sodicidad:	Es ligera a medianamente tolerante a la salinidad.
Fertilidad y química del suelo:	Algunos productores no aplican fertilizantes orgánicos ni químicos, sus experiencias les muestran que el fertilizante “quema” las raíces. En el estado de Puebla y Oaxaca se ha reportado un efecto estimulante de la aplicación de estiércol (Medina, <i>et al.</i> , 2003).

CARACTERÍSTICAS DE RESPUESTA AL CAMBIO CLIMÁTICO

Resistencia a sequía:	Es una planta resistente a la sequía debido a que posee mecanismos fisiológicos que le permiten ahorrar agua, como el cierre de estomas durante el día y su apertura y fijación de CO ₂ durante la noche (Nobel y Pimienta, 1995).
------------------------------	---

PLÁTANO



CARACTERÍSTICAS DESCRIPTIVAS

- Nombre científico:** *Musa paradisiaca* L.
- Nombres comunes:** Plátano, banana.
- Familia:** Musaceae.
- Origen:** India, Filipinas, Nueva Guinea, (Benacchio, 1982).
Sudeste de Asia (India), Indochina, Malasia y Filipinas (Egbert, 1977).
Región Indo-Malaya (Heuzé y Tran, 2013).
- Distribución:** 30°LN a 30°LS, con límites en Israel en el hemisferio norte y New South Wales, Australia en el hemisferio Sur (Egbert, 1977; Doorenbos y Kassam, 1979; Benacchio, 1982).
Se cultiva en todas las regiones tropicales y subtropicales, cálidas y húmedas de Asia, América, África y Australia (Heuzé y Tran, 2013).
- Adaptación:** Regiones tropicales húmedas (González, 1984).
Trópico y subtropico cálido y húmedo (Heuzé y Tran, 2013).
- Ciclo de madurez:** 11-16 meses (Benacchio, 1982).
300-365 días (Doorenbos y Kassam, 1979; Baradas, 1994).
Florece después de 8-9 meses y los frutos se cosechan verdes 10 a 14 semanas después de floración (Heuzé y Tran, 2013).
- Tipo fotosintético:** C₃.

REQUERIMIENTOS CLIMÁTICOS

- Altitud:** 0-800 m (Benacchio, 1982).
En Martinica, la influencia de la altitud sobre el periodo de crecimiento del plátano es la siguiente: de 0 a 450 m, la inflorescencia dura de 6 a 7 meses; de 600 a 1,200 m, dura de 9 a 10 meses y de 1300 a 2100 msnm, de 11 a 13 meses (Montaldo, 1982).
Disminuyen los rendimientos a <500 msnm (Mathur *et al.*, 2012).
- Fotoperíodo:** Se considera una especie indiferente en cuanto a la duración del día (Doorenbos y Kassam, 1979; Baradas, 1994).
- Radiación (Luz):** El rango más favorable para fotosíntesis está entre 10,000 y 30,000 luxes, de ahí la conveniencia del autosombreado. Sin embargo, en áreas con altos niveles de nubosidad se ha observado que el ciclo de cultivo se alarga (Benacchio, 1982). La actividad fotosintética de las hojas del plátano se incrementa rápidamente a una iluminación entre 2,000 y 10,000 lux y más lentamente entre 10,000 y 30,000 lux. Quemaduras por el sol en la fruta resultan de la exposición a altas intensidades de luz acompañadas de elevadas temperaturas (Egbert, 1977).
El rango de intensidad de luz óptima va de 3,230 a 8,610 lux (Baradas, 1994).
- Temperatura:** El plátano es una especie susceptible a las heladas, con un rango térmico de desarrollo entre 16 y 38°C, y un óptimo de 25 a 30°C. Temperaturas de 8°C por un tiempo prolongado causan graves daños (Doorenbos y Kassam, 1979). La temperatura media ideal está por arriba de 27°C (Baradas, 1994).
Rango, 10-35°C, con un óptimo para fotosíntesis de 25 a 30°C. La temperatura media debería estar entre 25 y 27°C, la mínima no debería ser inferior a 16°C, ni la máxima superior a los 35°C. En general el plátano prefiere una temperatura relativamente alta y uniforme (Benacchio, 1982).
A temperaturas menores que 16°C, el crecimiento del plátano se reduce y la emergencia de las hojas se detiene. El látex del plátano se coagula en el pericarpio de la fruta a 12°C, originando una coloración café pálida. Bajas temperaturas provocan una extensión de la etapa siembra-aparición de las primeras inflorescencias. En Jamaica, la duración de esta etapa se incrementa un mes por cada 100 metros de altitud; en Martinica 46 días por cada 70 metros de altitud (Egbert, 1977).
Las áreas donde se cultiva el plátano tienen una temperatura mínima por encima de 15.4°C. Una temperatura media menor a 21°C causa retardo en la madurez de la inflorescencia (Montaldo, 1982).
El plátano recibe daño por frío a 11.7°C (Ochse *et al.*, 1972). Óptima para crecimiento 27-38°C. Le afectan temperaturas <18°C, aunque puede haber genotipos tolerantes (Heuzé y Tran, 2013).

Precipitación (agua):

Las necesidades de agua son de 1200 a 2200 mm por periodo vegetativo. Tiene una evapotranspiración máxima de 5 a 6 mm/día. Debe cuidarse el no sobrepasar el 35% de agotamiento del agua total disponible en el suelo (Doorenbos y Kassam, 1979).

El plátano requiere 2000 a 4000 mm anuales. La precipitación mensual no debería ser inferior a los 120-130 mm. Aunque puede tolerar periodos cortos de sequía, el plátano es muy exigente en agua, por lo que debería cultivarse en áreas donde se disponga de agua para riegos de auxilio. Para asegurar buenos rendimientos, la cantidad de agua en el suelo debería siempre estar entre 67 y 100% de capacidad de campo (Benacchio, 1982).

Crece en regiones donde la lluvia es menor a 2000 mm anuales, con un requerimiento ideal de 100 mm por mes y se considera una deficiencia seria cuando se tienen menos de 50 mm mensuales (Egbert, 1977).

La precipitación óptima es de alrededor de 1300 mm al año, bien distribuidos. La escasez de humedad causa maduración prematura de las plantas y frutos mal desarrollados y formados. En plantaciones con estación seca debe practicarse el riego (Montaldo, 1982).

El plátano necesita 100 a 150 mm por mes, excepto en los suelos muy porosos. Tiene sensibilidad a la falta de humedad en todas las etapas de desarrollo (Baradas, 1994).

Para plantas de primer año, con una altura promedio 3 m, los coeficientes de cultivo (Kc) para las etapas de desarrollo inicial, intermedia y final son 0.5, 1.1 y 1.0, respectivamente. En tanto para plantas de segundo año los Kc son 1.0, 1.05 y 1.05 (Allen *et al.*, 2006).

Requiere 200-220 mm mensuales; 60% de humedad del suelo es lo ideal (Heuzé y Tran, 2013).

Humedad relativa:

Prefiere un ambiente con humedad relativamente alta (Benacchio, 1982).

Prefiere atmósferas con una humedad relativa de 60% o más (Doorenbos y Kassam, 1979).

Viento:

Los vientos por arriba de 4 m/s son muy perjudiciales ya que provocan la caída de los seudotallos. Si este tipo de vientos son frecuentes, se recomienda la instalación de cortinas rompevientos (Doorenbos y Kassam, 1979).

Vientos de más de 40 km h⁻¹, si son frecuentes, afectan seriamente las plantaciones de plátano. En algunos casos es conveniente colocar cortina rompevientos (Montaldo, 1982; Heuzé y Tran, 2013).

REQUERIMIENTOS EDÁFICOS

Profundidad de suelo:	<p>Requiere un mínimo de 1.80 m de espesor de suelo. El manto freático no debería estar nunca por encima de 90 a 120 cm de profundidad (Benacchio, 1982).</p> <p>La profundidad del sistema radical generalmente no excede de 0.75 m. En general el 100% del agua se obtiene de la primera capa de suelo de 0.5 a 0.8 m de profundidad, y el 60% de la primera capa de 0.3 m (Doorenbos y Kassam, 1979).</p>
Textura:	<p>El suelo ideal es un suelo franco, aunque se produce muy bien en suelos con textura franco-arcillosa (Benacchio, 1982).</p> <p>El desarrollo radical es mejor en suelo de textura de migajón (Egbert, 1977).</p> <p>Para este cultivo son mejores los suelos limosos (Doorenbos y Kassam, 1979).</p> <p>Son ideales los suelos aluviales (Ochse <i>et al.</i>, 1972).</p> <p>Son preferibles arcillas friables (Heuzé y Tran, 2013).</p>
Drenaje:	<p>Requiere suelos bien aireados y drenados. Cortos periodos de anegamiento, si el drenaje es rápido, no afectan seriamente el cultivo, sin embargo, en general el plátano no tolera encharcamientos (Benacchio, 1982; Heuzé y Tran, 2013).</p>
pH:	<p>6.0 a 7.5, siendo el ideal 6.5 (Benacchio, 1982).</p> <p>Plantas de plátano vigorosas, saludables y productivas ocurren en suelos con pH de 4.5 a 8.0. Sin embargo, a pH bajo, el efecto de sigatoka negra es más severo; fuera de valores de pH de 6.0 a 7.0, es afectada la absorción de algunos nutrientes; en suelos ácidos, el plátano sufre deficiencias de Fósforo y en suelos básicos la nutrición con Potasio es limitante (Egbert, 1977).</p> <p>Se adapta a suelos con reacción que varía de 4.5 a 7.5 (Ochse <i>et al.</i>, 1972; Heuzé y Tran, 2013).</p> <p>Óptimo entre 5.0 y 7.0 (Doorenbos y Kassam, 1979).</p> <p>Desarrolla bajo un rango de 4.5 a 8.4, siendo el óptimo 6.5 (FAO, 1994).</p> <p>pH óptimo 5.3-6.5 (Castellanos <i>et al.</i>, 2000).</p>
Salinidad/Sodicidad:	<p>Medianamente tolerante a la salinidad (Aragón, 1995).</p> <p>La acumulación de sales en la superficie del suelo a concentración mayor de 500 ppm, es tóxica para el plátano (Egbert, 1977).</p>
Fertilidad y química del suelo:	<p>Los requerimientos nutricionales para producir 1 t de fruto son: 8.5-1.5-17.5 kg de N-P₂O₅-K₂O; es un cultivo de alta respuesta a Potasio (Castellanos <i>et al.</i>, 2000).</p> <p>El Nitrógeno aumenta el crecimiento vegetativo, el Potasio tiene efecto en el peso del racimo y el Azufre favorece el crecimiento radical y da vigor a la planta (Wichmann, 1992).</p>

CARACTERÍSTICAS DE RESPUESTA AL CAMBIO CLIMÁTICO

- Respuesta a ambientes enriquecidos de CO₂:** Sensible a 1000 μmol mol⁻¹ de CO₂; ya que disminuye su eficiencia de carboxilación respecto a 350 μmol mol⁻¹, a pesar de que aumenta la tasa de asimilación de CO₂ y, con ello el área foliar y peso seco (Schaffer *et al.*, 1996). A concentraciones de 800 ppm durante un año, incrementan la tasa fotosintética, la acumulación de biomasa, el rendimiento y el peso del fruto (Schaffert *et al.*, 1999).
- Captura de carbono:** El potencial de secuestro de carbono es de 24-31.9 t ha⁻¹ (Segura y Andrade, 2008).
- Respuesta a ozono:** De acuerdo con Krupa y Kickert (1989) y Fares *et al.* (2010), los frutales C₃ son muy sensibles a incrementos de O₃, y se puede afectar el rendimiento, debido a que al estar en contacto con los estomas, el O₃ oxida los tejidos de la hoja y reduce la asimilación de CO₂. Retrasa la maduración de la fruta al actuar rompiendo la molécula de etileno por oxidación.
- Resistencia a sequía:** Sensible al estrés por déficit de humedad, debido a su temprano cierre de estomas, en consecuencia reduce su conductancia estomática, el tamaño de hojas, su crecimiento, aumenta su senescencia y el fruto se daña (Turner y Thomas, 1998). Existen genotipos tolerantes a sequía que han mostrado 10% menos de reducción en sus características morfológicas y fisiológicas (Surendar *et al.*, 2013).
- Tolerancia a altas temperaturas:** El plátano es sensible a altas temperaturas, ya que éstas afectan durante los periodos de floración y fructificación, disminuyendo la producción (Mathur *et al.*, 2012). Además afectan la calidad del fruto en su coloración amarillo oro (Dinsh y Reddy, 2012). En postcosecha, altas temperaturas resultan en daño a la maduración del fruto, debido a la retención de clorofila que no es fotosintéticamente activa (Blackbourn *et al.*, 1989; Ahmad *et al.*, 2001).

RÁBANO



CARACTERÍSTICAS DESCRIPTIVAS

- Nombre científico:** *Raphanus raphanistrum* var. *sativus* (L.) G. Bec.
- Nombres comunes:** Rábano, rabanito, nabón.
- Familia:** Brassicaceae (Cruciferae).
- Origen:** Se cree que posiblemente deriva de *Raphanus maritima* de las costas del Mediterráneo (Perdomo y Mondragón, 2009). Extremo Oriente (Asia y Región Mediterránea) (IICA, 2007). Posiblemente originario de China e introducido a Asia Central donde se obtuvieron las formas cultivadas y de ahí llevado a Egipto, Grecia y Roma (Fonnegra y Jiménez, 2007).
- Distribución:** Se encuentra en diversas partes del mundo donde predomina el clima de tipo subtropical (Perdomo y Mondragón, 2009). En México, se distribuye en los estados de Baja California, Chiapas, Colima, Morelos, Nuevo León, Oaxaca, Querétaro y Veracruz (Espinosa, citado por Perdomo y Mondragón, 2009).
- Adaptación:** Se adapta a zonas con clima de tipo tropical húmedo y seco (Aw), tropical húmedo (Ar), subtropical húmedo (Cf), subtropical con inviernos húmedos (Cs) y subtropical con inviernos secos (Cw) (FAO, 2000).
- Ciclo de madurez:** Anual o bianual.
El ciclo del cultivo requiere como mínimo 50 días y como máximo 80 días (FAO, 2000). Ciclo vegetativo de 20 hasta 30 días (IICA, 2007).
- Tipo fotosintético:** C₃.

REQUERIMIENTOS CLIMÁTICOS

Fotoperíodo:	Hay variedades que requieren un fotoperíodo entre 12 y 14 horas, y variedades de días largos (>14 horas luz) (FAO, 2000).
Temperatura:	Requiere de una temperatura óptima de 12 a 16 °C, pudiendo desarrollarse a temperaturas mínimas de 10°C y máximas de 37°C (FAO, 2000). Requiere de 15 a 18°C para su desarrollo óptimo, siendo ligeramente tolerante a heladas (IICA, 2007). Para la germinación la temperatura mínima, óptima y máxima son 16, 20-25 y 30-35°C, respectivamente. La temperatura de congelación es de -2°C, mientras que la mínima, óptima y máxima para desarrollo son en ese orden 8, 18-22 y 30°C (Yuste, 1997a).
Precipitación (agua):	Anualmente requiere de 1000 a 1500 mm para su desarrollo óptimo, pudiendo tolerar valores extremos de 800 a 2800 mm anuales (FAO, 2000). Para plantas con una altura promedio de 30 cm, el coeficiente de cultivo para las etapas inicial, intermedia y tardía es 0.7, 0.9 y 0.85, respectivamente (Allen <i>et al.</i> , 2006).
Humedad relativa:	Requiere alta humedad relativa, superior a 60%. Las condiciones de conservación en cámara frigorífica son 0°C y 90-95% de humedad relativa (Yuste, 1997a).

REQUERIMIENTOS EDÁFICOS

Profundidad de suelo:	Se desarrolla bien en suelos profundos (mayores a 150 cm de profundidad) (FAO, 2000).
Textura:	Los suelos de textura media o ligera producen buen desarrollo de este cultivo, aunque también se puede desarrollar en suelos de textura pesada (FAO, 2000). Los suelos más aptos para esta hortaliza son los francos y franco-arcillosos (Martínez <i>et al.</i> , 2003).
Drenaje:	Le son favorables suelos con buen drenaje (FAO, 2000).
pH:	Los valores óptimos de pH para este cultivo oscilan entre 6 y 7, pudiéndose desarrollar en suelos con pH de 4.3 y 8.3 (FAO, 2000).
Salinidad/Sodicidad:	Tolera una conductividad eléctrica de 1.2 dS m ⁻¹ sin afectaciones al rendimiento, y, a 2, 3.1, 5 y 8.9 dS m ⁻¹ el rendimiento se reduce 10, 25, 50 y 100% (Ayers y Westcot, 1985).

CARACTERÍSTICAS DE RESPUESTA AL CAMBIO CLIMÁTICO

Respuesta a ambientes enriquecidos de CO₂:	Con un incremento de CO ₂ de 300 ppm y a 25°C, el factor de incremento de la productividad en rábano es de 1.5, mientras que a 12°C, este factor es nulo, o sea de un valor 1.0 (Idso y Kimball, 1989).
--	--

El efecto de incrementar el CO₂ a 600 ppm en rábano silvestre consistió en un incremento en la acumulación de biomasa, de la tasa fotosintética, de la eficiencia en el uso del agua, de la cantidad de Nitrógeno por unidad de área foliar, y de los niveles de almidón y de azúcar soluble en hojas. También consistió en la disminución del área foliar específica y de la concentración de Nitrógeno en hojas (Chu *et al.*, 1992). El CO₂ elevado (750 μmol mol⁻¹) incrementó el peso seco en raíces de almacenamiento en un 105% a los 46 días después del trasplante, aparentemente aumentando la capacidad de captura de carbono. Esta capacidad incrementada pareció ser la responsable de la absorción de niveles elevados de fotosintatos, dando como resultado la ausencia de cualquier sobreacumulación de carbohidratos en las hojas fuente y la ausencia de aclimatación negativa de la capacidad fotosintética a niveles elevados de CO₂ (Usuda y Shimogawara, 1998).

La tasa de fotosíntesis y la acumulación de peso se incrementan 20-28% y 27%, respectivamente con un nivel de CO₂ de 750 μmol mol⁻¹ (Usuda, 2006).

Respuesta a ozono:

En rábano, las lesiones inducidas por el ozono aparecen como lesiones de rojizas a cloróticas que afectan al haz de la hoja. Las lesiones aparecen primero en las hojas más viejas (Sanz *et al.*, 2001).

Resistencia a sequía:

Tiene relativa resistencia a la sequía. Al ocurrir la sequía las hojas pierden turgencia y los rábanos no se ven afectados de inmediato. Sin embargo, al persistir la sequía pueden resultar afectados en su calidad comercial.

Tolerancia a altas temperaturas:

El rábano es una especie de climas templados, por lo que altas temperaturas (>30°C) lo pueden dañar. Si estas temperaturas ocurren, debe protegerse al cultivo.

RAMBUTÁN



CARACTERÍSTICAS DESCRIPTIVAS

Nombre científico:	<i>Nephelium lappaceum</i> L.
Nombres comunes:	Rambután.
Familia:	Sapindaceae.
Origen:	Especie originaria del continente asiático, específicamente de Indonesia y Malasia (Chavarría, 2010).
Distribución:	Latitudinalmente se distribuye desde los 15 hasta los 17° N y S (FAO, 2000). Exóticamente se distribuye en Australia, Brasil, Camboya, Camerún, China, Honduras, India, Liberia, México, Panamá, Papúa y Nueva Guinea, Filipinas, Singapur, Sri Lanka, Tanzania, Tailandia, USA, Vietnam y Zanzíbar (Orwa <i>et al.</i> , 2009).
Adaptación:	Se adapta al trópico seco (Aw) y trópico húmedo (Af) (FAO, 2000).
Ciclo de madurez:	Perenne. Requiere de 107 a 111 días del amarre de fruto a la cosecha (Zee, 1995).
Tipo fotosintético:	C ₃ .

REQUERIMIENTOS CLIMÁTICOS

Altitud:	Crece desde los 0 hasta los 1950 msnm (FAO, 2000).
Fotoperíodo:	Se puede encontrar como planta de día corto, día largo o día neutro (FAO, 2000). La inducción floral es independiente del fotoperíodo (Zee, 1995).

Radiación (Luz):	Es una planta que requiere abundante radiación solar. Puede aclimatarse a interiores con menor cantidad de luz, pero prefiere ambientes con alta cantidad de luz.
Temperatura:	Se adapta a regiones con temperatura media anual entre 22 y 30°C, y es sensible a temperaturas por debajo de 10°C (Tindal; citado por Dinesh y Reddy, 2012). Los rangos óptimos de temperatura van de 21-35°C anuales, con valores extremos mínimos de 10°C y máximos de 42°C (FAO, 2000). Desarrolla mejor en un rango de temperatura de 22 a 35°C (Zee, 1995).
Precipitación (agua):	Crece mejor en regiones donde llueve alrededor de 2000 a 3000 mm anuales (Zee, 1995), pudiéndose desarrollar en regiones con precipitaciones que fluctúen de 1400 a 4000 mm anuales (FAO, 2000).
Humedad relativa:	Baja humedad relativa (< 55%) combinada con la presencia de vientos durante la fructificación, puede causar pérdida excesiva de humedad en estructuras de fructificación y resultar en una pobre aparición de frutos (Zee, 1995).

REQUERIMIENTOS EDÁFICOS

Profundidad de suelo:	Requiere de suelos con profundidades de más de 150 cm, desarrollándose también en suelos con profundidades de 50-150 cm (FAO, 2000).
Textura:	Los suelos con texturas media, pesada, ligera y orgánica son aptos para el desarrollo de esta especie, siendo los suelos de textura media los más productivos (FAO, 2000). Prefiere suelos con textura migajón-arcillosa (Zee, 1995).
Drenaje:	Buen drenaje (FAO, 2000).
pH:	Crece en suelos con pH de 4.5 a 7.5, con valores óptimos de 5-6.5 (Zee, 1995; FAO, 2000).
Salinidad/Sodicidad:	Presenta poca tolerancia a la salinidad (<4dS m ⁻¹) (FAO, 2000).
Fertilidad y química del suelo:	Para árboles en crecimiento, se requiere aplicar 200 g de N, 25 g de P y 100 g de K por árbol por año de edad. Para los primeros 4 años, los fertilizantes deberían ser suministrados en 4 aplicaciones iguales, cada 3 meses. Para árboles en fructificación, se recomiendan 200 g N, 25 g P y 130 g K por árbol por año de edad. La máxima proporción de fertilizante se alcanza a los 12 años de edad del árbol, la cual se debe mantener constante de ahí en adelante. Para árboles en fructificación, una cuarta parte del fertilizante anual debería ser aplicado 4 semanas después del amarre de fruto; la mitad del fertilizante debería ser aplicado inmediatamente después de la cosecha, y la cuarta parte remanente debería ser aplicada 9 semanas después de la cosecha. Adicionalmente se debe aplicar 0.4 kg de dolomita por árbol por año de edad en los meses de lento crecimiento del árbol (Zee, 1995).

CARACTERÍSTICAS DE RESPUESTA AL CAMBIO CLIMÁTICO

- Resistencia a sequía:** El estrés por sequía puede inducir la floración (Zee, 1995). Sin embargo, un estrés prolongado daña al cultivo. En caso de tener un periodo de sequía de más de dos meses, se recomienda establecer un sistema de riego para que pueda prosperar este cultivo (Ramirez *et al.*, 2012).
- Tolerancia a altas temperaturas:** Puede tolerar temperaturas mayores a 37-39°C sin problema, siempre que la humedad relativa no sea baja. Varias referencias catalogan al mildiú polvoso como la enfermedad más importante del rambután en el campo. Es causada por un hongo del género *Oidium* sp., el cual ataca flores, frutos y brotes nuevos. El desarrollo del hongo es usualmente favorecido por condiciones de baja humedad y altas temperaturas ambientales (Ramirez *et al.*, 2012).

ROSA



CARACTERÍSTICAS DESCRIPTIVAS

Nombre científico:	<i>Rosa</i> spp.
Nombres comunes:	Rosa, rosal.
Familia:	Rosaceae.
Origen:	Regiones septentrionales de Asia y Europa (Bañón <i>et al.</i> , 1993).
Distribución:	55°LN a 50°LS.
Adaptación:	Regiones subtropicales y templadas.
Ciclo de madurez:	30 a 60 días entre cortes, dependiendo de los cultivares, condiciones de temperatura y el nivel de iluminación (Bañón <i>et al.</i> , 1993).
Tipo fotosintético:	C ₃ .

REQUERIMIENTOS CLIMÁTICOS

Fotoperíodo:	No existen reportes relacionados con sensibilidad al fotoperíodo en relación a la floración, por lo que pueden producirse rosas todo el año, sin necesidad de variar artificialmente la duración del día o la noche (Bañón <i>et al.</i> , 1993).
Radiación (Luz):	El nivel de iluminación está directamente relacionado con la producción del rosal, por lo que el rendimiento es mayor en primavera que en otoño. En zonas con bajo nivel de iluminación el color de la flor es menos brillante, el follaje crece con problemas y las posibilidades de desarrollo de enfermedades fungosas son mayores (Bañón <i>et al.</i> , 1993).

Temperatura:

Debido a que presentan dormancia, las semillas del rosal no germinan fácilmente; por esta razón deben ser estratificadas en arena o en turba húmeda a 2-4°C. Al terminar la dormancia (visible al observar algunas semillas germinadas) la temperatura óptima para germinación es 20°C. Con temperaturas superiores a los 45°C, la planta sufre daños, no siendo aconsejable rebasar los 30°C, ya que se producen alteraciones fisiológicas negativas para el cultivo. Las óptimas, que dependen de la iluminación, se sitúan por los 21-24°C durante el día y por 15-16°C durante la noche, aunque hay algunos cultivares que se desarrollan bien a temperaturas de 13°C. Los valores mínimos letales son -1°C en la fase de crecimiento y de -17 a -20°C durante el reposo invernal (Bañón *et al.*, 1993), si éste se produce.

Requiere temperaturas mínimas para vegetar de 5-6°C y de 12-14°C para formar el botón floral. Para que se produzca la fecundación son necesarias temperaturas superiores a 14°C (Bensa, citado por Bañón *et al.*, 1993).

A 17.5°C aumenta la longitud del tallo y disminuye el crecimiento radicular. A 22.5°C las raíces tienen aproximadamente la mitad del diámetro que las raíces que crecen a 13.5°C (Daza, citado por Bañón *et al.*, 1993).

Precipitación (agua):

El consumo medio de agua es de la siguiente manera: 20-32 L semana⁻¹ m⁻² en invierno; 32-50 L semana⁻¹ m⁻² en otoño; 50 L semana⁻¹ m⁻² en primavera y 57-53 L semana⁻¹ m⁻² en verano (Daza, citado por Bañón *et al.*, 1993).

Humedad relativa:

Durante el periodo de brotación de las yemas y crecimiento de los brotes, es aconsejable una humedad relativa alta (80-90%) a fin de estimular el crecimiento, para posteriormente estabilizarla a valores del 70-75%. Una caída de la humedad relativa por debajo del 60% puede ocasionar ciertos desarreglos fisiológicos en determinados cultivares tales como deformación de botones, hojas menos desarrolladas, vegetación pobre, caída total de hojas y otros. Sin embargo, una alta humedad relativa también puede ser causa de desarrollo de enfermedades como *Botrytis* (Bañón *et al.*, 1993).

REQUERIMIENTOS EDÁFICOS**Profundidad de suelo:**

El sistema radicular del rosal tiende a ser superficial, por lo que puede prosperar aún en suelos delgados de entre 25 y 50 cm (Bañón *et al.*, 1993).

Textura:

Prefiere suelos medianamente compactos sobre un suelo muy ligero (Bañón *et al.*, 1993) por lo que puede prosperar en suelos con textura franco-arcillosa, migajón-arcillo-limosa, limo o incluso arcillosa, siempre que no se descuide un buen drenaje interno.

Drenaje:

El rosal requiere suelos muy bien drenados, ya que sus raíces necesitan una alta posibilidad de oxígeno. Los terrenos mal drenados pueden provocar afecciones sanitarias, disminución del rendimiento y acortamiento de la vida útil de la plantación (Bañón *et al.*, 1993).

pH:	El rango de pH óptimo se sitúa entre 6.0 y 7.5 (Tesi, citado por Bañón <i>et al.</i> , 1993).
Salinidad/Sodicidad:	Se considera una planta de mediana tolerancia a la salinidad. Un exceso de sales reduce el rendimiento. El contenido de caliza activa no debe ser superior al 10% (Bañón <i>et al.</i> , 1993).

CARACTERÍSTICAS DE RESPUESTA AL CAMBIO CLIMÁTICO

Respuesta a ambientes enriquecidos de CO₂:	<p>La fotosíntesis se incrementó de 3.66-4.96 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ a 10.42-11.59 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{s}^{-1}$ al pasar de una concentración ambiente a 1000 $\mu\text{mol mol}^{-1} \text{CO}_2$. La clorofila a y b, así como la concentración total de clorofila en hojas, se incrementa a 1500 $\mu\text{mol mol}^{-1} \text{CO}_2$. El peso específico de la hoja y el peso seco de raíz también se incrementaron a 1000 $\mu\text{mol mol}^{-1} \text{CO}_2$ (Pandey <i>et al.</i>, 2009).</p> <p>La planta responde con un 50% de incremento en la tasa de fotosíntesis cuando la concentración de CO₂ es de 800 $\mu\text{mol mol}^{-1}$ y la temperatura es de 32°C, en comparación con condiciones de 22°C y 380 $\mu\text{mol mol}^{-1} \text{CO}_2$ (Mortensen y Gisle-rod, 2006).</p>
Resistencia a sequía:	Como la mayoría de las plantas productoras de flores, la resistencia a la sequía es mínima en la etapa de floración. En etapa de crecimiento vegetativo es más resistente a la sequía, pero en términos generales no se recomienda permitir que las plantas experimenten periodos de sequía prolongada en ninguna época, para no afectar la producción de flores.
Tolerancia a altas temperaturas:	<p>Con temperaturas superiores a los 45°C, se presentan daños en la planta. Temperaturas por arriba de los 30°C no son convenientes para una producción óptima de flores (Bañón <i>et al.</i>, 1993).</p> <p>La fotosíntesis neta es cero cuando la temperatura sube a 32°C en condiciones de CO₂ ambiente (Mortensen y Gisle-rod, 2006).</p>

SANDÍA



CARACTERÍSTICAS DESCRIPTIVAS

Nombre científico:	<i>Citrullus vulgaris</i> Schrad.
Nombres comunes:	Sandía, patilla.
Familia:	Cucurbitaceae.
Origen:	África y Asia tropical y subtropical (González, 1984). África (Mathew, 2012).
Distribución:	45°LN a 40°LS (Benacchio, 1982).
Adaptación:	Regiones tropicales y subtropicales áridas, semiáridas y sub húmedas (González, 1984). Clima cálido seco (Salaya <i>et al.</i> , 2002; Mathew, 2012).
Ciclo de madurez:	80-110 días (Doorenbos y Kassam, 1979). 70-120 días (Baradas, 1994).
Tipo fotosintético:	C ₃ .

REQUERIMIENTOS CLIMÁTICOS

Altitud:	0-400 m (Benacchio, 1982). También se puede cultivar a mayores altitudes pero considerando que la época de cultivo debe ser cálida.
-----------------	---

Fotoperíodo:	<p>Especie indiferente a la duración del día (Doorenbos y Kassam, 1979).</p> <p>Es indiferente a la duración del día, sin embargo, la floración se inicia más temprano cuando el fotoperíodo es de 12 horas comparado con un fotoperíodo más largo (Huerres y Caraballo, 1988).</p> <p>Días largos y altas temperaturas favorecen la formación de flores masculinas; días cortos y temperaturas moderadas favorecen la formación de flores femeninas (Monardes <i>et al.</i>, 2009).</p>
Radiación (Luz):	<p>Es una planta exigente de luz; si la intensidad de luz es insuficiente o existe sombra, las plantas se desarrollan deficientemente, afectando tanto el rendimiento como la calidad del fruto, mediante la reducción de la acumulación de azúcares (Huerres y Caraballo, 1988; Monardes, 2009; Mathew, 2012).</p>
Temperatura:	<p>Rango, 18-32°C (Guenkov, 1969).</p> <p>La temperatura óptima es de 25°C y el balance nutricional se afecta considerablemente cuando las temperaturas descienden por debajo de 12°C y cuando sobrepasan los 40°C. La fecundación también se afecta significativamente cuando la temperatura rebasa los 32°C, debido a que se demora el crecimiento del tubo polínico. La germinación se inicia a temperaturas de 14-16°C, pero la óptima para que se produzca en 5-6 días es de 20°C (Huerres y Caraballo, 1988).</p> <p>Rango, 10-35°C; la media óptima está entre 22 y 29°C, con un óptimo para fotosíntesis de 25-30°C (Benacchio, 1982).</p> <p>Es una especie sensible a las heladas y la temperatura media diaria óptima va de 22 a 30°C, con un rango de 18 a 35°C (Doorenbos y Kassam, 1979).</p> <p>El punto de congelación se ubica en 0°C, el crecimiento cero en 11-13°C, el crecimiento óptimo en 23-28°C y la floración óptima en 18-20°C. Las temperaturas mínima, máxima y óptima para germinación son 13, 45 y 25°C, respectivamente (Yuste, 1997a).</p> <p>Óptimo 24-27°C; noches frescas y días cálidos permiten frutos dulces (Mathew, 2012).</p>
Precipitación (agua):	<p>Necesita de 400 a 600 mm por ciclo de producción y requiere de un tiempo meteorológico seco para la maduración del fruto (Baradas, 1994).</p> <p>Bajo temporal, se cultiva en áreas donde caen desde 400 hasta 1200 mm de precipitación. Sin embargo no es conveniente sembrarla donde la precipitación anual supere los 600 mm, ya que le afectan mucho las enfermedades fúngicas. Es preferible cultivarla bajo riego. El periodo crítico por exigencia de agua es el que va de la fructificación hasta principios de la maduración (Benacchio, 1982).</p> <p>En condiciones de evapotranspiración entre 5 y 6 mm/día, el cultivo puede agotar el agua disponible en el suelo hasta un 40 o 50% antes de que se vea afectada la evapotranspiración máxima del cultivo (Doorenbos y Kassam, 1979).</p> <p>Para plantas con una altura promedio de 40 cm, el coeficiente de cultivo (Kc) para las etapas inicial, intermedia y tardía es 0.4, 1.0 y 0.75, respectivamente (Allen <i>et al.</i>, 2006).</p>

Humedad relativa: Prefiere un ambiente relativamente seco (Benacchio, 1982; Mathew, 2012).
Alta humedad relativa propicia enfermedades fungosas y el fruto se pudre (Salaya *et al.*, 2002).
La óptima para el desarrollo de las plantas es de 65%-75%, para la floración 60 -70% y para la fructificación, 55%-65% (Monardes, 2009).
Prospera bajo condiciones intermedias de humedad ambiental. Las condiciones de conservación en cámara frigorífica son 2-4°C y 85-90% de humedad relativa (Yuste, 1997a).

REQUERIMIENTOS EDÁFICOS

Profundidad de suelo: Requiere un mínimo de 35-50 cm de espesor de suelo (Aragón, 1995).

La zona radical activa, donde se extrae la mayor parte del agua (sin restricción de este recurso) está limitada a la primera capa de 1.0 a 1.5 m (Doorenbos y Kassam, 1979).

Textura: Requiere suelos ligeros, preferentemente franco-arenosos. En otro tipo de texturas, basta con que haya un buen drenaje (Benacchio, 1982).

Prefiere los limos arenosos. En suelos de textura pesada se logra un menor desarrollo del cultivo y frutos agrietados (Doorenbos y Kassam, 1979).

Drenaje: Requiere suelos con buen drenaje (FAO, 1994).

La sandía es extremadamente sensible a suelos con drenaje deficiente (Monardes, 2009).

pH: El rango de pH deseable va de 5.5 a 6.5 y tiene una alta tolerancia a la acidez (Castaños, 1993).

Su rango de pH es 5 a 6.8; tolera acidez pero no alcalinidad (Benacchio, 1982).

5.8 a 7.2 (Doorenbos y Kassam, 1979; Castellanos *et al.*, 2000).

Salinidad/Sodicidad: Medianamente tolerante a la salinidad (Aragón, 1995).

El cultivo es moderadamente sensible a la salinidad. La disminución de rendimiento debida a la salinidad parece ser similar a la del pepino, o sea: 0% para conductividad eléctrica de 3.5 dS m⁻¹; 10% para 3.3 dS m⁻¹; 25% para 4.4 dS m⁻¹; 50% para 6.3 dS m⁻¹ y 100% para 10 dS m⁻¹ (Doorenbos y Kassam, 1979).

Cultivo sensible a la salinidad (Sánchez, 2001).

Moderadamente tolerante a la presencia de sales tanto en el suelo como en el agua de riego. Los valores máximos aceptables son: 2.2 dS m⁻¹ en el suelo y 1.5 dS m⁻¹ en el agua de riego (Monardes, 2009).

Fertilidad y química del suelo: Requerimientos nutrimentales por hectárea para producir 1 tonelada de fruto de sandía: 3.8-1.0-7.0 kg de N-P₂O₅-K₂O₅ (Castellanos *et al.*, 2000).

CARACTERÍSTICAS DE RESPUESTA AL CAMBIO CLIMÁTICO

Respuesta a ambientes enriquecidos de CO₂:	Se esperaría aumento de área foliar y biomasa debido a mayor actividad fotosintética (Krupa y Kickert, 1989).
Captura de carbono:	Bajo una densidad de plantación de 0.4 plantas m ⁻² , los valores de carbono y CO ₂ por planta para las distintas partes de ésta son: 3.2 y 11.73 g, respectivamente, en raíz; 112 y 411 g en tallo; 121 y 444 g en hojas; 170 y 623 g en fruto; para un total por planta de 406 g C y 1,489 g CO ₂ (Mota, 2011). Bajo estrés ambiental, la sandía reduce la captura de carbono (Martínez <i>et al.</i> , 2009).
Respuesta a ozono:	Sensible, por el tipo de metabolismo fotosintético (Krupa y Kickert, 1989). Alta concentración de nitrógeno disminuye la eficiencia máxima del fotosistema y el rendimiento (Calatayud <i>et al.</i> , 2006b). El nivel crítico de ozono para pérdida del 5% del rendimiento es de 1.56 ppm h ⁻¹ (Rai y Agrawal, 2012).
Respuesta a radiación UV-B:	La presencia de rayos UV-B disminuye la acumulación de biomasa (Krupa y Kickert, 1989).
Resistencia a sequía:	La sandía es relativamente sensible a ambientes con déficit hídrico, debido a su metabolismo fotosintético (Krupa y Kickert, 1989). Durante estrés por sequía se acumula citrulina, fenómeno único en plantas C ₃ , por lo que cambios metabólicos al respecto pueden ser un mecanismo de tolerancia a la sequía (Kawasaki <i>et al.</i> , 2000). El déficit hídrico en floración altera la polinización, afecta el tamaño del fruto y baja los rendimientos (Salaya <i>et al.</i> , 2002). Esta especie presenta moderada resistencia a la sequía, ya que cuando la planta está bajo estrés hídrico su transpiración decrece y registra un índice umbral de estrés en el cultivo de 0.4-0.6 (donde el valor = 0 es sin estrés y 1.0 es déficit hídrico alto y posible muerte de la planta), debido al aumento de temperatura foliar y drástica disminución de la transpiración de las hojas (López <i>et al.</i> , 2009). Variedades triploides, sin semilla, son más tolerantes a la sequía.
Tolerancia a altas temperaturas:	Altas temperaturas y días largos favorecen la formación de flores masculinas (Monardes, 2009). Sin embargo, el balance nutricional se afecta considerablemente cuando las temperaturas sobrepasan los 40°C. La fecundación también se afecta significativamente cuando la temperatura rebasa los 32°C, debido a que se demora el crecimiento del tubo polínico.

SORGO



CARACTERÍSTICAS DESCRIPTIVAS

Nombre científico:	<i>Sorghum bicolor</i> (L.) Moench.
Nombres comunes:	Sorgo.
Familia:	Poaceae (Gramineae).
Origen:	Etiopía (González, 1984).
Distribución:	40°LN a 40°LS (Purselove, 1985).
Adaptación:	Regiones tropicales y subtropicales, cálidas y semicálidas.
Ciclo de madurez:	90-150 días. 85-110 días (Benacchio, 1982). 100-115 días (Baradas, 1994). Crecimiento anual (Acuña <i>et al.</i> , 2002).
Tipo fotosintético:	C ₄ .

REQUERIMIENTOS CLIMÁTICOS

Altitud:	0-600 m (Benacchio, 1982). 0-1700 m (Ruiz, 1996).
Fotoperíodo:	Especie de día corto, aunque hay cultivares de día neutro (Benacchio, 1982). La formación de la panoja y la floración se aceleran en días cortos y se retrasan en días largos (Baradas, 1994).
Radiación (Luz):	Requiere abundante iluminación, sobre todo durante la etapa reproductiva.

Temperatura:	<p>La estación de crecimiento para esta especie comienza y se mantiene mientras la temperatura media diaria sea igual o superior a 18°C (Neild <i>et al.</i>, 1983). La temperatura umbral mínima para germinación es de 10°C (Anda y Pinter, 1994).</p> <p>La temperatura óptima para crecimiento está entre 26.7 y 29.4°C, mientras que la mínima para germinación es de 7.2-10°C y la mínima para crecimiento es de 15.6°C. Temperaturas arriba de 38°C son dañinas. Tolera el calor y la sequía mejor que el maíz (Baradas, 1994).</p> <p>La temperatura base para la etapa siembra-floración está entre 12.7 y 15.2°C para genotipos de origen templado, y entre 14.6 y 15.7°C para genotipos de origen tropical (Ruiz y Soltero, 1993).</p> <p>Su temperatura media óptima de crecimiento es de 26.7°C y de 16°C mínima. Existen variedades para climas templados con temperaturas medias de 15°C. La temperatura media máxima a la que se puede desarrollar el sorgo es de 37.5°C (Santacruz y Santacruz, 2007).</p> <p>Se adapta a temperaturas entre 24 y 30°C. Temperaturas menores a 22°C disminuyen la producción de grano, aunque se mantenga la producción de forraje (Acuña <i>et al.</i>, 2002).</p>
Precipitación (agua):	<p>450-650 mm ciclo⁻¹, siendo la etapa más crítica de embuche a llenado de grano. Tiene alta tolerancia a sequía y a ciertos periodos de encharcamientos. Tiene habilidad para parar el crecimiento ante la sequía y reanudarlo después de ésta (Baradas, 1994).</p> <p>En condiciones en que la evapotranspiración máxima es de 5 a 6 mm día⁻¹, se puede agotar alrededor del 55% del agua total disponible en el suelo, sin reducir la absorción de agua. Durante la maduración se puede agotar incluso hasta el 80% (Doorenbos y Kassam, 1979).</p> <p>En sorgo para grano y plantas con una altura promedio de 1-2 m, el coeficiente de cultivo (Kc) para las etapas inicial, intermedia y final es 0.7, 1-1.1 y 0.55, respectivamente; mientras que en sorgo dulce y en plantas de 1-2 m de altura, los valores de Kc para estas etapas son 0.7, 1.2 y 1.05 (Allen <i>et al.</i>, 2006).</p>
Humedad relativa:	<p>Muy resistente a atmósferas secas. Zonas con alta humedad atmosférica no son deseables (Benacchio, 1982).</p>

REQUERIMIENTOS EDÁFICOS

Profundidad de suelo:	<p>Normalmente, cuando el sorgo está plenamente desarrollado, el 100% del agua se extrae de la primera capa de 1 a 2 m (Doorenbos y Kassam, 1979).</p> <p>Requiere suelos de mediana profundidad (FAO, 1994).</p>
------------------------------	---

Textura:	<p>Prefiere suelos franco-limosos, franco-arcillo-limosos, no calcáreos. En otro tipo de texturas, basta con que haya un buen drenaje (Benacchio, 1982).</p> <p>Prospera en suelos de textura ligera a mediana (Doorenbos y Kassam 1979).</p> <p>Los suelos más favorables son los de textura ligera (Purse-glove, 1985).</p>
Drenaje:	Requiere suelos con buen drenaje (FAO, 1994).
pH:	<p>El óptimo va de 5.5 a 7.5 (Ignatieff; citado por Moreno, 1992)</p> <p>5.5-8.2, se adapta a la acidez como a la alcalinidad (Benacchio, 1982).</p> <p>Su rango de pH está entre 5.0 y 8.5, con un óptimo alrededor de 7.0 (Purse-glove, 1985; FAO, 1994).</p>
Salinidad/Sodicidad:	<p>El sorgo se considera un cultivo moderadamente tolerante a la salinidad del suelo. De acuerdo con Ayers y Westcot (1985) este cultivo puede tolerar una conductividad eléctrica de hasta 6.8 dS m⁻¹ sin afectaciones al rendimiento; sin embargo a 7.4, 8.4, 9.9 y 13 dS m⁻¹ el rendimiento se reduce 10, 25, 50 y 100%.</p>
Fertilidad y química del suelo:	<p>Requiere 90 kg de nitrógeno y 40 de fósforo por hectárea en la siembra, y en la primera escarda otros 90 kg de Nitrógeno. Los fertilizantes comerciales y su cantidad pueden variar de acuerdo a las condiciones de clima y suelo de cada terreno (Santacruz y Santacruz, 2007).</p> <p>Se deben aplicar productos nitrogenados al momento de la siembra y a los 30 y 50 días después (Acuña <i>et al.</i>, 2002). Se recomienda aplicar la dosis 160-40-00; la mitad del Nitrógeno y todo el Fósforo al momento de la siembra y la otra mitad del Nitrógeno en la primera escarda (Medina <i>et al.</i>, 2003).</p>

CARACTERÍSTICAS DE RESPUESTA AL CAMBIO CLIMÁTICO

Respuesta a ambientes enriquecidos de CO₂:	<p>De acuerdo con datos de experimento FACE (Free-Air-Carbon-Enrichment = Enriquecimiento de carbono al aire libre), el sorgo incrementó el rendimiento a 1151 g m⁻² bajo una concentración de CO₂ de 561 mmol mol⁻¹, en comparación con el testigo ambiente de 368 mmol mol⁻¹ bajo un régimen de 396 mm agua disponible durante el ciclo de producción. Bajo estas mismas condiciones de CO₂ pero con 1132 mm de agua disponible durante el ciclo, el sorgo no mostró un incremento significativo en rendimiento. Esto indica que si el incremento de CO₂ en la atmósfera continua, es de esperarse que el rendimiento de sorgo aumente en zonas donde la disponibilidad de agua es limitada (Ottman <i>et al.</i>, 2001). En ambientes de elevado CO₂, se incrementa la respiración de las raíces en un 36.1% (Cheng, 2005).</p>
--	---

Captura de carbono:	Los sistemas de cero labranza y labranza reducida ofrecen ventajas en el secuestro de carbono en suelo, ya que permiten almacenar 100 y 91 Mg ha ⁻¹ en comparación con el sistema de labranza convencional en el que sólo se almacenan 85 Mg ha ⁻¹ (Meki <i>et al.</i> , 2013).
Respuesta a ozono:	El sorgo para grano tiene una considerable tolerancia a O ₃ ; los rendimientos no son afectados por concentraciones inferiores a 0.10 ppm. A 0.13 ppm de O ₃ , aplicados por 7 horas día ⁻¹ , la pérdida de rendimiento asciende a 15%. A partir de esa concentración la pérdida en rendimiento de grano se hace más significativa conforme se incrementa la concentración de ozono. A 0.102 y 0.129 ppm se presentan heridas foliares. Las pérdidas de rendimiento se deben a reducciones en el peso individual de semilla (Kress y Miller, 1985).
Resistencia a sequía:	Resiste largos periodos de sequía (Acuña <i>et al.</i> , 2002). Presenta buena tolerancia a la sequía, sobre todo en condiciones semiáridas, con precipitación anual de 500 a 800 mm (Cook <i>et al.</i> , 2005). El sorgo es tolerante a la sequía gracias a su sistema de raíces. Se comporta mejor que el maíz en condiciones de sequía y por lo tanto ocupa territorios dejados por el maíz en regiones semiáridas propensas al estrés hídrico (FAO, 2013).
Tolerancia a altas temperaturas:	El sorgo requiere temperaturas altas para su desarrollo normal, siendo por lo tanto más sensible a las bajas temperaturas que a altas temperaturas.

SOYA



CARACTERÍSTICAS DESCRIPTIVAS

Nombre científico:	<i>Glycine max</i> L.
Nombres comunes:	Soya, frijol soya.
Familia:	Fabaceae (Leguminosae).
Origen:	China (Vavilov, 1951).
Distribución:	55-57°LN a 55-57°LS (Duke; Rachie y Roberts; citados por Summerfield y Roberts, 1985e).
Adaptación:	Regiones subtropicales y tropicales (González, 1984), cálidas y semicálidas. El 90% de la soya cultivada a nivel mundial, crece en regiones tropicales semiáridas (Thuzar <i>et al.</i> , 2010).
Ciclo de madurez:	90-150 días (Benacchio, 1982). 100-130 días (Doorenbos y Kassam, 1979). Periodo promedio de crecimiento, 65-90 días (Baradas, 1994).
Tipo fotosintético:	C ₃ .

REQUERIMIENTOS CLIMÁTICOS

Altitud:	0-800 m (Benacchio, 1982). 0-1600 m (Ruiz, 1984). 0-2000 m y en algunos lugares tropicales hasta 3000 m (Aceves <i>et al.</i> , 2008b).
-----------------	---

Fotoperíodo:

Sensible al fotoperíodo, algunas variedades florecen bajo días cortos, mientras que otras en días largos (Baradas, 1994; Gazzoni, 1995; Schapaugh, 1997; Aceves *et al.*, 2008b).

Los cultivares de soya que responden al fotoperíodo pueden florecer cuando la longitud del día se hace menor que su fotoperíodo crítico (periodo con luz más largo bajo el cual la planta puede florecer). Las variedades que tienen un fotoperíodo crítico relativamente largo, están adaptadas a todas las estaciones en las latitudes septentrionales. Las que tienen un fotoperíodo crítico más corto están adaptadas a latitudes subtropicales o tropicales. Esta característica se ha utilizado en Estados Unidos para clasificar los cultivares de soya en 12 grupos. Los grupos 00, 0 y I están adaptados a las regiones del Norte de los Estados Unidos y Canadá, los grupos de números mayores se encuentran más adaptados a las regiones meridionales. El grupo de maduración más tardía es el grupo X (Gazzoni, 1995).

La soya es una de las clásicas plantas de día corto. Algunos genotipos responden al fotoperíodo como plantas de día corto de manera cuantitativa y otros genotipos lo hacen de manera cualitativa (Summerfield y Roberts, 1985e).

El fotoperíodo crítico (duración del día sobre la cual se evita la floración) difiere ampliamente entre cultivares; desde 13 horas para genotipos adaptados a los trópicos hasta 18 a 24 horas para cultivares utilizados en latitudes más extremas (Summerfield y Roberts, 1985e).

Radiación (Luz):

El punto de compensación de luz se define como el nivel de luz en el cual la fotosíntesis compensa la respiración, determinando que la fotosíntesis neta sea igual a cero. Wang y Wang citados por Gazzoni, (1995), establecieron en 20 variedades, que el punto de compensación de la soya se encuentra entre valores de 400 a 1150 lux, pero Beuerlein y Pendleton, citados por Gazzoni (1995) encontraron que dicha variación se encontraba entre 1600 y 1800 lux.

Temperatura:

La temperatura óptima se encuentra entre 22 y 30°C. Temperaturas nocturnas cercanas a 13°C tienden a retrasar significativamente el desarrollo (Baradas, 1994).

El rango térmico es 18-35°C, con un óptimo entre 20 y 25°C. La temperatura mínima para desarrollo es 10°C y para la producción de cosecha 15°C (Doorenbos y Kassam, 1979).

Cuando la temperatura es inferior a 22°C, se retrasa la iniciación de las vainas y a temperaturas menores de 14°C, no existe formación de vainas (Hesketh *et al.*, 1973; Thomas y Raper, 1981).

Es una especie sensible a heladas y algunas variedades necesitan que la temperatura se mantenga por arriba de 24°C para que se produzca la floración (Doorenbos y Kassam, 1979).

Las temperaturas nocturnas apropiadas para floración y reproducción, son de 21 a 27°C. Por debajo de 21°C disminuye la formación de vainas (Thomas y Raper, 1981).

La óptima para siembra es de 15 a 18°C, para floración 25°C, aunque puede iniciar con temperaturas cercanas a 13°C; mientras que la temperatura óptima para desarrollo está entre 20 y 30°C, aunque mientras más cercana a 30°C esté la temperatura, es mejor (Aceves *et al.*, 2008b).

Precipitación (agua):

Requiere 530 mm ciclo⁻¹ en promedio, con un requerimiento por día en promedio de 3.3 mm. Crece mejor en climas húmedos con abundante lluvia durante la estación de crecimiento y clima seco durante la maduración. El periodo más crítico por agua es desde la diferenciación floral hasta el final de la formación de vainas (Baradas, 1994).

Las necesidades de agua para una producción máxima varían entre 450 y 700 mm temporada⁻¹, dependiendo del clima y de la duración del periodo vegetativo. El nivel permisible de agotamiento de la humedad disponible del suelo, para no reducción de rendimiento es de 55% (Doorenbos y Kassam, 1979).

Antes de la floración, la planta tolera la sequía (Crispín y Barriga, 1978).

El óptimo para altos rendimientos es de aproximadamente 600 mm por ciclo. En suelos de textura fina, se requieren alrededor de 250 mm en etapa de floración. Los suelos de textura media requieren de 25 a 50 mm de agua cada 3 a 7 días durante las etapas críticas (Rogers, 1997).

Requiere de 250 hasta 840 mm de agua por ciclo, siendo las etapas críticas siembra-emergencia y el llenado de vainas (Aceves *et al.*, 2008b).

Para plantas con una altura promedio de 0.5 a 1.0 m, los coeficientes de cultivo (Kc) para las etapas de desarrollo inicial, intermedia y final son 0.5, 1.15 y 0.5, respectivamente (Allen *et al.*, 2006).

Humedad relativa:

Prefiere atmósferas moderadamente húmedas o ligeramente secas, ya que es una especie susceptible a enfermedades, sobre todo en zonas tropicales y subtropicales, donde llegan a combinarse altas temperaturas con alta humedad (Tadashi, 1995).

REQUERIMIENTOS EDÁFICOS**Profundidad de suelo:**

Las raíces de esta planta se concentran generalmente en la primera capa de 0.6 m, o incluso a veces en la primera capa de 0.3 m, sin embargo, en condiciones normales, el 100% de la absorción de agua tiene lugar a partir de la primera capa de suelo con una profundidad de 0.6 a 1.3 m. Una capa freática superficial, especialmente durante el periodo vegetativo inicial, puede afectar negativamente el rendimiento del cultivo (Doorenbos y Kassam, 1979).

Textura:	<p>Se desarrolla adecuadamente en una amplia gama de texturas de suelo, excepto en suelos demasiado arenosos (Doorenbos y Kassam, 1979; Aceves <i>et al.</i>, 2008b). Prefiere suelos franco-limosos, franco-arcillo-limosos, no calcáreos. En otro tipo de texturas, basta con que haya buen drenaje (Benacchio, 1982). Suelos de textura gruesa requieren de más humedad por su baja capacidad de retención (Rogers, 1997).</p>
Drenaje:	<p>Requiere buen drenaje, ya que no tolera encharcamientos (Doorenbos y Kassam, 1979; Schapaugh, 1997).</p>
pH:	<p>El óptimo está entre 6.0 y 6.5 (Doorenbos y Kassam, 1979). El óptimo se encuentra entre 6.0 y 7.0 (Ignatieff; citado por Moreno, 1992). Su rango de pH está entre 5.6 y 8.2, con un óptimo alrededor de 6.5 (FAO, 1994). El óptimo es 6.8. En la nodulación, el pH cercano a la neutralidad es mejor para la simbiosis con la bacteria <i>Bradyrhizobium japonicum</i> (Whitney, 1997).</p>
Salinidad/Sodicidad:	<p>Se considera un cultivo tolerante a la salinidad, su umbral de conductividad eléctrica para no pérdida de rendimiento es 5.0 dS m⁻¹; a valores de 6, 7, 8 y 9 dS m⁻¹ el rendimiento se reduce en 20, 40, 60 y 80%, respectivamente (Castellanos <i>et al.</i>, 2000). De acuerdo con Ayers y Westcot (1985) la soya puede tolerar una conductividad eléctrica de hasta 5 dS m⁻¹ sin afectaciones al rendimiento; sin embargo a 5.5, 6.3, 7.5 y 10 dS m⁻¹ el rendimiento se reduce 10, 25, 50 y 100%. Especie moderadamente tolerante a salinidad (Sánchez, 2001).</p>
Fertilidad y química del suelo:	<p>No es un cultivo exigente en fertilidad del suelo (Whitney, 1997; Castellanos <i>et al.</i>, 2000; Aceves <i>et al.</i>, 2008b). La demanda y absorción nutrimental dependen de la meta de rendimiento, así como de la época, variedad y suelo. Demanda altas cantidades de Potasio en la formación del grano. Para producir 2.5 t ha⁻¹ de grano, las demandas son: 80, 21, 43, 6, 3, 2 kg de N-P-K-S-Ca-Mg (Whitney, 1997). Según el nivel de P₂O₅ en el suelo, la cantidad a agregar (kg ha⁻¹) para un rendimiento de 4 t ha⁻¹ es: Nivel muy bajo, de 80-100; bajo, de 60-80; moderadamente bajo, 40-60; medio, 35-40; moderadamente alto, 25-35, alto, 0-25 (Castellanos <i>et al.</i>, 2000). La fijación biológica del N varía en 45 a 58% del contenido de N total en la planta (Ciocco <i>et al.</i>, 2008).</p>

CARACTERÍSTICAS DE RESPUESTA AL CAMBIO CLIMÁTICO

Respuesta a ambientes enriquecidos de CO₂:

La respuesta de la soya a CO₂ elevado es altamente dependiente de la temperatura. Esto queda demostrado con el incremento del área foliar y la biomasa aérea que se obtiene al pasar de 330 a 660 μmol CO₂ mol⁻¹, y de un régimen de temperatura diurna/nocturna de 26/19°C a 31/24°C. El incremento de CO₂ también incrementa el rendimiento de semilla mediante el aumento del número de granos (Baker *et al.*, 1989).

A elevadas concentraciones de CO₂, el sistema radical y la estructura de la planta son mejores, principalmente en evaluaciones bajo cámaras abiertas a radiación solar (mayor volumen, penetración, peso seco de raíces y nódulos, actividad de nodulación, fijación de N₂, eficiencia en la absorción de N-P, más ramificación). También se adelanta aproximadamente 4 días la floración y la senescencia posterior es más rápida (Rogers *et al.*, 1994).

Bajo escenarios de modelaje, la soya aumentó 25% el rendimiento a concentraciones de 750 ppm de CO₂ (Parry *et al.*, 2004; Yadav *et al.*, 2011).

Se han encontrado interacciones favorables de los ambientes enriquecidos con CO₂ y la reducción de efectos negativos de altas temperaturas (Krupa y Kickert, 1989; Rogers *et al.*, 1994), también se ha obtenido mayor eficiencia nutricional (Rogers *et al.*, 1994), disminución de lesiones (Booker y Fiscus, 2005) y disminución de pérdidas de producción de residuos que causa el ozono (Booker *et al.*, 2005).

Con elevado CO₂ (714 μmol mol⁻¹, 12 h día⁻¹), se incrementan los residuos de postcosecha de 28 a 56%, con mayor concentración de lignina. Además no varía la capacidad de mineralización de C, pero sí se incrementa la inmovilización de N en suelos (Booke *et al.*, 2005).

Varietades enanas resisten más los cambios ambientales. No existe efecto benéfico en la fecundación, como respuesta a la interacción de CO₂, temperaturas y rayos UV-B (Thuzar *et al.*, 2010).

Los pesos de planta y semilla son significativamente incrementados por condiciones de CO₂ elevado (concentración ambiente + 200 μmol mol⁻¹) ya sea en un régimen de baja o de alta temperatura. El incremento del peso de la semilla se debe a la producción de un mayor número de nodos y semillas por planta y un mayor número de vainas por nodo. El régimen de alta temperatura incrementa significativamente el número de semillas por planta pero disminuye el peso de semilla individual tanto en condiciones de CO₂ ambiente como de CO₂ elevado, por ello el incremento de temperatura no tiene efecto sobre el peso de semilla. La tasa fotosintética a saturación de luz, aumenta al incrementarse el CO₂ y la temperatura (Kumagai *et al.*, 2012).

Bajo ambiente elevado de CO_2 ($700 \mu\text{mol mol}^{-1}$) la soya produce 18% más de materia seca por planta cuando llega a la etapa de floración, y, 57% más cuando llega a la madurez fisiológica y senescencia. Esto con relación a una concentración de CO_2 ambiente ($370 \mu\text{mol mol}^{-1}$). Otros efectos son 79% más de biomasa en periodo reproductivo, 6% menos de biomasa asignado al crecimiento reproductivo, 77% más biomasa de semilla por planta, 69% más de Nitrógeno de semilla por planta y 6% menos de concentración de Nitrógeno en la semilla (Miyagi *et al.*, 2007).

Captura de carbono:

Acorde a la biomasa total de $7,156 \text{ kg ha}^{-1}$ (Ciocco *et al.*, 2008), así como al índice de conversión a carbono (Mota *et al.*, 2011), el secuestro de carbono de soya es de aproximadamente $3,100 \text{ kg de C ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$.

Los ambientes enriquecidos de CO_2 pueden aumentar de 15 a 25% el secuestro de carbono (Yadav *et al.*, 2011).

Respuesta a ozono:

Altas concentraciones de ozono en campo reducen el rendimiento desde 8 hasta 41% (Kohut *et al.*, 1986).

El estrés por ozono disminuye el contenido de proteína y aumenta el contenido de lignina (Rugchati and Thanacharoenchanaphas, 2011).

Altas concentraciones de ozono (74 nmol mol^{-1} , 12 h dia^{-1}), reducen los residuos de postcosecha en 15 a 46%, con menos concentración de almidones, pero más N, fibra y niveles de lignina (Booker *et al.*, 2005).

La exposición a ozono reduce el número de lesiones de *Pseudomonas glycinea* (Krupa *et al.*, 2001).

Se reporta una pérdida en rendimiento de 37 a 39 kg ha^{-1} por nl l^{-1} acumulado de exposición a ozono, por arriba de los 40 nl l^{-1} . Bajo una exposición larga a ozono la planta responde con un incremento en la capacidad antioxidante, y una reducción del área foliar, absorción de luz, masa foliar específica, metabolitos primarios, rendimiento de semilla e índice de cosecha (Betzberger *et al.*, 2012).

La soya es particularmente sensible al ozono (Emberson *et al.*, 2009) y existen modelaciones que muestran reducciones de 8.5 a 14% en los rendimientos globales de soya en el año 2000 (Avnery *et al.*, 2011).

El nivel crítico de ozono para daño en soya (para causar 5% de reducción en el rendimiento) es 4.3 ppm h^{-1} en 3 meses (Mills *et al.*, 2007).

Resistencia a sequía:

Relativamente tolerante a sequía (Schapaugh, 1997).

El estrés por sequía es más crítico en la etapa de llenado de vainas (Rogers, 1997).

Es resistente a sequía, pero pequeñas variaciones en su ambiente pueden afectar a esta planta (Thuzar *et al.*, 2010).

Tolera periodos cortos de falta de humedad debido a su profundo sistema radical. La sequía afecta más en llenado de vainas que en floración (Aceves *et al.*, 2008b).

Bajo déficit de agua, la longitud de tallos decrece y reduce área foliar y formación de semillas (Abdul *et al.*, 2009).

Tolerancia a altas temperaturas:

Es una especie susceptible a las altas temperaturas. Temperaturas de 30 a 35°C durante el día y de 20 a 30°C por la noche, reducen el vigor de las plántulas, reducen la floración, el número de vainas y el rendimiento en un 27%; además afectan la calidad de la semilla en cuanto a su poder germinativo (Gibson y Mullen, 1996).

Temperaturas >40°C tienen efectos adversos en la tasa de crecimiento, floración inicial y formación de vainas. Si a la par, la humedad del suelo es limitante, los efectos son severos (Aceves *et al.*, 2008b).

A mayores temperaturas (28 a 38°C) se reduce 50% el número de vainas y el rendimiento, debido a menor producción de polen y perturbación de la fecundación (Thuzar *et al.*, 2010).

Bajo condiciones semiáridas, altas temperaturas inducen tasas menores de acumulación de biomasa (Yu *et al.*, 2002).

STEVIA



CARACTERÍSTICAS DESCRIPTIVAS

- Nombre científico:** *Stevia rebaudiana* Bertoni.
- Nombres comunes:** Estevia, la dulce hierba, yerba de miel, yerba dulce del Paraguay, hoja dulce del Paraguay, dulce de hoja, los dulces ho-jean, azucá-caá, hierba d azúcar, azúcar verde.
En guaraní: Kaá heê, caá ehé, caa él éé, kaá-jeé o hierba dulce. Otros nombres: lheeé de kaa, eira-caa, ca un jhei, ca un yupi, doce de capim, doce de erva.
- Familia:** Compuesta (Asteraceae).
- Origen:** Región oriental y valles de Paraguay (Shock, 1982; Bonilla *et al.*, 2007; Madan *et al.*, 2010).
Fronteras del Paraguay con Brasil y suroeste de Brasil (Sumida, 1980).
- Distribución:** 22-26° LS y 54-57° LW. Según Sakaguchi y Tatsuike (1982), las áreas potenciales de producción de la especie podrían extenderse a latitudes mayores.
25 y 26° LS (Bonilla *et al.*, 2007).
22° LN y 105° LW en Nayarit, México (Herrera *et al.*, 2011).
Se siembra en Paraguay, Japón, China, Brasil, Corea, México, Estados Unidos, Indonesia, Tanzania y Canadá (Bonilla *et al.*, 2007; Madan *et al.*, 2010).
Coordenadas y países entre las que se cultiva: 12° a 60° LN; 5° a 30° LS; 50° a 130° LW; 30° a 127° LE. Paraguay, Argentina, Brasil, Indonesia, Rusia, Canadá, Checoslovaquia, Eslovenia, Corea, Estados Unidos, Italia, Egipto, India son países en los que también se cultiva (Ramesh *et al.*, 2006).

Adaptación:	Nativa de regiones subhúmedas, subtropicales y tropicales de América del Sur y América Central (Shock, 1982). Las regiones subtropicales subhúmedas y cálidas son apropiadas (Madan <i>et al.</i> , 2010; Herrera <i>et al.</i> , 2011). En regiones cálidas y semicálidas se obtiene la mejor calidad de hojas (Bonilla <i>et al.</i> , 2007).
Ciclo de madurez:	Semiperenne.
Tipo fotosintético:	C ₃ .

REQUERIMIENTOS CLIMÁTICOS

Altitud:	300 a 1200 msnm (Bonilla <i>et al.</i> , 2007). Desde 30 msnm (Herrera <i>et al.</i> , 2011).
Fotoperíodo:	Sensible al fotoperíodo. El fotoperíodo crítico es de 12-13 horas. Días largos aumentan la longitud de los entrenudos, área foliar, peso seco y aceleran la aparición de hojas (Hamza <i>et al.</i> , 2010). Además favorecen las concentraciones de glicósidos, proteínas y esteviósidos (Sagacuchi y Tatsuiko, 1982; Madan <i>et al.</i> , 2010). Mientras que con días cortos se reduce la materia seca a la mitad (Shock, 1982).
Radiación (Luz):	La radiación fotosintéticamente activa influye en el contenido de glicósidos (Jarma <i>et al.</i> , 2005). Mayor radiación solar, desde 56 a 100%, induce incrementos en biomasa, independientemente de la variedad; aunque Morita 2 tiene mayor área foliar que Morita 1 (Jarma <i>et al.</i> , 2010a). Aumentos de radiación UV-B disminuyen la actividad fotosintética (Krupa y Kickert, 1989). La intensidad lumínica afecta la sensibilidad a deficiencia de boro debido a que eleva su demanda en los tejidos (Jarma <i>et al.</i> , 2010a).
Temperatura:	La temperatura óptima media de producción es de 26°C (Bonilla <i>et al.</i> , 2007). La óptima para la germinación de la semilla es superior a 20°C. Para la propagación se requieren temperaturas superiores a 15°C. Su desarrollo óptimo ocurre de 15 a 30°C con un mínimo medio de 5°C y límite de -3°C, donde la planta se seca pero rebrota en primavera (Sakaguchi y Tatsuiko, 1982). El mismo autor señala que la temperatura del suelo (entre 0 y 2°C), es crítica para resistir inviernos. Se adapta a temperatura media de 25°C con mínima y máxima de 8.5 y 39°C (Herrera <i>et al.</i> , 2011).
Precipitación (agua):	Son favorables regiones subtropicales subhúmedas con 1400 a 1800 mm distribuidos durante todo el año. Exceso de lluvias durante la polinización puede afectar la germinación y producción de semilla (Shuping y Shizhen, 1995). Sobrevive a estrés por inundación, cuando las lluvias son intensas en periodos cortos (Herrera <i>et al.</i> , 2011), lo cual se explica debido a que plantas C ₃ como estevia, ante ambientes desfavorables donde la presión parcial de CO ₂ disminuye críticamente por anegamiento, se aclimatan adoptando metabolismo C ₄ (Pagano <i>et al.</i> , 2010).

Humedad relativa: Requiere zonas húmedas, sin embargo la alta humedad relativa (>85%) favorece la presencia de enfermedades (Bonilla *et al.*, 2007).

REQUERIMIENTOS EDÁFICOS

- Profundidad de suelo:** Prefiere suelos profundos (Ramesh *et al.*, 2006).
- Textura:** Cuando el agua no es limitante, crece en diversidad de suelos, desde arenosos, areno-arcillosos a ricos en materia orgánica (Shock, 1982; Madan *et al.*, 2010). Los arcillosos deben poseer buen drenaje. Son ideales los que tienen regular proporción de humus y partículas ferrosas propias de suelos rojizos. Le favorecen suelos francos, fluvisoles eutrícos (Herrera *et al.*, 2011).
- Drenaje:** Prefiere suelos con buen drenaje, que no retengan mucha humedad, ya que esta planta es susceptible a enfermedades (*Pythium*, *Fusarium* y *Rhizoctonia*), bajo suelos inundados temporalmente (Herrera *et al.*, 2011).
- pH:** La planta crece de manera natural en suelos ácidos de pH 4-5. No obstante, su óptimo radica en pH entre 6.5 y 7.5 (Shock, 1982; Ramesh *et al.*, 2006; Herrera *et al.*, 2011).
- Salinidad/Sodicidad:** Los suelos salinos y sódicos le perjudican (Shock, 1982). Se adapta a suelos sin problemas de sales (Herrera *et al.*, 2011).
- Fertilidad y química del suelo:** En su hábitat natural, la planta crece en suelos de baja fertilidad, sin embargo incrementa rendimientos con aplicaciones moderadas de Nitrógeno, Fósforo y Potasio (Shock, 1982; Madan *et al.*, 2010). La cantidad de macronutrientes en kg ha^{-1} (N-P-K-Ca-Mg-S) extraídos por 2500 kg ha^{-1} de materia seca, es: 325, 47, 330, 109, 21, 24. Mientras que de micronutrientes (B-Cu-Fe-Mn-Zn) es: 0.57, 0.19, 6.38, 1.14, 0.08 kg ha^{-1} (De Lima *et al.*, 1997ab; Jarma *et al.*, 2010b). En 1000 kg ha^{-1} de materia seca se extraen en promedio 9.30, 47.45 y 37.90 kg ha^{-1} de N-P-K, respectivamente (Bonilla *et al.*, 2007). De Lima *et al.* (1997ab) reportan que las deficiencias de Ca causan severa reducción en la concentración de glicósidos. También indican que en estevia, la demanda de S y Zn puede ser muy baja debido a que no lograron inducir deficiencias a través de su ausencia. Deficiencias de Potasio, Calcio y Azufre disminuyen la concentración de esteviósidos, no así con deficiencias de P (Utumi *et al.*, 1999; Jarma *et al.*, 2010b). El Boro facilita el transporte de azúcares, por tanto la estevia demandar este elemento por su relación con el transporte de glicósidos (Jarma *et al.*, 2010b).

CARACTERÍSTICAS DE RESPUESTA AL CAMBIO CLIMÁTICO

Respuesta a ambientes enriquecidos de CO₂:	<p>Tolera elevadas concentraciones de CO₂ (Pagano <i>et al.</i>, 2010).</p> <p>Manifiesta intensidad fotosintética e incrementos de biomasa, uso eficiente del agua, menos sensibilidad a sequía, poco aumento del área foliar, más peso foliar, floración temprana y aumento de la tasa de maduración (Krupa y Kickert, 1989).</p> <p>Presenta alto punto de compensación para la asimilación de CO₂ (40-100 µl l⁻¹) (Mota <i>et al.</i>, 2011).</p>
Captura de carbono:	<p>De acuerdo a los rendimientos obtenidos en diversas regiones (Utumi <i>et al.</i>, 1999; Jarma <i>et al.</i>, 2010b; Herrera <i>et al.</i>, 2011), así como al índice de conversión a carbono (Mota <i>et al.</i>, 2011) el secuestro de carbono es de aproximadamente 1100 kg de C ha⁻¹ año⁻¹.</p> <p>Esta especie tiene poca capacidad de fijación de CO₂ kg⁻¹ de agua transpirada (Mota <i>et al.</i>, 2011).</p>
Respuesta a ozono:	<p>Sensible al estrés por ozono, principalmente por su mayor conductancia estomática y uso ineficiente del agua, por lo que disminuye su actividad fotosintética y producción de biomasa (Krupa y Kickert, 1989).</p> <p>El incremento de ozono puede inducir o retardar la floración (Krupa y Jäger, 1996; Krupa <i>et al.</i>, 2001), lo cual es relevante debido a que el retraso de la floración induce mayor acumulación de glicósidos (Madan <i>et al.</i>, 2010).</p>
Resistencia a sequía:	<p>Bajo condiciones soleadas en clima cálido húmedo, es susceptible a sequía.</p> <p>No es tolerante a sequía, su cultivo debe mantenerse con permanente humedad (Villa y Chifa, 2006)</p> <p>Ante estrés ambiental produce cierre estomático que disminuye la actividad fotosintética, pero que es un mecanismo para evitar la deshidratación (Mota <i>et al.</i>, 2011).</p>
Tolerancia a altas temperaturas:	<p>Con aumento de temperaturas, se espera poco incremento de las tasas fotosintéticas (0-25%) y de la producción de biomasa (Krupa y Kickert, 1989).</p> <p>Tiene capacidad de aclimatación, tolera temperaturas variables durante plazos cortos (Pagano <i>et al.</i>, 2010).</p> <p>Las plantas inducen incremento de la fotorrespiración como mecanismo de protección a altas temperaturas, lo cual no conlleva fijación de CO₂, pero el manejo agronómico apropiado puede conducir a incrementos en la producción de biomasa (Mota <i>et al.</i>, 2011).</p>

TABACO



CARACTERÍSTICAS DESCRIPTIVAS

Nombre científico:	<i>Nicotiana tabacum</i> L.
Nombres comunes:	Tabaco.
Familia:	Solanaceae.
Origen:	América Tropical (González, 1984).
Distribución:	60°LN a 40°LS (Benacchio 1982). 60°LN a 40°LS (Barrera y Deloach, 1970). El 90% de las plantaciones se localizan entre el Ecuador y la latitud 40°N (Ochse <i>et al.</i> , 1972).
Adaptación:	Regiones tropicales, subtropicales y templadas (Doorenbos y Kassam, 1979), con una temporada cálida. Prospera en un clima tropical, con veranos frescos y cortos (Ochse <i>et al.</i> , 1972). Se adapta bien a clima subtropical seco (Barrera y Deloach, 1970).
Ciclo de madurez:	En las regiones frías requiere de un periodo de 120 días libres de heladas contando desde el trasplante hasta completa maduración. En regiones cálidas, con temperaturas de 27°C, el ciclo de madurez se corta de 70 a 80 días (Barrera y Deloach, 1970). 90-120 días a partir del trasplante (Ortiz, 1982).
Tipo fotosintético:	C ₃ .

REQUERIMIENTOS CLIMÁTICOS

Altitud:	0 a 600 m (Benacchio, 1882). 0 a 200 m (Barrera y Deloach, 1970).
Fotoperíodo:	Es una planta de día corto, aunque existen cultivares indiferentes a la duración del día (Doorenbos y Kassam, 1979).

Radiación (Luz):

Altas intensidades de luz reducen el tamaño de las hojas y aumentan su espesor, debido a esa razón, los tabacos utilizados para cobertura de cigarros se cultivan en climas cálidos, húmedos y bajo sombra (Benacchio, 1982). Los demás tipos de tabaco, sin embargo requieren de ambientes soleados (FAO, 1994).

Temperatura:

El tabaco es un cultivo sensible a la ocurrencia de heladas y que posee un rango térmico para desarrollo de 15 a 35°C, con un óptimo entre 20 y 30°C (Doorenbos y Kassam, 1979). La temperatura mínima debe ser mayor que 14°C y la óptima para germinación es de alrededor de 31°C, y la óptima para crecimiento es de 24-28°C. Las altas temperaturas favorecen la formación de hojas anchas, delgadas y de gran tamaño, también impiden el desarrollo de nervaduras. Oscilaciones térmicas diarias amplias no son favorables para la obtención de tabaco de buena calidad (Benacchio, 1982). El rango térmico de desarrollo es 10-40°C, con un óptimo alrededor de 30°C (FAO, 1994).

15 a 35°C durante su cultivo (Barrera y Deloach, 1970; Ortiz, 1982).

Temperaturas cardinales para la germinación de la semilla: mínima: 12.8-13.9°C, óptima: 27.7°C y máxima: 35.0°C. En zonas tropicales o subtropicales, las temperaturas óptimas para su producción deben ser mayores que 20°C (Ortiz, 1982).

Las temperaturas óptimas varían de 18 a 27°C (Gispert y Prats, 1985).

Las temperaturas críticas que dañan al cultivo en germinación, floración y fructificación son de 0 a -1°C (FAO, 2010).

Precipitación (agua):

El cultivo requiere mucha humedad al principio y en la parte media del ciclo vegetativo; con un requerimiento total de 500 a 1000 mm por año (Ochse *et al.*, 1972).

Se requieren de 700 a 1,500 mm anuales, siendo las condiciones óptimas para su cultivo de 1,250 mm (Barrera y Deloach, 1970).

Requiere de 400-600 mm durante el periodo vegetativo (Ortiz, 1982).

Es recomendable la utilización de riego para el cultivo del tabaco, ya que las variaciones de humedad que impliquen sequía o anegamiento, pueden dañar la calidad y composición química del tabaco. Cuando se produce bajo temporal, se requiere de 1000 a 1200 mm durante el ciclo de desarrollo. Durante la maduración y cosecha se requiere de un periodo seco (Benacchio, 1982).

Durante el ciclo de desarrollo esta especie requiere de 400 a 600 mm. En condiciones en que la evapotranspiración máxima es de 5 a 6 mm día⁻¹, la absorción de agua se verá afectada cuando se haya agotado del 50 al 60% del total de agua disponible en el suelo (Doorenbos y Kassam, 1979).

Requiere aproximadamente 25 mm de lluvia o riego por semana. Puede resistir periodos hasta de 1 mes sin lluvia o el riego durante el mes después del trasplante, pero a partir de entonces, especialmente cuando las plantas alcanzan la etapa de floración, debe tener suficiente agua para el desarrollo de la hoja (IFA, 1992).

Humedad relativa: Una humedad atmosférica de moderada a alta es favorable para el cultivo, ya que si el ambiente es seco afecta la calidad del tabaco. Por eso no es conveniente cultivar el tabaco en zonas semiáridas, aunque se disponga de riego (Benacchio, 1982).

REQUERIMIENTOS EDÁFICOS

Profundidad de suelo: Requiere suelos de mediana profundidad (FAO, 1994), de entre 50 y 70 cm.

Normalmente el 75% de la absorción de agua se produce en la primera capa de 0.3 y el 100% en los primeros 0.5 a 1.0 m (Doorenbos y Kassam, 1979).

Textura: La calidad de la hoja depende de la textura del suelo (Doorenbos y Kassam, 1979). En términos generales, el tabaco desarrolla adecuadamente en suelos con textura de media a ligera (FAO, 1994).

Cada tipo de tabaco tiene exigencias particulares de suelo. En general los suelos pesados y fértiles tienden a producir tabaco de pobre calidad, mientras los suelos livianos producen tabacos de mejor calidad. Para los tabacos curados al horno, como los del tipo Virginia, se requieren suelos ligeros de textura franco-arenosa; para los tabacos curados al aire, como los del tipo Burley son necesarios suelos con textura franco-limosa o franco-arcillo-limosa, procurando que el subsuelo tenga también una textura franco-arcillosa o arcillo-limosa. Los tabacos negros curados al aire o al fuego, requieren suelos franco-arcillosos o arcillosos; en el caso de los puros curados al aire, si son para capas, requieren suelos livianos franco-arenosos o franco-limosos; si son para capotes y tripas requieren suelos francos o franco-arcillosos, mientras que el subsuelo debe ser franco-arcilloso o arcilloso. Para tabacos de tipo turco, tanto el suelo como el subsuelo deben ser arcillosos (Benacchio, 1982).

Suelos aluviales, jóvenes para tabacos de envoltura; suelos arenosos y migajón, para tabacos curados con estufa. El tabaco tipo Burley es mejor en migajón limoso derivado de calizas (Ochse *et al.*, 1972).

Los suelos apropiados para tabaco son migajones arenosos y migajones arcillosos. Suelos arenosos producen tabaco de hojas delgadas, pálidas y sin cuerpo, además de bajos rendimientos; cuando la arena es muy fina se obtiene el efecto contrario (Barrera y Deloach, 1970).

Tierras pesadas limosas y fértiles se prefieren para tabaco tipo Burley sombra mata; a la inversa, suelos arenosos son apropiados para los tabacos Burley sarta sol (Barrera y Llanos, 1979). En suelos arenosos se obtienen tabacos finos y de color claro; los arcillosos dan productos bastos (Gispert y Prats, 1985). Preferentemente se cultiva en suelos arenosos ligeros con aproximadamente 1% de materia orgánica (IFA, 1992).

Drenaje: Se requieren suelos con buena aireación y drenaje (Ochse *et al.*, 1972), pero con una regular retención de humedad (Barrera y Deloach, 1970).

pH:	<p>Se desarrolla en suelos con pH entre 5.0 y 7.5, aunque resulta óptimo un pH de 6.0 (FAO, 1994).</p> <p>Prefiere suelos ligeramente ácidos, sin embargo el pH no debería estar por debajo de 4.5. Desarrolla y produce bien en un rango de 5.5 a 6.5. No tolera suelos alcalinos (Benachio, 1982).</p> <p>Requiere suelos ligeramente ácidos con un pH entre 5.0 y 6.0 (Ochse <i>et al.</i>, 1991; Barrera y Deloach, 1970).</p> <p>No son apropiados suelos con un pH inferior a 5.8 (Barrera y Llanos, 1979).</p> <p>Se requieren suelos con buena aireación y drenaje (Ochse <i>et al.</i>, 1991), pero con una regular retención de humedad (Barrera y Deloach, 1970).</p> <p>El pH óptimo es de 5.5 a 6, con un rango de 5.5 a 8.3 para rendimientos aceptables (Porta <i>et al.</i>, 1999).</p> <p>Prefiere pH de 5.7 a 6.0 (IFA, 1992).</p>
Salinidad/Sodicidad:	<p>Para tabaco se considera un suelo salino cuando la conductividad eléctrica es ya de 0.30 dS m⁻¹. Esta especie puede crecer a mayores niveles de C.E. pero las hojas se producen sin calidad, es decir con mal sabor (Barrera y Llanos, 1979).</p> <p>Es ligeramente tolerante a la salinidad (FAO, 1994).</p> <p>Los suelos salinos dañan la calidad de la hoja (Doorenbos y Kassam, 1979).</p>
Fertilidad y química del suelo:	<p>El requerimiento promedio (gramos) de N, P₂O₅, K₂O, MgO, CaO, S y Cl por kilogramo de hoja curada es de: 41.0, 14.6, 72.0, 16.9, 53.9, 2.5 y 2.8, respectivamente (IFA, 1992).</p>

CARACTERÍSTICAS DE RESPUESTA AL CAMBIO CLIMÁTICO

Respuesta a ambientes enriquecidos de CO₂:	<p>Las conductancias estomáticas abaxial y adaxial de la epidermis, medidas bajo condiciones óptimas, no son significativamente afectadas por CO₂ elevado (1000 μmol mol⁻¹), pero la regulación estomática del intercambio de gases resulta favorecida. Con esta concentración de CO₂ elevado se incrementa significativamente la tasa fotosintética y la tasa de crecimiento de las plantas de tabaco. Los contenidos de clorofila a y b, y las actividades del fotosistema II no son alterados significativamente. Los contenidos de β-caroteno y de los pigmentos del ciclo de la xantofila disminuyen con CO₂ elevado (Pospíšilová <i>et al.</i>, 1999).</p> <p>La planta de tabaco responde favorablemente en fotosíntesis bajo condiciones de elevado CO₂, sin embargo, esta respuesta es limitada por el proceso de regeneración del bifosfato de ribulosa, el cual es controlado por la enzima sedoheptulosa-1,7 bifosfatasa; Rosenthal <i>et al.</i> (2011), manipularon la planta de tabaco para lograr una sobre-expresión de esta enzima y obtuvieron una mayor respuesta en fotosíntesis bajo ambiente elevado de CO₂ (585 ppm) que con plantas no modificadas.</p> <p>Los ambientes de elevado CO₂ retrasan la dispersión del Virus Y de la Papa (Ye <i>et al.</i>, 2010).</p>
--	---

Respuesta a ozono:	El ozono destruye la clorofila y produce manchas marrones en las hojas del tabaco. La superficie que cubren estas manchas necróticas es representativa de los niveles de ozono de la zona y del tiempo de exposición, por lo que el tabaco se considera bioindicador de ozono (Universidad de Sevilla, 2013).
Resistencia a sequía:	La modulación de los niveles de citoquinina a través de tabaco transgénico puede afectar positivamente la respuesta de las plantas de tabaco a estrés por sequía. Esto es elevar los niveles de resistencia a sequía (Macková <i>et al.</i> , 2013). La exposición a estrés por calor (40°C por 2 h) al final de un periodo de sequía de 10 días, magnificó significativamente la severidad del estrés hídrico, lo cual se manifestó a través de una caída del potencial hídrico de la hoja. Si después del estrés por sequía se rehidrata a la planta de Tabaco, se aprecia un marcado incremento de las citoquininas bioactivas en las hojas (Dobra <i>et al.</i> , 2010).
Tolerancia a altas temperaturas:	Es una planta que tolera temperaturas por arriba de 35°C e incluso cercanas a 40°C. Además, la generación de plantas transgénicas en las que se modulan los niveles de citoquinina, incrementa la tolerancia a altas temperaturas en tabaco (Macková <i>et al.</i> , 2013). La combinación de estrés por altas temperaturas (40°C) y sequía se asocia con el incremento de auxinas libres y ácido indolacético en hojas inferiores y/o en raíces. El incremento de auxinas depende de la intensidad del estrés (Dobra <i>et al.</i> , 2010).

TAMARINDO



CARACTERÍSTICAS DESCRIPTIVAS

- Nombre científico:** *Tamarindus indica* L., *T. occidentalis* Gaertn., *T. officinalis* Hook., *T. umbrosa* Salisb (Orozco, 2001).
- Nombres comunes:** Tamarindo, Tamarindo de La India, Pachuhuk, Pachuhul, Pah'ch'uhuk.
- Familia:** Caesalpinaceae (Leguminosae).
- Origen:** Sabanas secas del trópico africano (Purseglove, 1987).
El tamarindo es de origen africano, aunque no se ha logrado especificar el país o región de este continente. Sin embargo, Diallo *et al.* (2007) señalan que la mayor variabilidad genética intrapoblacional está en las poblaciones de tamarindo de Camerún.
- Distribución:** 30°N a 30°S.
- Adaptación:** Se adapta muy bien a las regiones tropicales semiáridas, pero puede desarrollar muy bien en las regiones tropicales y subtropicales monzónicas siempre que se cuente con un suelo de buen drenaje. No prospera en regiones húmedas todo el año (Purseglove, 1987).
Se le encuentra asociado con vegetación de bosque tropical caducifolio y subcaducifolio (Rzedowski, 1983).
Logra su mejor desarrollo en regiones con clima cálido, semiseco, sin estación invernal definida (Santacruz y Santacruz, 2007).
- Ciclo de madurez:** Perenne (perennifolio, subperennifolio).
- Tipo fotosintético:** C₃.

REQUERIMIENTOS CLIMÁTICOS

Altitud:	<p>0 a 1500 m (Brenan, 1967). La mayor parte de las poblaciones silvestres de tamarindo se concentran entre los 600 y 900 m, por lo que podría considerarse este intervalo como el óptimo (Vincens <i>et al.</i>, 1997). Desde el nivel del mar hasta altitudes de 1500 msnm (Silvia y Lucatero, citados por Aceves <i>et al.</i>, 2008c).</p>
Fotoperíodo:	<p>El tamarindo se considera una planta de día largo (cuantitativa), por lo que tiende a florecer y fructificar hacia el fin de la primavera y durante la estación de verano (Broschat y Donselman, 1983).</p>
Radiación (Luz):	<p>Requiere de ambientes soleados, aunque puede desarrollar y producir en ambientes de media sombra (Coronel, 1991). Requiere de buena exposición solar (Aceves <i>et al.</i>, 2008c).</p>
Temperatura:	<p>A una temperatura de -1°C sólo ocurren daños al follaje, mientras que a -2°C ya se presentan serios daños a la planta joven. Las plantas adultas pueden tolerar una temperatura de hasta -3°C y 47°C sin daños significativos (Coronel, 1991).</p>
Precipitación (agua):	<p>Es una especie muy tolerante a la sequía. Se desarrolla en zonas con precipitación de 800 a 1400 mm anuales (Orozco, 2001). Se desarrolla en zonas con precipitación de 500 mm anuales (Aceves <i>et al.</i>, 2008c). La precipitación pluvial en las áreas productoras en el mundo fluctúa de 500 a 2500 mm anuales, sin embargo es capaz de resistir condiciones extremas de sequía (Orozco, 2001). Se cultiva principalmente en áreas con 500 a 1500 mm de lluvia anual, pero tolera hasta 350 mm de lluvia anual, si se le auxilia con riego para su establecimiento al inicio de la plantación. Por arriba de 4000 mm anuales de lluvia, la floración y el número de frutos que amarran se reduce significativamente; en general no se recomienda cultivarlo en regiones por arriba de 1900 mm anuales (Jøker, 2000).</p>
Humedad relativa:	<p>Es una especie que desarrolla adecuadamente en regiones con humedad ambiental de ligeramente baja a moderadamente alta. En climas con alta humedad ambiental, con clima cálido húmedo, como en las llanuras costeras del Golfo de México, el tamarindo presenta problemas de calidad externa en el fruto (Orozco, 2001).</p>

REQUERIMIENTOS EDÁFICOS

Profundidad de suelo:	<p>El tamarindo requiere de suelos profundos, aunque puede tolerar suelos someros, pedregosos, compactados, no ideales para la agricultura (Coronel, 1991). Es un cultivo que prospera mejor en suelos profundos (Santacruz y Santacruz, 2007).</p>
------------------------------	---

Textura:	<p>Prefiere suelos de textura ligera a media (FAO, 1994). Textura de migajón-arcillo-arenosa y areno-arcillosa. Puede vegetar en suelos relativamente pobres y crecer en terrenos calcáreos, siempre y cuando se le fertilice y se cuente con agua para riego en los periodos secos (Santacruz y Santacruz, 2007). Crece mejor en suelos aluviales con textura migajón-arcillo-arenosa, sin embargo prospera en gran variedad de suelos incluyendo las arenas costeras, suelos rocosos y sitios caracterizados por capas inferiores sólidas calcáreas (Gunasena, 2000).</p>
Drenaje:	<p>Requiere de suelos con buen drenaje, aunque tolera inundaciones temporales (Orozco y López, 1997; Coronel, 1991).</p>
pH:	<p>Su rango de tolerancia va de 5.5 a 8.5, siendo el óptimo 6.0 (FAO, 1994). El pH ideal es de 6.5-7.5 (Santacruz y Santacruz, 2007).</p>
Salinidad/Sodicidad:	<p>Puede desarrollar sin mucho daño a la planta, bajo una concentración de 0.4% de NaCl (Panchaban <i>et al.</i>, 1989). Tolera el rocío salino, por lo que puede ser plantado cerca de las costas (Orozco y López, 1997).</p>
Fertilidad y química del suelo:	<p>De acuerdo con Orozco (2001), el suministro de una capa de 5 cm de materia orgánica (totalmente descompuesta) sobre el área que ocupan las raíces de los árboles adultos (15 a 20 kg por árbol), proporcionará la mayor parte de los elementos nutritivos necesarios para su crecimiento, desarrollo y fructificación. Este tratamiento deberá repetirse cada 3 o 4 años, dependiendo de cómo respondan los árboles. Según este mismo autor, también se puede llevar a cabo un programa de fertilización de la siguiente manera: Primer año: 80 g de Nitrógeno por árbol por año, en 4 aplicaciones. Segundo año: 100 g de N por árbol por año, en 4 aplicaciones. Tercer año: 140 g de N por árbol por año, en 4 aplicaciones. Cuarto año: 200 g de N por árbol por año, en 4 aplicaciones. Quinto año: 300 g de N por árbol por año, en 4 aplicaciones. Sexto año: Aplicar la fórmula 400-100-100 g de N, P y K por árbol por año, realizando 2 aplicaciones durante los periodos de brotación vegetativa, floración y desarrollo del fruto. Séptimo año: Aplicar la fórmula 640-150-150 g de N, P y K por árbol por año, en dos aplicaciones. Octavo y noveno años: Aplicar la fórmula 800-200-200 g de N, P y K por árbol por año en dos aplicaciones. Décimo año y siguientes: Aplicar la fórmula 1000-300-300 g de N, P y K por árbol por año en dos aplicaciones. En suelos alcalinos frecuentemente se requiere hierro, por lo que se recomienda aplicar 15-25 g de quelatos de Fe por árbol, aplicando al suelo y no al follaje (Orozco, 2001).</p>

CARACTERÍSTICAS DE RESPUESTA AL CAMBIO CLIMÁTICO

Resistencia a sequía:	Las plantas de tamarindo resisten sequías pero son intolerantes a las heladas (Aceves <i>et al.</i> , 2008c). No sólo se considera una especie resistente a la sequía, sino capaz de desarrollar en condiciones ambientales pobres en general, en donde la mayoría de cultivos no podrían prosperar (Jambulingam y Fernandes, 1986).
Tolerancia a altas temperaturas:	Tolera temperaturas de hasta 47 °C, pero es muy sensible a las heladas (Jøker, 2000).

TOMATE



CARACTERÍSTICAS DESCRIPTIVAS

- Nombre científico:** *Lycopersicon esculentum* Mill.
- Nombres comunes:** Tomate (España y Francia; Noroeste de México), tomat (Indonesia), faan keé (China), tomati (Africa Occidental), tomatl (Nahuatl), jitomate (México), pomodoro (Italia) nyan-ya (Swahili) (Naika *et al.*, 2005).
- Familia:** Solanaceae.
- Origen:** México (González, 1984).
América del Sur, región Andina (Huerres y Carballo, 1988).
Sudamérica, región Andina (Naika *et al.*, 2005).
- Distribución:** 40°LN a 40°LS (Benacchio, 1982).
- Adaptación:** Zonas tropicales, subtropicales y templadas (González, 1984).
Planta de clima cálido pero con buena adaptación a climas templados (Corpeño, 2004).
- Ciclo de madurez:** 25 a 35 días en vivero, más 90 a 140 días en el campo (Doo-
renbos y Kassam, 1979).
60 a 90 días a madurez del fruto (Corpeño, 2004).
45 a 55 días después de floración ocurre la primera cose-
cha. El ciclo de producción puede llevar hasta 90-120 días
(Naika *et al.*, 2005).
- Tipo fotosintético:** C₃.

REQUERIMIENTOS CLIMÁTICOS

Altitud:	<p>0-1000 m (Benacchio, 1982). 0-1800 m (González, 1984). 100-1500 m (Corpeño, 2004). Mientras más se acerca hacia áreas tropicales (21-23°LN), más se adapta a altitudes cercanas al nivel del mar.</p>
Fotoperíodo:	<p>Planta de día neutro (Doorenbos y Kassam, 1980; Baradas, 1994). No lo afecta el fotoperíodo, aunque requiere buena iluminación, de 8 a 16 h, de manera que la densidad de población es importante (Corpeño, 2004).</p>
Radiación (Luz):	<p>Requiere alta intensidad luminosa. La escasez de luz produce debilitamiento en las plantas, las cuales se tornan más susceptibles a enfermedades (Huerres y Caraballo, 1988). Los frutos registran el más alto contenido de ácido ascórbico cuando crecen a altas intensidades luminosas (Baradas, 1994). Esta especie prefiere mucha insolación (Benacchio, 1982). Alta intensidad de luz afecta color de hojas y frutos. Follaje denso conserva temperaturas bajas y protege al fruto de la luz. Nublados pueden causar abscisión de flores y frutos (Nai-ka <i>et al.</i>, 2005).</p>
Temperatura:	<p>El rango de temperatura está entre 15 y 29°C (Guenkov, 1969). El crecimiento vegetativo es muy lento con temperaturas por debajo de 10°C, así como la floración se detiene con temperaturas menores que 13°C. Las altas temperaturas afectan la floración. La temperatura óptima para la floración se encuentra entre 15 y 18°C. Es una especie sensible al termoperíodo, las altas temperaturas nocturnas (22-30°C) reducen la formación de flores. El licopeno, que es responsable de la coloración del fruto, comienza a destruirse por arriba de los 30°C. La temperatura del suelo debe estar entre 25 y 30°C para lograrse la más alta actividad fotosintética (Huerres y Caraballo, 1988). Rango 10-35°C, óptimo para fotosíntesis 25-30°C. Las medias óptimas para este cultivo son 21-24°C de día y 15-20°C de noche. La mínima no debería bajar de 12°C y las noches deberían ser relativamente frescas (18-20°C). Temperaturas diurnas inferiores a 21°C reducen sensiblemente la floración; para maduración, la temperatura diurna debe ser superior a 23°C, pero no superior a 27°C. Áreas con temperaturas altas nocturnas superiores a 20°C, son poco aptas para el tomate. La oscilación térmica diaria debería ser de 9 a 11°C (Benacchio, 1982). La temperatura óptima es de 26-32°C para germinación de la semilla, 25-26°C para crecimiento de la plántula, 22-27°C para la germinación del polen y crecimiento del tubo polínico, 18-20°C para formación de fruto y 24 a 28°C para la maduración de fruto (Baradas, 1994).</p>

El óptimo de temperatura media mensual es de 20 a 24°C, el desarrollo se detiene a 10-12°C y la planta se hiela a -2°C (Ibar y Juscafresa, 1987).

Las temperaturas óptimas diurnas van de 28 a 30°C y las nocturnas de 15 a 18 °C. Temperaturas >35°C y <10°C en floración provocan abscisión y limitan el cuajado del fruto (Corpeño, 2004).

La temperatura de suelo mínima, óptima y máxima para el tomate es 12, 20-24 y 34°C (Yuste, 1997a).

Precipitación (agua):

Requiere 460 mm de agua por ciclo de cultivo (Baradas, 1994).

Necesita 400-600 mm por periodo vegetativo. En condiciones en que la evapotranspiración máxima es de 5 a 6 mm día⁻¹, la absorción de agua para atender todas las necesidades hídricas del cultivo se ve afectada cuando se ha agotado más del 40% del agua total disponible en el suelo (Doorenbos y Kassam, 1979).

Se cultiva preferentemente bajo condiciones de riego, pero en caso de cultivarse bajo temporal, 600 mm se consideran suficientes para esta especie (Benacchio, 1982).

Para plantas con una altura promedio de 70 cm, el coeficiente de cultivo (Kc) para las etapas inicial, intermedia y final de desarrollo es 0.6, 1,15 y 0.7-0.9, respectivamente (Allen *et al.*, 2006).

Humedad relativa:

El rango más favorable de humedad relativa va de 50 a 60% (Huerres y Caraballo, 1988).

Óptima de 65 a 70%. Humedades relativas <40% afectan viabilidad del polen y causan déficit de Ca por limitaciones en evapotranspiración (podredumbre apical del fruto) (Corpeño, 2004).

Las condiciones de conservación en cámara frigorífica para tomate verde son 10-15°C de temperatura, y 90-95% de humedad relativas. Mientras que para tomate maduro son 2-10°C y 90-95% de humedad relativa (Yuste, 1997a).

REQUERIMIENTOS EDÁFICOS

Profundidad de suelo:

Requiere suelos profundos (Benacchio, 1982) por lo general mayores que 1 m.

Más del 80% de la absorción total de agua tiene lugar en la primera capa de suelo de 0.5 a 0.7 m y el 100% de la absorción de agua de un cultivo plenamente desarrollado tiene lugar a partir de la primera capa de suelo de 0.7 a 1.5 m (Doorenbos y Kassam, 1979).

El tomate necesita suelos profundos para expresar su máximo potencial de producción (Corpeño, 2004).

Textura:

Los suelos óptimos son los limos ligeros (Doorenbos y Kassam, 1979).

Desarrolla bien en suelos franco-arcillosos pero prefiere suelos franco-arenosos de mediana fertilidad (Benacchio, 1982). Le son favorables suelos franco arenosos y arcillo arenosos (Corpeño, 2004).

Drenaje:	Requiere suelos con buen drenaje (Huerres y Caraballo, 1988; Corpeño, 2004). Los encharcamientos pueden promover el desarrollo de enfermedades, a las cuales el tomate es muy susceptible.
pH:	El rango óptimo de pH va de 5 a 7 (González, 1984). 5.5-6.8 (Benacchio, 1982; Naika <i>et al.</i> , 2005). 5.0-7.0 (Doorenbos y Kassam, 1979). Su rango de pH va de 5.5 a 7.0, siendo el óptimo 6.2 (FAO, 1994). Óptimo para mejores rendimientos: 5.9-6.5 (Corpeño, 2004).
Salinidad/Sodicidad:	Es bastante tolerante a la salinidad (Benacchio, 1982). Moderadamente sensible a la salinidad. La disminución del rendimiento para diversos valores de conductividad eléctrica es como sigue: 0% para 2.5 dS m ⁻¹ , 10% para 3.5 dS m ⁻¹ ; 25% para 5.0 dS m ⁻¹ ; 50% para 7.6 dS m ⁻¹ y 100% para 13 dS m ⁻¹ . El periodo más sensible a la salinidad es durante la germinación y desarrollo inicial de la planta (Doorenbos y Kassam, 1979; Ayers y Westcot, 1985). Tolerante, su umbral es de CE= 2.5 dS m ⁻¹ . A valores de 3,4, 5 y 6 dS m ⁻¹ el rendimiento se reduce en 65, 75, 85 y 95%, respectivamente (Castellanos <i>et al.</i> , 2000). Cultivo sensible a la salinidad (Sánchez, 2001). Su relativa tolerancia a la salinidad se atribuye a ajustes osmóticos (Amico <i>et al.</i> , 2006).
Fertilidad y química del suelo:	Para un rendimiento aproximado de 50 t ha ⁻¹ , se requieren aproximadamente de N - P ₂ O ₅ - K ₂ O - MgO - Ca: 200, 115, 208, 37 y 41 kg ha ⁻¹ , respectivamente (Corpeño, 2004). Según el nivel de P ₂ O ₅ en el suelo, la cantidad a agregar (kg ha ⁻¹) para un rendimiento de 80 t ha ⁻¹ es: Muy bajo, de 55-60; bajo, de 40-50; moderadamente bajo, 30-40; medio, 22-30; moderadamente alto; 18-22, alto, 0-18 (Castellanos <i>et al.</i> , 2000).

CARACTERÍSTICAS DE RESPUESTA AL CAMBIO CLIMÁTICO

Respuesta a ambientes enriquecidos de CO₂:	Se adelanta floración y madurez; además aumenta la absorción de N-P-K (Rogers <i>et al.</i> , 1994). El enriquecimiento de CO ₂ aumenta peso vegetativo y rendimiento total (24%) de la fruta. Además reduce los efectos negativos del ozono, sobre el desarrollo vegetativo (Reinert <i>et al.</i> , 1997). A concentraciones de 700 ppm de CO ₂ las plantas muestran tolerancia (11.5% daño respecto a 18.5% a 350 ppm) a pudrición de la raíz <i>Phytophthora parasitica</i> (Jwa y Walling, 2001). En plantero, la demanda de nutrientes (N-K-C, excepto P) incrementa a altas concentraciones de CO ₂ (720 µL L ⁻¹); además se incrementa el vigor y la calidad de la planta (Li <i>et al.</i> , 2007).
--	--

Ambientes enriquecidos con CO_2 ($800 \mu\text{L L}^{-1}$), bajo deficiencias inducidas de Fe, mejoran la capacidad de la planta para acceder y utilizar Fe desde fuentes poco solubles como óxido de hierro. Desaparece la clorosis inducida y se incrementa la biomasa de la planta (Jin *et al.*, 2009). Esto puede ser importante para suelos calcáreos que presentan limitaciones de Fe.

Tomate en hidroponía a 800 ppm de CO_2 y ácido indolacético en el tejido de las plantas, mejoran el sistema radical y la absorción de nutrimentos (Wang *et al.*, 2009).

A 750 ppm de CO_2 se mejora la relación C:N, pero se reduce la resistencia de la planta a nemátodos (Sun *et al.*, 2010). La mayor cantidad de biomasa se obtiene a concentraciones de 700-1500 ppm de CO_2 y temperaturas día/noche de 25/18°C, con drástica reducción a 3000 ppm de CO_2 . En tanto, no se afecta la concentración de carotenoides en las hojas con el incremento de CO_2 (Juknys *et al.*, 2011).

Bajo condiciones óptimas de humedad y competencia con maleza (*Amaranthus retroflexus*, planta C_4), el tomate incrementa biomasa, pero bajo estrés por sequía la maleza C_4 se beneficia más que el tomate (Valerio *et al.*, 2011).

En niveles altos de CO_2 se reduce el estrés por altas o bajas temperaturas, poca radiación solar, contaminación atmosférica, patógenos de la raíz, sequía, escasez de los minerales y otros (Wittwer, 1995; Larcher, 2003).

Captura de carbono:

Bajo una densidad de plantación de 2 plantas m^{-2} , los valores de carbono y CO_2 por planta para las distintas partes de ésta son: 8.8 y 32.3 g, respectivamente, en raíz; 120 y 440 g en tallo; 69.6 y 255 g en hojas; 235.2 y 862 g en fruto; para un total por planta de 433 g C y 1,590 g CO_2 (Mota, 2011). Bajo estrés por ozono el potencial de secuestro de carbono se reduce de 25 a 50% (Calvo *et al.*, 2007).

Bajo invernadero se ha determinado que el porcentaje total de biomasa seca de tomate es: 43% en tallos, 38% en hojas y 20% en frutos (Kleinhenz *et al.*, 2006). Estos datos pueden utilizarse también para la estimación indirecta de captura de carbono.

Respuesta a ozono:

Altas concentraciones de ozono (65 nl l^{-1}) disminuyen la altura de la planta, los efectos negativos se incrementan cuando se aumenta la humedad relativa de 70 a 90%, pero se reducen con elevado CO_2 ($700\text{-}800 \mu\text{l l}^{-1}$) (Mortensen, 1992). El ozono a una concentración de 80 nmol mol^{-1} reduce el peso vegetativo y el rendimiento total (31%) de la fruta (Reinert *et al.*, 1997).

Existen cultivares sensibles, intermedios y tolerantes a ozono. Puede reducirse la biomasa (25 a 50%) y el número de frutos maduros e inmaduros (24 a 73%). Sin embargo, el efecto más importante es en las primeras cosechas (50-63%) (Calvo *et al.*, 2007).

El ozono afecta en campo el crecimiento de la planta, procesos fisiológicos, biomasa y rendimiento (Varshney y Rout, 2008).

La magnitud del daño por ozono depende de la etapa fenológica del cultivo; habrá mayor recuperación al estrés a los 30 días o inicio vegetativo, si los niveles de ozono exceden en floración se reducirá el rendimiento y la productividad del cultivo (Mina *et al.*, 2010).

Resistencia a sequía:

Tolerancia al estrés hídrico debido a mayor crecimiento de raíces o por ajustes osmóticos; por lo que existen genotipos que desarrollan con menos humedad del suelo (Amico *et al.*, 2006; Wittwer, 1995; Larcher, 2003).

No resiste largos periodos de sequía, ya que éstos pueden causar abscisión de flores y frutos (Naika *et al.*, 2005).

Tolerancia a altas temperaturas:

Susceptible a altas o bajas temperaturas, pero ambientes enriquecidos de CO₂ reducen los efectos negativos debido a que la planta trabaja con aperturas de estomas más pequeños (Wittwer, 1995; Larcher, 2003).

Altas temperaturas pueden provocar aborto de flores y frutos (Naika *et al.*, 2005).

Bajo temperaturas día/noche de 37/22°C y 37/27°C se ha probado la existencia de cultivares sensibles y tolerantes; estos últimos muestran mayor tasa fotosintética y número de frutos. Tanto en cultivares sensibles como tolerantes, las etapas reproductivas son más sensibles que las vegetativas. Las temperaturas nocturnas altas tienen efecto sobre la polinización y fructificación (Abdelmageed y Gruda, 2009). Existen cultivares y líneas mejoradas genéticamente que son tolerantes a altas temperaturas, como un régimen diurno/nocturno de 39/28°C. Los genotipos mejorados muestran un mayor número de flores, de frutos amarrados y rendimiento con relación a los genotipos tradicionales. Sin embargo, las altas temperaturas afectan significativamente la viabilidad de las semillas aún en genotipos tolerantes a las altas temperaturas (Abdul, 1991).

TOMATE DE CÁSCARA



CARACTERÍSTICAS DESCRIPTIVAS

- Nombre científico:** *Physalis philadelphica* Lam. Sin: *Physalis ixocarpa* Brot. Ex Horn., *Physalis aequata* Jack.
- Nombres comunes:** Tomate verde, tomate de cáscara, tomatillo, tomate de milpa.
- Familia:** Solanaceae.
- Origen:** Vavilov (1951), menciona que el centro de origen es el sur de México. Crece en forma silvestre entre los maizales donde subsisten sistemas tradicionales de producción que no implican el uso de herbicidas (Peña y Márquez; citados por Marín, 2010).
Nativa de México (Vibrans, 2009b).
- Distribución:** Desde Estados Unidos a Costa Rica y Las Antillas (Vibrans, 2009b).
- Adaptación:** Regiones con climas tropical seco y tropical húmedo (FAO, 2000).
Cultivo de climas cálidos, pero se adapta muy bien a climas templados (Corpeño, 2004).
- Ciclo de madurez:** Anual.
- Tipo fotosintético:** C₃.

REQUERIMIENTOS CLIMÁTICOS

Altitud:	Entre los 100 y 1500 m (Corpeño, 2004). Desde los 10 hasta los 2600 m. Desde el nivel del mar hasta los 2000 m (Nee, 1986).
Fotoperíodo:	Cultivo de días cortos (FAO, 2000). Es un cultivo al que no lo afecta el fotoperíodo. Sus necesidades de luz oscilan entre las 8 y 16 horas (Corpeño, 2004).
Radiación (Luz):	Requiere de buena iluminación (Corpeño, 2004).
Temperatura:	Los rangos para un desarrollo óptimo del cultivo oscilan entre los 28 y 30°C durante el día y 15 a 18°C durante la noche. Temperaturas de más de 35°C y menos de 10°C durante la floración provocan caída de flor y limitan el cuajado del fruto, aunque hay variedades que cuajan perfectamente a temperaturas altas (Corpeño, 2004).
Precipitación (agua):	El rango de precipitación anual óptimo es de 700 a 1000 mm, con valores extremos absolutos de 600 y 1100 mm anuales (FAO, 2000).
Humedad relativa:	La humedad relativa óptima oscila entre 65 y 70%. Dentro de este rango se favorece el desarrollo normal de la polinización; en condiciones de baja humedad relativa (<45%) la tasa de transpiración crece, lo que puede acarrear estrés hídrico, cierre estomático y reducción de fotosíntesis (Corpeño, 2004).

REQUERIMIENTOS EDÁFICOS

Profundidad de suelo:	Requiere de suelos con profundidad media, de 50 a 150 cm, aunque puede desarrollarse en suelos superficiales con profundidad de 20 a 50 cm (FAO, 2000).
Textura:	Los suelos para cultivar el tomate de cáscara pueden ser franco-arenosos, arcillo-arenosos y orgánicos (Corpeño, 2004).
Drenaje:	Requiere de buen drenaje (FAO, 2000).
pH:	El pH del suelo tiene que estar dentro de un rango de 5.9 a 6.5 para el mejor aprovechamiento de los fertilizantes que se apliquen (Corpeño, 2004).
Salinidad/Sodicidad:	Presenta baja tolerancia a la salinidad (FAO, 2000).
Fertilidad y química del suelo:	Se sugiere aplicar la dosis 120-40-00 en dos etapas. La primera aplicación se hace antes del trasplante, o a más tardar a los 8 días del trasplante aplicando la mitad del Nitrógeno y todo el Fósforo. La segunda a los 15 días después de la primera con el resto del Nitrógeno (INIFAP, 2001).

CARACTERÍSTICAS DE RESPUESTA AL CAMBIO CLIMÁTICO

- Respuesta a ambientes enriquecidos de CO₂:** Se considera que la aplicación de bióxido de carbono al suelo en contacto con el sistema radical de las plantas, puede aumentar el rendimiento del cultivo (Soldevilla *et al.*, 2002). Al incrementar el CO₂ en 300 ppm, se incrementa la biomasa y el Nitrógeno en plantas de *Physalis peruviana* L., y se reduce la asignación de Nitrógeno a las raíces, la concentración de N en hoja y la conductancia estomática (Stock y Evans, 2006).
- Captura de carbono:** Con un rendimiento de 3.5 t ha⁻¹ (López *et al.*, 2010) y aplicando el factor de conversión a carbono (0.47, Montero *et al.*, 2004) se tiene que el tomate de cáscara captura 1.645 t C ha⁻¹.
- Resistencia a sequía:** Una vez que se establece bien la plantación, resiste la sequía moderadamente (Everhart *et al.*, 2003).
- Tolerancia a altas temperaturas:** En la etapa vegetativa tolera altas temperaturas, siempre que no falte la humedad en el suelo. En etapa de floración y de cuajado de fruto es vulnerable a las temperaturas mayores a 35°C, aunque hay variedades que cuajan muy bien a temperaturas por arriba de este nivel térmico (Corpeño, 2004).

TOMILLO



Fotografía: Con la autorización de David Stang (Tropicos.org)

CARACTERÍSTICAS DESCRIPTIVAS

Nombre científico:	<i>Thymus vulgaris</i> L.
Nombres comunes:	Tomillo, tremoncillo, extremoncillo, tomello.
Familia:	Lamiaceae.
Origen:	Regiones del oeste del Mediterráneo (Morales, 1986). Originario del sur de Europa y el norte de África (CCI, 2006).
Distribución:	Se distribuye por toda la región mediterránea occidental (Del Toro, 2006). 20-60° LN y LS (FAO, 2000).
Adaptación:	Climas templados, el tomillo es resistente a heladas y sequías (Toledo <i>et al.</i> , 2005). Se desarrolla en zonas templadas y subtropicales (Arvy y Gallouin, 2006).
Ciclo de madurez:	Perenne.
Tipo fotosintético:	C ₃ .

REQUERIMIENTOS CLIMÁTICOS

Altitud:	Desde el nivel del mar hasta los 2000 msnm (Morales, 1986). 0 a 1800 msnm a libre exposición y de 1800 a 2800 msnm bajo cubierta (CCI, 2006).
Fotoperíodo:	Cultivo de días largos, más de 14 horas luz (FAO, 2000).

Radiación (Luz):	Requiere gran intensidad de luz (FAO, 2000). Se desarrolla a pleno sol; no requiere ningún cuidado especial (Arvy y Gallouin, 2006).
Temperatura:	Temperatura mínima de 8°C, temperatura máxima de 24°C y óptima de 20°C; se comporta mejor en clima frío y templado, también tolera y se adapta bien a zonas secas y cálidas (CCI, 2006). Prefiere los climas con temperaturas medias por encima de los 14°C de media anual (Blanco, 2005).
Precipitación (agua):	Precipitaciones por debajo de los 600 mm anuales (Blanco, 2005), llegando a prosperar incluso con 480 mm.
Humedad relativa:	Humedad relativa de 50 a 70% (CCI, 2006).

REQUERIMIENTOS EDÁFICOS

Profundidad de suelo:	Suelos con profundidad de 50 a 150 cm como óptimos, puede desarrollarse en suelos superficiales con una profundidad de 20 a 50 cm (FAO, 2000).
Textura:	Prefiere los suelos ricos de aluvión y calcáreos, se adapta bien a los arcillosos, ligeros y silíceos (Muñoz, 2002).
Drenaje:	Suelos con buen drenaje a suelos con drenaje excesivo (FAO, 2000).
pH:	pH de 7 a 8 (CCI, 2006). De un pH neutro a alcalino (Blanco, 2005).
Salinidad/Sodicidad:	Presenta baja tolerancia a la salinidad (FAO, 2000).
Fertilidad y química del suelo:	Se debe realizar análisis de suelo antes de la siembra. Extracción de nutrientes: nitrógeno 44 kg, fósforo 24 kg y potasio 24 kg por ha (CCI, 2006).

CARACTERÍSTICAS DE RESPUESTA AL CAMBIO CLIMÁTICO

Resistencia a sequía:	Resistente a sequías (Toledo <i>et al.</i> , 2005).
Tolerancia a altas temperaturas:	Posee una moderada tolerancia a altas temperaturas.

TORONJA



CARACTERÍSTICAS DESCRIPTIVAS

Nombre científico:	<i>Citrus grandis</i> (L.) Osbeck.
Nombres comunes:	Toronja
Familia:	Rutaceae.
Origen:	Sureste de Asia, Este de Himalaya, Este de Burma (González, 1984).
Distribución:	40°LN a 40°LS (Doorenbos y Kassam, 1979).
Adaptación:	Regiones tropicales y subtropicales.
Ciclo de madurez:	Perenne.
Tipo fotosintético:	C ₃ .

REQUERIMIENTOS CLIMÁTICOS

Altitud:	0-1000 m. Hasta 1800 m en zonas tropicales y hasta 750 m en zonas subtropicales (Doorenbos y Kassam, 1979).
Fotoperíodo:	Se considera una planta de día neutro, aunque existen cultivares de día corto (FAO, 1994).
Radiación (Luz):	El sombreado reduce el contenido de ácido ascórbico de los frutos, siendo la intensidad de luz óptima 32.3-86.1 klux (Baradas, 1994).

Temperatura:	Rango 13-35°C, siendo la óptima 23-30°C. Por debajo de los 13°C no existe crecimiento (Baradas, 1994). Requiere de un periodo de reposo (idealmente de dos meses) para que se produzca la floración, el cual puede ser provocado por temperaturas de alrededor de 10°C durante el invierno en zonas subtropicales (Doorenbos y Kassam, 1979).
Precipitación (agua):	1000-2000 mm por ciclo (Baradas, 1994). En zonas tropicales, el periodo de reposo que se requiere para inducir la floración, puede ser provocado por condiciones de precipitación o riego de menos de 50-60 mm mes ⁻¹ durante dos meses o más (Doorenbos y Kassam, 1979). De acuerdo con Allen <i>et al.</i> (2006), en huertas con cobertura vegetal o maleza, los árboles de 2 m de altura tienen un Kc de 0.85 en las etapas de desarrollo inicial, intermedia y final, mientras que árboles de 3 m tienen un Kc de 0.8 y árboles de 4 m de altura un Kc de 0.75, 0.7 y 0.75, en estas tres etapas de desarrollo. En huertas sin cobertura vegetal o maleza, los árboles de 2 m tienen un Kc de 0.5, 0.45 y 0.55, mientras que los árboles de 3 m tienen un Kc de 0.65, 0.6 y 0.65. Los árboles de 4 m tienen un Kc de 0.7, 0.65 y 0.7, para estas tres etapas de desarrollo.
Humedad relativa:	Atmósferas secas acompañadas de altas temperaturas son muy dañinas, sobre todo para frutos jóvenes y hojas (Baradas, 1994). Humedad atmosférica medianamente alta es favorable para buenos rendimientos.

REQUERIMIENTOS EDÁFICOS

Profundidad de suelo:	> 120 cm. La profundidad de enraizamiento varía de 1.20 a 2.0 m. En general, el 60% de las raíces se encuentra en los primeros 0.5 m, un 30% más en los segundos 0.5 m, y el 10% restante por debajo de 1m. Cuando el suministro de agua es el adecuado, normalmente el 100% del agua se extrae de la primera capa de 1.2 a 1.6 m (Doorenbos y Kassam, 1979).
Textura:	Franco-arenosa, franca y franco-arcillosa. Prefiere texturas medias y pesadas (FAO, 1994).
Drenaje:	Requiere suelos con drenaje de bueno a excelente, padece cuando se presentan encharcamientos (FAO, 1994).
pH:	Su rango de pH está entre 5.3 y 8.0, con un óptimo de 6.5 (FAO, 1994).
Salinidad/Sodicidad:	Las disminuciones de rendimiento debidas a la salinidad del suelo son: 0% para una conductividad eléctrica de 1.7 dS m ⁻¹ , 10% para 2.3 dS m ⁻¹ ; 25% para 3.3 dS m ⁻¹ ; 50% para 4.8 dS m ⁻¹ y 100% para 8.0 dS m ⁻¹ (Doorenbos y Kassam, 1979).
Fertilidad y química del suelo:	La remoción de nutrimentos en g t ⁻¹ de fruta fresca son: N = 1,638; P ₂ O ₅ = 366; K ₂ O = 2,086; MgO = 209, CaO = 658; S = 74 (IFA, 1992).

CARACTERÍSTICAS DE RESPUESTA AL CAMBIO CLIMÁTICO

Respuesta a ambientes enriquecidos de CO₂:	En experimento de realizado sobre naranja agria (pariente cercano de la toronja) a 700 ppm de CO ₂ , se observó que en los dos primeros años la biomasa aérea se incrementó tres veces más con relación a plántulas a concentración de CO ₂ ambiente (400 ppm). Sin embargo, a partir de ese momento, esta ganancia experimentó una caída exponencial hasta estabilizarse en una ganancia de 1.8 veces más biomasa, a los 9 años. La producción de frutos comenzó a los tres años, con una proporción de 25 a 1 al comparar la biomasa de frutos producidos en 700 ppm contra 400 ppm. Sin embargo, esta proporción también fue decayendo subsecuentemente, hasta estabilizarse en los años 10 al 13 (Idso y Kimball, 2001).
Captura de carbono:	De acuerdo al promedio de secuestro anual de C en cítricos, se estiman 5.8 t ha ⁻¹ de C (Mota <i>et al.</i> , 2011).
Resistencia a sequía:	Resiste periodos de sequía pero no en la etapa de floración y fructificación.
Tolerancia a altas temperaturas:	Puede tolerar altas temperaturas, aunque por arriba de 35-38°C puede presentar problemas sobre todo en la etapa de floración y amarre de fruto.

TRIGO



CARACTERÍSTICAS DESCRIPTIVAS

- Nombre científico:** *Triticum aestivum* L. (trigo de pan).
Triticum turgidum L. (trigo duro).
- Nombres comunes:** Trigo, trigo blando, trigo duro, trigo de pan.
- Familia:** Poaceae (Gramineae).
- Origen:** Área del Cáucaso, Turquía, Irak y área de Afganistán (Vavilov, Mangelsdorf; citados por Wilsie, 1970).
Área de Irak, Turquía, Palestina (Helbaek, citado por Wilsie, 1970).
Área de Afganistán (Kihara, citado por Wilsie, 1970).
- Distribución:** 60°LN a 40°LS (Wilsie, 1970).
- Adaptación:** Regiones templadas y subtropicales con una temporada fresca seguida por una temporada cálida o relativamente cálida.
Climas templados, zonas tropicales y subtropicales (Doorenbos y Kassam, 1979).
Regiones áridas, semiáridas, subhúmedas, húmedas con estación seca, cálidas, semicálidas, templadas y semifrías (Aragón, 1995).
- Ciclo de madurez:** 100-130 días (primavera); 180-250 días (invierno) (Doorenbos y Kassam, 1979).
Trigo de primavera: 3.3 a 4.3 meses (Wilsie, 1970).
- Tipo fotosintético:** C₃

REQUERIMIENTOS CLIMÁTICOS

Altitud:	<p>0 a más de 3000 m (Aragón, 1995). 0-2800 m (Ruiz, 1985) 2800-3800 m en zonas tropicales (Benacchio, 1982).</p>
Fotoperíodo:	<p>Existen cultivares indiferentes a la duración del día y los cultivares que son sensibles al fotoperíodo se comportan como plantas de día largo (Doorenbos y Kassam, 1979).</p>
Radiación (Luz):	<p>El desarrollo de la inflorescencia es más rápido a una intensidad alta de luz, alta temperatura y días largos (Davison <i>et al.</i>; citados por Santibáñez, 1994). La formación de semillas se incrementa a altas intensidades de luz durante la polinización. En los 10 días siguientes a la antesis, una baja intensidad de luz y altas temperaturas reducen el número de células del endospermo, reduciendo con ello el peso del grano (Caldiz y Sarandon; citados por Santibáñez, 1994). 1800-2000 lux (Griffiths, 1985).</p>
Temperatura:	<p>La germinación, la emergencia, el amacollamiento y la elongación de la hojas (la etapa vegetativa) tienen una temperatura base de unos 2°C, pero la elongación del tallo y la fase reproductiva (amacollamiento-madurez) tienen una temperatura base sobre 6°C (Del Pozo <i>et al.</i>, 1987). Antes del espigamiento la temperatura base es de alrededor de 4°C y después del espigamiento es de alrededor de 9.5°C (Slafer y Savin, 1991). Rango 5-30°C, con un óptimo para fotosíntesis entre 15 y 20°C. Para buenos rendimientos las noches deberían ser frescas. En su primera fase de retoño y desarrollo le es favorable un tiempo relativamente frío y en cualquier caso, padece cuando la temperatura supera los 24°C (Benacchio, 1982). La temperatura umbral máxima para desarrollo está alrededor de los 25°C sobre todo cuando la planta se aproxima hacia la madurez (McMaster, 1988). El trigo de invierno necesita un periodo frío (vernalización) durante sus primeras etapas de crecimiento, para el desarrollo normal de las espigas durante los días largos. En sus etapas iniciales de desarrollo, el trigo de invierno tolera temperaturas de hasta -20°C, sin embargo, en las siguientes etapas de desarrollo el trigo es susceptible al daño por heladas cercanas a 0°C. Para los trigos tanto de invierno como de primavera, la temperatura mínima diurna para obtener un crecimiento apreciable es de 5°C. La temperatura media diurna para un crecimiento óptimo y para la producción de renuevos, está entre 15 y 20°C. Es preferible un periodo seco y caluroso para la maduración de 18°C o más. Heladas en trigo de primavera durante la floración y desarrollo de la espiga, producen alto grado de esterilidad (Doorenbos y Kassam, 1979).</p>

Los requerimientos de vernalización para las variedades de invierno pueden ser completamente sustituidos por un crecimiento bajo condiciones de días cortos a 21°C de temperatura diurna y 16°C de temperatura nocturna por un periodo similar de tiempo (en relación al de vernalización). El peso de grano disminuye proporcionalmente cuando la temperatura se incrementa por arriba de 17°C (Santibáñez, 1994). En todas las variedades, el rendimiento de grano y el peso del grano son más altos a 15-20°C, aunque los contenidos de proteína y gluten parecen ser mayores a 20-25°C (Hay y Delecollé; citados por Santibáñez, 1994).

Durante la antesis, las altas temperaturas pueden causar esterilidad. La fertilización es máxima a 18-24°C y mínima tanto a 10 como a 32°C (Santibáñez, 1994).

Altas temperaturas (>25°C) durante el llenado de grano, acortan este periodo, disminuyendo el rendimiento (So-field *et al.*, 1977).

Existe una relación lineal entre el desarrollo del trigo y la temperatura, cuando ésta se encuentra en el rango de 15 a 25°C (Davidson y Campbell, 1983).

La fotosíntesis neta es máxima cuando la temperatura de las hojas se encuentra entre 20 y 25°C (en ambientes frescos) y cuando se encuentra entre 25 y 35°C (en ambientes cálidos) (Sayed *et al.*, 1989a).

El pre-tratamiento de calor en trigo a temperaturas mayores que 50°C provoca la inhibición de la actividad del fotosistema I (Sayed *et al.*, 1989b).

Temperaturas altas en zonas muy húmedas favorecen el desarrollo de enfermedades que afectan la producción de trigo (SEP, 1986).

Precipitación (agua):

Requiere de 450 a 650 mm durante el ciclo de cultivo. En condiciones en que la evapotranspiración máxima es de 5 a 6 mm/día, la absorción de agua del cultivo se ve poco afectada para un agotamiento del agua del suelo inferior al 50% del total de agua disponible en el suelo. Existe un padecimiento moderado de agua para el cultivo cuando los niveles de agotamiento son del 70 al 80% y un padecimiento riguroso con niveles que sobrepasan el 80% (Doorenbos y Kassam, 1979).

Requiere de 700 a 1000 mm de precipitación (Benacchio, 1982).

El trigo de primavera de una altura promedio de 1 m, tiene un coeficiente de cultivo para las etapas inicial, intermedia y final de desarrollo de 0.3, 1.15 y 0.25-0.4, respectivamente. En tanto los valores de Kc para trigo de invierno son 0.7, 1.15 y 0.25-0.4 (Allen *et al.*, 2006).

Humedad relativa:

Requiere una atmósfera seca, condiciones de alta humedad no le son favorables (Benacchio, 1982), ya que propician la presencia de enfermedades fungosas.

REQUERIMIENTOS EDÁFICOS

Profundidad de suelo:	En general, del 50 al 60% de la absorción de agua tiene lugar a partir de los primeros 0.3 m; del 20 al 25% en los siguientes 0.3 m, del 10 al 15% en la tercera capa de 0.3 m y menos del 10% a partir de la cuarta capa de 0.3 m de profundidad de suelo. Normalmente el 100% de la absorción de agua tiene lugar en la primera capa de 1.0 a 1.5 m (Doorenbos y Kassam, 1979). Mayor que 30 cm para buen desarrollo radicular (Wilsie, 1970; Aragón, 1995).
Textura:	Prefiere suelos de textura media (Doorenbos y Kassam, 1979).
Drenaje:	Prefiere condiciones de buen drenaje, aunque puede tolerar periodos no muy prolongados con exceso de humedad.
pH:	5.5 a 6.5 es óptimo para el crecimiento de la planta. Valores cercanos a 8.5 o superiores reducen el rendimiento por deficiencia de hierro. A valores de 3.3-4.0 los iones de hidrógeno causan daños a la planta (Islam <i>et al.</i> , 1980).
Salinidad/Sodicidad:	De acuerdo con Ayers y Westcot (1985) el trigo puede tolerar una conductividad eléctrica de hasta 6.0 dS m ⁻¹ sin afectaciones al rendimiento; sin embargo a 7.4, 9.5, 13 y 20 dS m ⁻¹ el rendimiento se reduce 10, 25, 50 y 100%. Existe diferencia entre variedades con relación a la tolerancia del trigo a la salinidad. A este respecto, Argentel <i>et al.</i> (2008) reportan pérdidas de rendimiento entre 13 y 68% al someter 12 variedades (obtenidas y/o seleccionadas en Cuba) a un ambiente con 8 dS m ⁻¹ de conductividad eléctrica. De acuerdo con estos autores, la susceptibilidad a la salinidad aparece a partir de la floración y estos daños son más marcados en la especie <i>T. durum</i> . La variable del rendimiento reportada con mayores afectaciones fue el número de granos llenos por espiga.

CARACTERÍSTICAS DE RESPUESTA AL CAMBIO CLIMÁTICO

Respuesta a ambientes enriquecidos de CO₂:	El CO ₂ elevado aumenta la biomasa final y la producción de grano, en trigo, aunque en cultivos densos puede no modificar el peso de los tallos individuales. El enriquecimiento del aire en CO ₂ aumenta la relación entre clorofila y proteína Rubisco, lo que indica mayor inversión en la captura de la luz frente a la carboxilación. Un mayor aporte de nitrógeno favorece el aumento de la fotosíntesis inducido por el CO ₂ elevado a corto plazo, a través de un estímulo de las reacciones del mesófilo y no de la difusión del CO ₂ hasta el cloroplasto. Asimismo, con más suministro de nitrógeno se reduce la aclimatación de la fotosíntesis y la conductancia al CO ₂ alto en todas las hojas del dosel vegetal, llegando a in
--	---

vertirse en hojas jóvenes cuando la provisión del nutrimento es muy alta. La citoquinina -6-bencilaminopurina- mejora las respuestas a corto y largo plazo al aumento de CO₂ con un aporte alto de nitrógeno, a través de un incremento de la conductancia de los estomas (Gutiérrez, 2010).

Al someter al trigo a ambientes elevados de CO₂, se incrementa el contenido de almidón en los granos, debido a un incremento en la traslocación de carbohidratos desde las fuentes (hojas y tallo) a los sumideros (granos), sin embargo este incremento se reporta sólo para los granos de trigo que se produjeron en condiciones de alto nitrógeno (Hogy y Fangmeier, 2008). Con relación a los componentes del almidón, el CO₂ elevado incrementa en mayor proporción la amilosa que la amilopectina (Hogy y Fangmeier, 2008; Uprety *et al.*, 2010).

El aumento de carbono en experimentos al aire libre (FACE) incrementa la biomasa en 11.8% y el rendimiento de grano en 10.4%. Sin embargo se observan efectos adversos en características de calidad de grano, tales como tamaño menor de grano, disminución en un 7.4% de la concentración de proteína total en grano y alteración de la composición de proteínas y aminoácidos. El incremento de CO₂ causa una reducción en la concentración de aminoácidos, principalmente los no esenciales. Minerales como el potasio, molibdeno y plomo se incrementan en el grano, mientras que el manganeso, hierro, cadmio y silicio disminuyen. El incremento de CO₂ incrementa significativamente la concentración de fructosa y fructán en el grano, así como la resistencia del gluten (Hogy *et al.*, 2009).

En experimentos FACE de 200 µl l⁻¹ por arriba de la concentración de CO₂ ambiente, el rendimiento se incrementa 15.2, 21.4 y 35.4% en condiciones de bajo nitrógeno (90 kg hm⁻²), nivel medio (125 kg hm⁻²) y alto nitrógeno (180 kg hm⁻²), respectivamente. Para estos mismos tratamientos, el ciclo de crecimiento del trigo se reduce 1.3, 1.3 y 2.6 días. El incremento en rendimiento de grano se explica por un incremento en el número de espigas por metro cuadrado (17.8%), el número de granos por espiga (2.9%) y la masa individual por grano (4.8%) (Ynag *et al.*, 2007).

Elevado CO₂ produce reducción de la proteína y gluten del trigo, así como alteraciones en la proporción de gliadinas y glutelinas, lo cual puede degradar las propiedades de panificación de los cultivares de trigo (Uprety *et al.*, 2010).

Bajo una densidad de plantación de 125 plantas m⁻², los valores en gramos de carbono y CO₂ para raíz, parte aérea y total de planta son: 0.2 y 0.7; 2.8 y 10.3; y, 3.0 y 11.0, respectivamente (Mota, 2011).

Cuando se expone el trigo a una concentración de 35-75 ppb de ozono durante 4-8 horas diarias en promedio, durante la estación de crecimiento, las pérdidas en rendimiento son de 5 a 48% (Emberson *et al.*, 2009).

Captura de carbono:

Respuesta a ozono:

Resistencia a sequía:

Se considera un cultivo moderadamente tolerante a la sequía. El crecimiento rápido en las primeras etapas de desarrollo, genera una reserva en la planta de trigo, que la hace sobrellevar aún periodos de sequía severa y finalmente rendir en producción de grano, aún en variedades que no sean particularmente resistentes a sequía. La variedad mexicana Pitic 62 es considerada resistente a sequía, ya que durante días de considerable estrés hídrico continua fotosintetizando y promueve mayor desarrollo de raíces. Esta variedad mantiene una mayor tasa de asimilación y utiliza la humedad del suelo disponible más eficientemente que otras variedades (Hurd, 1974).

Tolerancia a altas temperaturas:

El trigo se considera un cultivo de invierno y de manera natural no tolera altas temperaturas; por arriba de 25-30°C (dependiendo de la variedad) empieza a tener problemas en su desarrollo. Sin embargo, dado que es un cultivo que se siembra en muchos países, a través del mejoramiento genético se ha posibilitado su producción en países de clima incluso tropical.

VAINILLA



Fotografía: Con la autorización de Mercedes Pérez de Azkue (FONAIAP, Venezuela)

CARACTERÍSTICAS DESCRIPTIVAS

Nombre científico:	<i>Vanilla planifolia</i> Andr.
Nombres comunes:	Vainilla.
Familia:	Orchidaceae.
Origen:	Sureste de México, Centroamérica (González, 1984). Es originaria de la zona norte del estado de Veracruz, México (ASERCA, 2002).
Distribución:	24°LN a 24°LS.
Adaptación:	Trópicos húmedos (González, 1984).
Ciclo de madurez:	La longevidad del cultivo depende del mantenimiento y puede ser 3 a 10 años. Las plantaciones comerciales en México tienen vida promedio de 5 años, de los cuales los primeros tres son de desarrollo vegetativo y los otros dos son de producción (Kelso <i>et al.</i> , 2012).
Tipo fotosintético:	C ₃ .

REQUERIMIENTOS CLIMÁTICOS

Altitud:	0-1000 m.
Fotoperiodo:	Generalmente se comporta como planta de día corto (FAO, 1994).

Radiación (Luz):	Planta de media sombra o de sombra completa, con un óptimo de luz entre 10.8 y 32.3 klux (Baradas, 1994).
Temperatura:	El óptimo de temperatura es de 27°C (Baradas, 1994). La temperatura óptima varía de 21 a 32°C con un periodo promedio de 27°C (González, 1984). El crecimiento se detiene a 10 y 33°C, siendo el óptimo térmico 27°C (FAO, 1994).
Precipitación (agua):	Requiere de 2000 a 2500 mm al año, con dos meses secos para permitir la adecuada floración (Baradas, 1994). 2000-2500 mm anuales de precipitación, con dos meses secos que coincidan con la floración. La lluvia demasiado abundante la deteriora. Tampoco produce en regiones donde se prolonga demasiado la sequía (González, 1984). Prospera en regiones con precipitación anual entre 1500 y 2500 mm, siendo el nivel óptimo 2250 mm anuales (FAO, 1994). El coeficiente de cultivo Kc inicial para los primeros 200 días después de la siembra es de 0.35, con un requerimiento hídrico de 192 mm (Kelso <i>et al.</i> , 2012).
Humedad relativa:	Prefiere atmósferas relativamente húmedas.

REQUERIMIENTOS EDÁFICOS

Profundidad de suelo:	Puede prosperar en suelos de poco espesor (FAO, 1994), siempre que tengan buen abastecimiento de humedad y fertilidad.
Textura:	Prefiere suelos ligeros (González, 1984). Le son favorables suelos de textura ligera a media (FAO, 1994).
Drenaje:	Requiere suelos con buen drenaje, ya que no tolera encharcamientos (González, 1984; FAO, 1994).
pH:	Su rango de pH está entre 4.3 y 8.0 con un óptimo de 6.2 (FAO, 1994).
Salinidad/Sodicidad:	Se considera de una tolerancia intermedia a la salinidad (FAO, 1994).

CARACTERÍSTICAS DE RESPUESTA AL CAMBIO CLIMÁTICO

Resistencia a sequía:	Es un cultivo que no tolera sequías prolongadas. En regiones donde los patrones de precipitación establecen varios meses sin lluvia al año, se requiere contar con riego de auxilio para llevar a cabo su cultivo.
Tolerancia a altas temperaturas:	Temperaturas mayores a 32-35°C producen el amarillamiento y caída de frutos tiernos.

VID



CARACTERÍSTICAS DESCRIPTIVAS

Nombre científico:	<i>Vitis vinifera</i> L.
Nombres comunes:	Vid, uva, parra.
Familia:	Vitaceae.
Origen:	Asia Menor, entre el Mar Negro y el Mar Caspio (Winkler <i>et al.</i> , 1974).
Distribución:	32° a 52°LN y 30°a 40° LS (Madero, 1992).
Adaptación:	Clima templado seco, con veranos largos y con inviernos poco rigurosos.
Ciclo de madurez:	Perenne caducifolio.
Tipo fotosintético:	C ₃ .

REQUERIMIENTOS CLIMÁTICOS

Altitud:	La vid puede prosperar desde los 0 hasta los 3000 m, dependiendo de la latitud (Galet, 1976). Esto es, en bajas latitudes puede cultivarse en zonas de mayor altura, y, en zonas de latitudes medias y altas, se puede cultivar a menor altitud.
Fotoperiodo:	Existen variedades de día corto y variedades de día largo (Benacchio, 1982). Las variedades de <i>Vitis vinifera</i> son plantas de día largo, pero en general son menos sensibles al fotoperiodo que otras especies de <i>Vitis</i> (Huglin, 1986).

Radiación (Luz):

Requiere de mucha insolación (Benacchio, 1982). El mínimo anual se sitúa entre 1500 y 1600 horas luz, de las cuales al menos 1200 corresponden al ciclo vegetativo (Simon *et al.*, 1977). Baja intensidad luminosa combinada con bajas temperaturas puede causar desordenes fisiológicos y necrosis en el tallo (Santibáñez, 1994).

Temperatura:

Aun cuando está demostrado que la vid tiene un periodo de reposo y que debe ser satisfecho para iniciar la brotación, no se ha establecido que esté regulado por la acumulación de frío invernal. En general se considera que esta especie se adapta en áreas que acumulan más de 250 horas frío (Díaz, 1987). Las variedades del tipo vinífera requieren de un periodo de invierno de dos meses con temperatura media inferior a los 10°C y para la maduración requieren de temperaturas diarias promedio de al menos 18°C. Las variedades tempranas requieren alrededor de 880 unidades calor y las tardías al menos 1925, con una temperatura base de 10°C (Weaver, 1976). El rango térmico para desarrollo es 10-35°C, con un óptimo para fotosíntesis de 25 a 30°C. Para el periodo floración-madurez, lo más conveniente son temperaturas de 24 a 26°C (Benacchio, 1982).

La temperatura base para crecimiento es de 10°C (Williams, 1987). El óptimo de temperatura varía según la fase fenológica. Para la brotación es de 8-10°C, para la floración 18-22°C, para el envero 22-26°C, para la maduración 20-24°C y para la cosecha 18-22°C (Dalmasso y Eynard, 1979).

A mediados del invierno, la vid puede tolerar temperaturas de -15 a -18°C, aunque existen variedades rusas que resisten hasta -24 a -27°C (Rozhanets, citado por Santibáñez, 1994). El óptimo de temperatura para fotosíntesis es 20-30°C; para el crecimiento de brotes es 20°C y para floración es 19-25°C (Schneider, citado por Santibáñez, 1994).

La temperatura óptima para inducción del primordio floral es 30-35°C (Buttrose, citado por Santibáñez, 1994).

El rango óptimo para la germinación del polen está entre 25 y 30°C, siendo el mínimo 10°C y el máximo 35°C (Santibáñez *et al.*, 1989).

Temperaturas por debajo de 15°C y por arriba de 25°C durante la fertilización, inhiben el amarre de frutos (Alleweldt y Hofäcker; citados por Santibáñez, 1994).

Temperaturas superiores a 32°C durante las primeras etapas de desarrollo del fruto pueden reducir el tamaño de la uva (Hale y Buttrose, 1974).

Precipitación (Agua):

400 a 1100 mm, aunque requiere veranos secos y con alta insolación (Benacchio, 1982).

Un déficit hídrico moderado en el suelo durante la maduración es favorable para la acumulación óptima de azúcar (Fursa *et al.*; citados por Santibáñez, 1994). Sin embargo, este déficit hídrico en las semanas posteriores a la antesis, reduce el amarre del fruto (Alexander, citado por Santibáñez, 1994), el tamaño de la uva y la concentración de sólidos solubles totales en frutos (Kliewer y Antcliff, 1970).

Durante el crecimiento vegetativo, la floración y en la primera parte de la formación de la cosecha, la evapotranspiración máxima se ve afectada (reduciendo el rendimiento) cuando el agotamiento del agua del suelo es de 35 a 45%. En etapas posteriores del desarrollo se puede agotar el agua del suelo hasta un nivel superior, mientras que en la época de la recolección y después de ella, se necesita un elevado nivel de agotamiento del agua del suelo (Doorenbos y Kassam, 1979).

De acuerdo con Allen *et al.* (2006), para plantas de uva de mesa con una altura promedio de 2 m, los coeficientes de cultivo para las etapas inicial, intermedia y final de desarrollo, son 0.3, 0.85 y 0.45, respectivamente. Para plantas de uva para vino con una altura promedio de 1.5-2 m, los Kc para estas etapas son: 0.3, 0.7 y 0.45.

Humedad relativa: El promedio de humedad atmosférica debería ser inferior al 60%, el máximo no debería superar el 75% y no debe haber ocurrencia de neblina (Benacchio, 1982).

REQUERIMIENTOS EDÁFICOS

Profundidad de suelo: Requiere de suelos profundos (Benacchio, 1982), de por lo menos 2 m de espesor. Las vides maduras tienen un enraizamiento profundo que llega a 2-3 m, o más incluso, en suelos profundos.

La mayor parte de las raíces suele estar en la capa superior del suelo, de 0.5 a 1.5 m. Normalmente, el 100% del agua se extrae de la primera capa de 1 a 2 m de profundidad del suelo (Doorenbos y Kassam, 1979).

Textura: Prefiere suelos de textura franco-arenosa (Benacchio, 1982). Se adapta bien a muy diferentes tipos de suelos, desde arenosos hasta arcillosos, pero es preferible evitar suelos muy arcillosos, sobre todo con problemas de drenaje (Weaver, 1976).

Drenaje: Requiere suelos con buen drenaje (Benacchio, 1982).

Exposición de terreno: Las plantas de vid deben recibir sol directamente al menos una parte del día. La exposición, que es la dirección a la cual tiene el frente la pendiente, es importante porque afecta el ángulo con el que inciden los rayos solares afectando el balance total de calor que recibe el viñedo; por lo que dependiendo del clima de la región se deberá seleccionar la exposición para obtener el máximo beneficio para el viñedo. La exposición Este es la más recomendable porque recibe el sol de la mañana y más pronto se logra el punto máximo de la fotosíntesis y se seca más rápidamente el rocío de las hojas y del fruto, reduciendo la incidencia de enfermedades. Las exposiciones sur y Oeste se pueden calentar más pronto en la primavera e inducir al brote de las yemas más temprano, lo cual no es conveniente en regiones donde ocurren heladas en primavera que puedan dañar los brotes tiernos. En

regiones donde no hay problemas de heladas en primavera la exposición Sur puede ser deseable porque acorta el periodo productivo. En variedades de maduración tardía la exposición Oeste puede ser más ventajosa al adelantar la maduración del fruto. En climas donde los veranos son frescos y los días-grado de crecimiento son menos, se debe evitar la pendiente Norte, aquí se prefieren exposiciones Sur (Sur, Suroeste o Sureste) para lograr la máxima acumulación de calor. En regiones con estaciones de crecimiento cálidas y de baja humedad relativa se debe evitar la exposición Oeste para reducir el sobre calentamiento del fruto (Stafne, 2008; Wolf y Boyer, 2003; Jones and Hellman, 2002; Kultural, 2007).

pH:	El pH debe estar en el rango de 5.5 a 7.0 (Benacchio, 1982). Desarrolla en un pH de 5.0 a 8.0, siendo el óptimo alrededor de 6.5 (FAO, 1994).
Salinidad/Sodicidad:	Medianamente tolerante a la salinidad (Benacchio, 1982). La disminución del rendimiento en función de diversos niveles de conductividad eléctrica del suelo es la siguiente: 0% para 1.5 dS m ⁻¹ ; 10% para 2.5 dS m ⁻¹ ; 25% para 4.1 dS m ⁻¹ ; 50% para 6.7 dS m ⁻¹ y 100% para 12 dS m ⁻¹ (Doorenbos y Kasam, 1979; Ayers y Westcot, 1985).
Fertilidad y química del suelo:	Deben evitarse suelos con concentraciones relativamente elevadas de carbonato de calcio, boro y otros materiales tóxicos (Weaver, 1976). La cantidad de cada nutrimento requerida por la vid depende de la variedad, patrón, suelo, condiciones climáticas y rendimiento. En términos generales, para la obtención de una tonelada de uva cosechada se requieren las siguientes cantidades (Kg): Nitrógeno 3.2, Fósforo 1.1, Potasio 5.9, Calcio 0.9 y Magnesio 0.9. Además se necesitan las siguientes cantidades en gramos: Manganeso 19.2, Hierro 43.3, Zinc 19.6, Cobre 22.8 y Boro 7.2 (IFA, 1992).

CARACTERÍSTICAS DE RESPUESTA AL CAMBIO CLIMÁTICO

Respuesta a ambientes enriquecidos de CO₂:

Los altos niveles de CO₂ que se estiman ocurrirán en el futuro no tendrán efectos negativos, sino por el contrario los resultados muestran mejoras en la fisiología de la planta y su productividad. La calidad del fruto y del vino producido no se modificará.

Respuesta fisiológica. En ambientes enriquecidos con CO₂ (500 +/-16 ppm) se incrementa la tasa fotosintética neta, la eficiencia del uso del agua y el grosor de la hoja (Moutinho *et al.*, 2009).

Rendimiento. Las concentraciones elevadas de CO₂ inducen a un mayor rendimiento de fruto, de 27 a 50%, un mayor número de racimos, que son de mayor peso que los obtenidos en las concentraciones actuales de CO₂ en la atmósfera (Bindi *et al.*, 2001; Moutinho *et al.* 2009).

Calidad del vino. En general concentraciones elevadas de CO_2 no afectan negativamente las características de la uva, especialmente en las concentraciones totales de taninos y antocianinas. Sin embargo, las concentraciones totales de antocianinas y polifenol son inhibidas en el vino. La capacidad antioxidante del vino no cambia significativamente (Gonçalves *et al.* 2009).

Captura de carbono:

Para una densidad de plantación de 0.082 plantas m^{-2} , se captura un total de 6,358 g C y 23,315 g CO_2 por planta, con la siguiente partición: 1,254 g (C) y 4,599 g (CO_2) en raíz; 637 y 2,335 g en ramas; 802 y 2,941 g en hojas; 3,298 y 12,093 g en frutos; y, 367 y 1,347 g en tronco (Mota, 2011).

La concentración de carbón en las diferentes estructuras de la planta permanece casi constante a través del tiempo, el contenido de carbón, expresado en mg g^{-1} de materia seca, de los diferentes órganos de la planta es como sigue: hojas principales 496, hojas laterales 483, tallos principales 478, tallos laterales 442, frutos 425, raíces finas 476 y tronco 477 (Vivin *et al.*, 2003).

La fotosíntesis es el principal mecanismo de captura de carbono en las plantas al reducir el CO_2 en fotosintatos que son utilizados como energía para el crecimiento o para formar estructuras de carbono para sostener el crecimiento de la planta. La mayor parte de los fotosintatos se utiliza en la respiración y formación del fruto, por lo que éste representa el principal depósito de carbono en la planta (Carlisle *et al.*, 2010).

Respuesta a ozono:

La vid es un cultivo moderadamente sensible al ozono (Booker *et al.*, 2009).

Al nivel actual de ozono en la atmósfera, la planta de vid no sufre daños de ningún tipo. Sin embargo, al elevarse la concentración de este gas en el ambiente, se produce una baja en el rendimiento de fruto, hasta en 15% cuando el ozono se eleva a 50 ppb-h. Además, también cambia la composición del jugo del fruto ya que a esta concentración de ozono el contenido total de carbohidratos se reduce hasta en 60%. A niveles elevados de ozono las hojas de la vid aceleran su senescencia y reducen su actividad fotosintética, lo que explica la reducción de la translocación de fotosintatos al fruto (Soja *et al.*, 1997).

Otro efecto reportado en plantas expuestas a niveles altos de ozono, es la reducción de la tasa de asimilación de CO_2 (Roper y Williams, 1989).

Resistencia a sequía:

La vid es considerada como una especie que se adapta relativamente bien al estrés por sequía y la resistencia a esta condición varía entre genotipos (Pavlousek, 2011).

Cuando no hay otros factores limitantes, la máxima apertura de los estomas y la máxima tasa de transpiración de la vid se logran cuando el contenido de agua en el suelo es $\geq 20 \text{ LL}^{-1}$, al bajar el contenido a 0.13 LL^{-1} la conductancia estomatal se reduce en 50% y a $< 0.08 \text{ LL}^{-1}$ se cierran los esto

Tolerancia a altas temperaturas:

mas y la transpiración cesa. El estrés hídrico conduce a una reducción de rendimiento de fruto y el periodo más crítico es durante la floración porque es cuando ocurre la división celular, y, esto define el tamaño potencial de la uva (Green *et al.*, 2008).

Las actividades humanas de las últimas décadas han incrementado las concentraciones en la atmósfera de gases de efecto invernadero, como consecuencia, se espera un incremento de la temperatura promedio que de acuerdo con Webb (2006) sería de 0.2 a 1.1 °C para el año 2030 y de 0.4 a 2.6 para el año 2050. Este aumento de temperatura trae consecuencias en el cultivo de la vid en los siguientes aspectos:

Cambios en la fenología del cultivo:

Se acortará la duración del ciclo productivo, se estima que para el año 2030 el brote de las yemas se adelantará de 4 a 9 días y de 6 a 18 días para el año 2050. La cosecha será hasta 19 días más temprano por una maduración más rápida del fruto; los cambios en la fenología variarán dependiendo de la variedad y región (Webb, 2006; Webb *et al.*, 2007; Wooldridge, 2007).

Cambio de variedades y regiones de producción. En algunas regiones donde la temperatura está en el límite máximo para la producción óptima de las variedades de vid, se tendrán que cambiar éstas por variedades adaptadas al nuevo régimen de días-grado de crecimiento acumulados durante la estación productiva del cultivo y en otros casos las áreas plantadas con esta especie se modificarán en función de la temperatura (Wooldridge, 2007; Diffenbaugh, *et al.*, 2011).

Calidad del vino. La presencia de temperaturas más altas que el óptimo para la variedad, conducirá a una maduración acelerada del fruto y la composición del jugo se verá afectada negativamente en el color, acidez, contenido de azúcares, relación ácido:azúcar, y el tipo y abundancia de compuestos de sabor y aroma del vino. El jugo se caracterizará por un alto contenido de azúcares en el fruto y bajo contenido de compuestos que dan el sabor al vino, ya que la acidez se pierde por la respiración resultando en un vino desbalanceado con un alto grado de alcohol de baja calidad (Jones, 2007; Wooldridge, 2007).

YUCA



Fotografía: Con la autorización de Cook Islands Natural Heritage Trust and Gerald McCormack

CARACTERÍSTICAS DESCRIPTIVAS

- Nombre científico:** *Manihot esculenta* Crantz.
- Nombres comunes:** Yuca, casava, mandioca, tapioca, guacamote.
- Familia:** Euphorbiaceae.
- Origen:** Desde el Sureste de México hasta Brasil (González, 1984).
- Distribución:** 30°LN a 30°LS (Benacchio, 1982; Santacruz y Santacruz, 2007).
Más productiva cuando se cultiva entre los 15°LN y 15°LS (Van Heemst, 1988).
- Adaptación:** Trópicos y subtrópicos húmedos y subhúmedos (González, 1984).
La yuca es básicamente un cultivo tropical (Onwueme, 1992).
- Ciclo de madurez:** 9-24 meses (Benacchio, 1982).
Perenne, comercialmente se reduce a 12 meses, tiempo para su maduración (Santacruz y Santacruz, 2007).
- Tipo fotosintético:** Tradicionalmente la yuca ha sido reportada como una especie C_3 (Fukai, 1995). Sin embargo, existen evidencias de que el tipo fotosintético de la yuca de alguna forma se ubica entre el típico C_3 y el típico C_4 (El Sharkawy *et al.*; Indira; citados por Onwueme, 1992).
El tipo fotosintético C_3 en yuca predomina a bajas temperaturas y el tipo C_4 predomina a altas temperaturas (CIAT, citado por Onwueme, 1992).

REQUERIMIENTOS CLIMÁTICOS

- Altitud:** Desde 0 hasta 2000 m en regiones tropicales y de 0 a 1000 m en regiones subtropicales (Onwueme, 1992). Entre 300 y 700 msnm (PROMOSTA, 2005c).
- Fotoperiodo:** Algunos aspectos del desarrollo son influidos por la duración del día (Onwueme, 1992). La floración es estimulada por días largos, mientras que la partición de carbohidratos, preferencialmente al tubérculo, se promueve con días cortos (Fukai, 1985), aunque ambos procesos pueden llevarse a cabo razonablemente bien en ausencia de la duración del día inductora (Onwueme, 1992). A bajas temperaturas se comporta como especie de día neutro, mientras que a altas temperaturas se comporta como planta de día largo (Keating, citado por Onwueme, 1992). Existen dos clases de cultivares con respecto a la floración: la clase de floración temprana en días cortos y la clase de floración tardía en días largos (Otoo, citado por Onwueme, 1992). Fukai (1985) sugiere que el proceso de iniciación del tubérculo es de día neutro. Es una planta de día corto y se torna menos productiva cuando el fotoperiodo excede las 12 horas (Van Heemst, 1988).
- Radiación (Luz):** Se considera una planta de ambientes altamente iluminados (FAO, 1994). Es una planta que requiere luz plena para crecer (Acuña *et al.*, 2002).
- Temperatura:** La temperatura mínima para la etapa siembra-emergencia es de 13°C, mientras que la máxima es de 34-38°C y la óptima es de 28.5-30°C (Keating y Evenson, 1979; Fukai, 1985). Para la etapa de desarrollo, la temperatura base es de 10°C (Veltkamp, citado por Van Heemst, 1988). En las principales zonas productoras en el mundo, la temperatura media mensual está entre 15 y 29°C; ubicándose la mínima mensual entre 10 y 20°C y la máxima mensual entre 30 y 36°C. La temperatura del aire óptima para todo el ciclo de desarrollo en general es de 24 a 28°C (Onwueme, 1992). La temperatura óptima del suelo para el crecimiento de la yuca es de alrededor de 30°C (IITA, citado por Onwueme, 1992). La tasa fotosintética virtualmente no es afectada por la temperatura entre 25 y 40°C (El-Sharkawy *et al.*, 1984). Por arriba de este rango, la tasa fotosintética declina hasta prácticamente cero cuando la temperatura alcanza los 50°C, mientras que por debajo de dicho rango, la tasa fotosintética declina hasta llegar a ser un 40% del máximo a 12°C (Onwueme, 1992). El óptimo de temperatura media para el cultivo es de 24 a 26°C (Santacruz y Santacruz, 2007). Temperatura óptima entre 25 y 30°C. A temperaturas más bajas o en alturas mayores a 800 msnm, el ciclo se extiende demasiado (más de 12 meses) (PROMOSTA, 2005c).

Precipitación (Agua):

El límite inferior de precipitación anual para la yuca es de 750 mm (Cock, citado por Onwueme, 1992).

Para una producción óptima de yuca debería contarse al menos con 1000 mm de precipitación bien distribuida durante el año (Stoorvogel y Fresco; citados por Onwueme, 1992).

La precipitación media anual en las principales regiones productoras de yuca en el mundo registran una precipitación media anual superior a los 1000 mm, sin embargo se pueden obtener rendimientos en lo económico, aún con una precipitación anual de hasta 500 mm (Onwueme, 1992).

La yuca requiere de 2000 a 2500 mm al año, con dos meses secos para permitir la adecuada floración (Baradas, 1994). 2000-2500 mm anuales de precipitación, con dos meses secos que coincidan con la floración. La lluvia demasiado abundante la deteriora. Tampoco produce en regiones donde se prolonga demasiado la sequía (González, 1984).

La presencia de 6-7 meses secos (con precipitación inferior a 50-60 mm) o más durante el año, dificulta o hace imposible el cultivo de la yuca (Onwueme, 1992).

Prospera bajo condiciones con precipitación pluvial anual de 1000 a 4000 mm (Santacruz y Santacruz, 2007).

La precipitación deseable es de 1400 mm bien distribuidos durante su ciclo productivo (PROMOSTA, 2005c).

Para plantas de primer año y con una altura promedio de 1 m, el coeficiente de cultivo (Kc) para las etapas inicial, intermedia y tardía es 0.3, 0.8 y 0.3, respectivamente, mientras que en el segundo año en plantas con altura promedio de 1.5 m, los Kc tienen un valor de 0.3, 1.1 y 0.5, para las etapas de desarrollo mencionadas (Allen *et al.*, 2006).

Humedad relativa:

Aún bajo condiciones de riego, la baja humedad relativa puede causar un prolongado cierre de estomas, con efectos adversos sobre el rendimiento. La condición ideal para la producción de yuca requiere que la humedad relativa sea suficientemente alta para evitar éste fenómeno. Durante la etapa siembra-brotación también se requiere una humedad atmosférica alta para prevenir el desecado de los trozos de yuca que se utilizan para la siembra, sobre todo cuando éstos son sembrados parcialmente expuestos. Sin embargo, en otras etapas de desarrollo, la humedad relativa alta puede ser perjudicial, favoreciendo la distribución y severidad de varias plagas y enfermedades (Yao, citado por Onwueme, 1992).

En términos generales, le favorece una humedad relativa entre 70 y 85%.

REQUERIMIENTOS EDÁFICOS**Profundidad de suelo:**

Requiere suelos de mediana profundidad (FAO, 1994).

Textura:	<p>Prefiere suelos ligeros (González, 1984) de textura franca o franco-arenosa.</p> <p>La yuca puede desarrollar satisfactoriamente en suelos de textura media (FAO, 1994).</p> <p>En suelos de textura pesada, durante la época de lluvias fuertes, existe un alto riesgo de la presencia de condiciones anaeróbicas para las raíces, las cuales se ven retardadas en su desarrollo. Esto hace inapropiados para la yuca a este tipo de suelos (Onwueme, 1992).</p> <p>Los mejores suelos son los de textura arcillo-arenosa, arenosa o franca (Santacruz y Santacruz, 2007).</p> <p>Los más deseables son los suelos francos pero produce muy bien en suelos pesados e incluso también en suelos arenosos (PROMOSTA, 2005c).</p>
Drenaje:	<p>Requiere buen drenaje ya que no tolera encharcamientos (González, 1984; FAO, 1994; Santacruz y Santacruz, 2007).</p>
pH:	<p>Desarrolla en un rango de pH de 4.5 a 9.0, aunque el óptimo está alrededor de 6.0 (FAO, 1994).</p> <p>Es preferible un pH de 5.8 a 6.5 (PROMOSTA, 2005c).</p>
Salinidad/Sodicidad:	<p>Presenta ligera tolerancia a la salinidad (FAO, 1994).</p>
Fertilidad y química del suelo:	<p>Tiene altísima tolerancia al estrés biótico, por ello más del 80% del área sembrada no requiere agroquímicos para su control, la fertilización química es de niveles bajos y generalmente se fertiliza haciendo uso de las épocas adecuadas de siembra y las actividades culturales oportunas. El único producto que debe aplicarse antes de la siembra es el Ca en forma de cal dolomítica. A partir de los 30 a 60 días después de la siembra se deben aplicar: 35 Kg de Nitrógeno, 70 Kg de Fósforo y 70 Kg de Potasio (PROMOSTA, 2005c).</p> <p>Como todas las plantas sintetizadoras de carbohidratos, necesita gran cantidad de nutrimentos, se recomienda la aplicación de 50 Kg de Nitrógeno, 74 Kg de Fósforo y 100 Kg de Potasio por hectárea, aplicados 40 días después de la siembra (Santacruz y Santacruz, 2007).</p>

CARACTERÍSTICAS DE RESPUESTA AL CAMBIO CLIMÁTICO

Respuesta a ambientes enriquecidos de CO₂:	<p>La biomasa total de la planta y el rendimiento de tubérculos, disminuyen linealmente al incrementar el contenido atmosférico de CO₂ sobre la concentración ambiente (Gleadow <i>et al.</i>, 2009).</p>
Captura de carbono:	<p>La raíz de la yuca se constituye como un sumidero grande de CO₂ (Herrera <i>et al.</i>, 2001).</p>
Resistencia a sequía:	<p>La yuca es un cultivo resistente a la sequía; el potencial hídrico de las hojas de yuca sufre poca variación con el estrés hídrico, debido al cierre de los estomas y por tanto a una considerable reducción de la conductancia estomática, lo cual impide la pérdida de agua (El-Sharkawy <i>et al.</i>, 1992ab; Mejía, 2002).</p>
Tolerancia a altas temperaturas:	<p>Tolera altas temperaturas. En la región de la Península de Yucatán, existen poblaciones de yuca que toleran temperaturas máximas alrededor de 40°C.</p>

ZANAHORIA



CARACTERÍSTICAS DESCRIPTIVAS

Nombre científico:	<i>Daucus carota</i> L.
Nombres comunes:	Zanahoria.
Familia:	Apiaceae (Umbelliferae).
Origen:	Europa, Asia (Gordon y Barden, 1992).
Distribución:	55°LN a 50°LS (Benacchio, 1982).
Adaptación:	Regiones templadas y subtropicales con inviernos definidos.
Ciclo de madurez:	80-120 días (Benacchio, 1982).
Tipo fotosintético:	C ₃ .

REQUERIMIENTOS CLIMÁTICOS

Altitud:	600-3000 m (Benacchio, 1982).
Fotoperiodo:	Se comporta como planta de día neutro (Benacchio, 1982). Es una planta de día largo (Huerres y Caraballo, 1988; FAO, 1994).
Radiación (Luz):	Es una planta exigente de intensidad de luz. Cuando se siembra en altas densidades, recibe un autosombreo y las raíces se forman más pequeñas. La luz insuficiente, sobre todo después de la germinación de la semilla, no es favorable, porque se alarga el hipocotilo y produce un aumento en la parte de la raíz carnosa que se desarrolla por encima de la superficie del suelo, lo que hace que pierda calidad para el momento de la cosecha (Huerres y Caraballo, 1988).

Temperatura:

La condición térmica día/noche que resulta óptima para la germinación es de 20/15°C, sin embargo, la tasa de germinación es más rápida cuando las semillas maduran a 23/18°C. La combinación 33/28°C va en detrimento de la germinación. Una breve exposición de plantas de zanahoria a 33/28°C durante la antesis o desarrollo temprano de la semilla, es tan detrimental para el rendimiento de semilla como la continua exposición a 33/28°C. Las semillas que desarrollan a estas temperaturas producen plántulas con el menor vigor. Por lo anterior, la ocurrencia de este tipo de temperaturas (altas) durante la polinización, fertilización o etapas tempranas del desarrollo de la semilla, puede reducir significativamente el rendimiento y calidad de semilla de zanahoria (Elballa y Cantlife, 1996).

Temperatura mínima umbral para desarrollo 10°C (Dean *et al.*, 1989), con una máxima umbral de 30-35°C. La temperatura óptima para que ocurra la germinación está entre 18-25°C. Para el crecimiento de la raíz carnosa, se considera como la mejor temperatura de 20-22°C y para el crecimiento de las hojas de 23-25°C. Las altas temperaturas provocan que el crecimiento de las raíces carnosas sea muy lento o casi se paralice, que éstas sean ásperas, con la superficie irregular y se afecte su sabor.

Para florecer la zanahoria necesita bajas temperaturas, por lo que la vernalización ocurre de forma satisfactoria a temperaturas de 3 a 5°C (Huerres y Caraballo, 1988).

Las raíces maduras requieren un tratamiento de vernalización, esto es, la exposición a temperaturas por debajo de un nivel crítico, para la inducción de la etapa reproductiva de desarrollo. Se ha considerado que el tratamiento crítico de vernalización para inducción floral en zanahoria es de 5 a 10°C durante 10 semanas (Hiller y Kelly, 1985).

Un rango de temperatura de entre 0 y 10°C, da como resultado la inducción floral (Sakr y Thompson; Dikson y Peterson; citados por Hiller y Kelly, 1985).

La temperatura de congelación es de -1.4°C (FAO, 2010).

Es un cultivo de estación fresca, con un crecimiento óptimo a 16-21°C, requiriendo para mejores crecimientos de largos periodos de clima templado, libre de condiciones extremas de temperatura y humedad (Purdue University, 2011b). Cuanto más elevada sea la temperatura (mayor a 20°C), más cortas serán las raíces. Por otro lado, cuanto más bajas las temperaturas, más largas serán las raíces (Sarli, 1980). Con temperaturas bajas (10-20°C), predomina el crecimiento en longitud, formándose raíces finas y largas, en tanto que con temperaturas altas (21-27°C), predomina el crecimiento en grosor dando lugar a raíces gruesas y cortas; esto ocurre tanto en cultivares de invierno como de verano.

Precipitación (Agua):

Requiere de 600 a 1700 mm. Generalmente se cultiva bajo riego, ya que la combinación de temperaturas y humedad elevadas reducen el rendimiento significativamente (Benacchio, 1982).

La zanahoria se desarrolla con una precipitación anual de 310 a 4,100 mm (media de 180 casos = 1,170 mm) (Purdue University, 2011b).

De acuerdo con Allen *et al.* (2006), los coeficientes de cultivo para las etapas inicial, intermedia y final de desarrollo en plantas de 30 cm de altura son 0.7, 1.05 y 0.95, respectivamente.

Humedad relativa:

Prefiere atmósferas secas o moderadamente húmedas.

Las condiciones de conservación en cámara frigorífica son 0°C y 90-95% de humedad relativa: Así la zanahoria puede conservarse hasta 60-150 días (Yuste, 1997a).

REQUERIMIENTOS EDÁFICOS

Profundidad de suelo:

Requiere suelos de mediana profundidad (FAO, 1994).

Textura:

Desarrolla mejor en suelos ligeros (Huerres y Caraballo, 1988), esto es, de textura arcillo-arenosa, franca o franco-arenosa. En suelos pesados se producen raíces deformadas.

Desarrolla en suelos de textura ligera a media (FAO, 1994).

Drenaje:

Requiere buen drenaje, no tolera encharcamientos (FAO, 1994).

pH:

6 a 7.5 (Huerres y Caraballo, 1988).

5.5 a 7, con un óptimo de 6 a 6.5 (Benacchio, 1982).

Desarrolla bajo un rango de pH de 5.2 a 6.8, con un óptimo alrededor de 6.3 (FAO, 1994).

5.6 a 7.0 (Porta *et al.*, 1999).

Requiere un pH de 4.2 a 8.7 (media de 107 casos = 6.4) (Purdue University, 2011b).

Salinidad/Sodicidad:

Medianamente tolerante a la salinidad (Benacchio, 1982)

Presenta ligera tolerancia a la salinidad (FAO, 1994).

El porcentaje de disminución del rendimiento debido a la conductividad eléctrica (CE) del suelo es de: 0% para una conductividad eléctrica de 1.0 dS m⁻¹, 10% para 1.7 dS m⁻¹, 25% para 2.8 dS m⁻¹, 50% para 4.6 dS m⁻¹ y 100% para 8.1 dS m⁻¹ (Ayers y Westcot, 1985).

Fertilidad y química del suelo:

Con un rendimiento de zanahoria de 74.3 t ha⁻¹, la planta absorbe 206 kg de Nitrógeno, 36.6 kg de Fósforo y 254.2 kg de Potasio (Sosa *et al.*, 2013).

Para un rendimiento de zanahoria de 30 ton ha⁻¹, en clima templado, el requerimiento de N, P₂O₅ y K₂O, es de 90-120 Kg, 30-45 Kg y 150-300 Kg, respectivamente (IFA, 1992).

CARACTERÍSTICAS DE RESPUESTA AL CAMBIO CLIMÁTICO

Respuesta a ambientes enriquecidos de CO₂:

Al cultivar zanahoria en ambientes de 348 y 551 μmol mol⁻¹ CO₂ y con temperaturas de suelo desde 7.5 a 10.9°C, se obtuvo que el efecto del CO₂ incrementado fue mayor sobre el rendimiento de raíces que sobre la biomasa total. En la última cosecha, la biomasa total fue 16% mayor a 551 μmol

$\text{mol}^{-1} \text{CO}_2$ y 37% mayor como resultado de un incremento de 1°C en la temperatura del suelo. El enriquecimiento de CO_2 , así como el incremento de 1°C en la temperatura del suelo, incrementaron el rendimiento de raíces en 31% y 34%, respectivamente en la cosecha final. No se detectó efecto significativo de la interacción de incremento de CO_2 con el incremento de temperatura del suelo sobre la biomasa total o el rendimiento de raíces (Wheeler *et al.*, 1994).

Con un incremento de CO_2 de 300 ppm y a 25°C , el factor de incremento de la productividad en zanahoria es de 2.0, mientras que a 12°C , este factor es nulo, o sea de un valor 1.0 (Idso y Kimball, 1989).

La eficiencia de carboxilación se incrementa ante un estrés hídrico moderado (-30 kPa) en presencia de CO_2 elevado ($1,050 \mu\text{mol mol}^{-1}$). El punto de compensación de CO_2 para una condición de humedad de suelo de -70 kPa , fue de $324 \mu\text{mol mol}^{-1}$, mientras que para otros regímenes de humedad de menor sequía, el punto de compensación osciló entre 63 y $93 \mu\text{mol mol}^{-1}$ (Thiagarajan y Lada, 2007).

Al estudiar los efectos de irradiancia fotosintéticamente activa (PAR), alta temperatura y elevado CO_2 , sobre el desarrollo del cultivo de zanahoria, se ha observado que PAR y temperatura tienen mayor efecto sobre la conductancia estomática y la transpiración; los tres factores interactúan y tienen un efecto significativo sobre la eficiencia en el uso del agua (EUA); ocurriendo el mayor valor de ésta en condiciones de 15°C , $1,200 \mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ de PAR, y $750 \mu\text{mol mol}^{-1}$ de CO_2 . El CO_2 elevado compensa significativamente los efectos inhibitorios de las altas temperaturas e irradiancia sobre la tasa de fotosíntesis neta y EUA (Thiagarajan *et al.*, 2007).

Captura de carbono:

Con una producción de biomasa de $12,890 \text{ kg ha}^{-1}$ (Sosa *et al.*, 2013) y de acuerdo con el factor de conversión a carbono (0.47% de materia seca; Montero *et al.*, 2004), se estima una captura de $6.05 \text{ t ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$ de carbono.

Respuesta a ozono:

El ozono altera la respiración, pérdida de electrolitos y variación del color de la zanahoria.

Resistencia a sequía:

No es muy tolerante a sequía. Cuando ésta se presenta, aun cuando no sea intensa, reduce la germinación, afecta el crecimiento y desarrollo y puede provocar la muerte de la planta. Sin embargo, se ha demostrado la existencia de variedades tolerantes a sequía, tales como la variedad Bergen, la cual ha probado sostener las funciones normales de la planta bajo estrés hídrico, mantiene la elongación del tallo, la actividad fotosintética, la función de la membrana y el contenido relativo de agua (Lada, 2004).

Tolerancia a altas temperaturas:

La temperatura afecta parámetros de calidad de raíz: forma y tamaño. Cuanto más elevada sea la temperatura (mayor a 20°C), más cortas y gruesas serán las raíces (Sarli, 1980).

ZARZAMORA



CARACTERÍSTICAS DESCRIPTIVAS

Nombre científico:	<i>Rubus fruticosus</i> L.
Nombres comunes:	Zarzamora, mora negra, zarza.
Familia:	Rosaceae.
Origen:	Regiones templadas de América del Norte (González, 1984).
Distribución:	55°LN a 50°LS.
Adaptación:	Regiones templadas y subtropicales con invierno definido. Climas semiáridos y templados (FAO, 1994).
Ciclo de madurez:	120-150 días (FAO, 1994).
Tipo fotosintético:	C ₃ .

REQUERIMIENTOS CLIMÁTICOS

Altitud:	Mayor a 1500 m. La altitud de las zonas productoras de Michoacán varía entre los 1200 y 1900 msnm (Chávez, 2011).
Fotoperiodo:	Planta de día neutro (FAO, 1994).
Radiación (Luz):	Es exigente de insolación durante la maduración del fruto.

Temperatura:	<p>La mínima para este cultivo es de 5°C, la máxima de 22°C y la óptima de 17°C (FAO, 1994).</p> <p>El requerimiento de frío para cultivares de zarzamora varía de 400 a 700 horas frío (Díaz, 1987).</p> <p>La temperatura de congelación del fruto es de -0.8°C. Los valores de temperatura crítica para los frutos de zarzamora en sus yemas de flores durmientes y flores abiertas es de -27.2°C y -2.2°C, respectivamente (FAO, 2010).</p> <p>Las temperaturas promedio de las zonas productoras de Michoacán, México son 32° C la máxima y 8° C la mínima, con los valores más altos en los meses de marzo a junio, los más bajos de diciembre a febrero. La acumulación de frío durante el “invierno” es de 50 a 250 horas frío (Chávez, 2011).</p>
Precipitación (Agua):	<p>Se produce mayoritariamente bajo condiciones de riego, pero bajo temporal se requieren 300 mm como mínimo durante el ciclo de producción. El máximo de precipitación que el cultivo tolera durante este periodo de producción es de 1500 mm y el óptimo es de 900 mm (FAO, 1994).</p> <p>La precipitación pluvial anual promedio de las zonas productoras de Michoacán, México, oscila entre los 800 y 1,200 mm distribuidos entre fines de mayo y octubre (Chávez, 2011).</p> <p>Para arbustos con una altura promedio de 1.5 m, los coeficientes de cultivo (Kc) para las etapas de desarrollo inicial, intermedia y final son 0.3, 1.05 y 0.5, respectivamente (Allen <i>et al.</i>, 2006).</p>
Humedad relativa:	Prefiere atmósferas moderadamente húmedas.

REQUERIMIENTOS EDÁFICOS

Profundidad de suelo:	<p>Exige un suelo profundo (Yuste, 1997b), por lo menos mayor que 1 m.</p> <p>Requiere suelos profundos (FAO, 1994).</p>
Textura:	<p>Prefiere suelos de textura ligera (FAO, 1994), como suelos francos y franco-arenosos.</p> <p>En Michoacán se cultiva en suelos desde muy pesados hasta muy arenosos predominando los de tipo franco-limo-arcillosos. Se adapta a diversos tipos de suelos, siempre que estos sean permeables, no muy alcalinos ni muy arcillosos, pero ricos en materia orgánica. Solamente variedades rastrojeras soportan suelos pesados (Chávez, 2011).</p>
Drenaje:	<p>Requiere buen drenaje (Yuste, 1997b), no tolera encharcamientos.</p> <p>La zarzamora requiere para su desarrollo de suelos fértiles, con buen drenaje y profundos, condición que se encuentra en las zonas subtropicales y tropicales donde se cultiva en México (Parra <i>et al.</i>, 2005).</p>
pH:	<p>Desarrolla en un rango de 5.3 a 7.8, siendo el óptimo 6.6 (FAO, 1994).</p> <p>En los suelos del estado de Michoacán, México, el pH varía de 5.8 hasta 7.2. La zarzamora desarrolla bien en suelos con pH de 6 a 7.5 (Chávez, 2011).</p>

Salinidad/Sodicidad:	<p>Ligera tolerancia a la salinidad. Tolera cantidades limitadas de caliza (Yuste, 1997b).</p> <p>El porcentaje de disminuciones de rendimiento debido a la conductividad eléctrica (CE) del suelo es de: 0% para una conductividad eléctrica de 1.5 dS m⁻¹, 10% para 2.0 dS m⁻¹, 25% para 2.6 dS m⁻¹, 50% para 3.8 dS m⁻¹, y, 100% para 6 dS m⁻¹ (Ayers y Westcot, 1985).</p> <p>La zarzamora es muy sensible a niveles altos de sales, por lo tanto, el incremento de la CE del suelo disminuye los rendimientos de este cultivo, debido a un desgaste energético interno (Sánchez, 2009).</p>
Fertilidad y química del suelo:	<p>En la zona productora de zarzamora de Michoacán, México, la fertilización recomendada es 120-150 unidades de Nitrógeno, 60-80 unidades de Fósforo y de 120-160 unidades de Potasio (Chávez, 2011).</p>

CARACTERÍSTICAS DE RESPUESTA AL CAMBIO CLIMÁTICO

Respuesta a ambientes Enriquecidos de CO₂:	<p>El enriquecimiento (1500 ppm) de CO₂ promueve el crecimiento de las plántulas de <i>Rubus idaeus</i>, su enraizamiento, su supervivencia y su crecimiento inicial después del trasplante. El enriquecimiento de CO₂ también incrementa la apertura estomatal pero no incrementa el estrés hídrico al trasplante, con relación al cultivo a CO₂ ambiente; 340 ppm (Deng y Donnelly, 1993).</p> <p>A 436 ppm, aplicados en túneles en <i>Rubus idaeus</i>, el rendimiento y tamaño de la fruta se incrementan 12 y 5%, respectivamente, con relación a las plantas cultivadas en CO₂ ambiente (Mochizuki <i>et al.</i>, 2010).</p>
Respuesta a ozono:	<p>Concentraciones de ozono al doble de la concentración atmosférica actual, producen un efecto de aceleración en la floración en <i>Rubus cuneifolius</i>. Esto fue constatado por el adelanto en la iniciación floral y por la aparición del pico de mayor producción de flores (Chappelka, 2002).</p>
Resistencia a sequía:	<p>Se considera una planta resistente a la sequía (La Rioja, 2013).</p>
Tolerancia a altas temperaturas:	<p>La zarzamora es una especie más bien de clima templado, por lo que las altas temperaturas (>32°C) le son perjudiciales.</p>

BIBLIOGRAFÍA

- Abbaspour, H., S. Saeidi S., H. Afshari, and M.A. Abdel W. 2011. Improving drought tolerance of Mycorrhiza infected pistachio (*Pistacia vera* L.) seedling to drought stress under glasshouse conditions. *Journal of Medicine Plants Research*, 5(32):7065-7072.
- Abdelmageed, A.A.A. and N. Gruda, 2009. Influence of high temperatures on gas exchange rate and growth of eight tomato cultivars under controlled heat stress conditions. *Europ. J. Hort. Sci.*, 74(4):152-159.
- Abdul B., A.A. 1991. Tolerance of tomato cultivars and selected germplasm to heat stress. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 116(6):1113-1116.
- Abdul J., C., P. Manivannan, A. Wahid, M. Farroq, H. Jasim, R. Somasundram, and R. Panneerselv V. 2009. *Int. J. Agric. Biol.*, 11(1):100-105.
- Acerete, A. 1949. Plantación de frutales. Estación Experimental de Aula Dei. Consejo Superior de Investigaciones Científicas. Zaragoza, España. Boletín No. 4. 139 p.
- Aceves N., L.A., J. F. Juárez L., D.J. Palma L., B. Rivera H., J. A. Rincón R., A.R. Morales C., R. Hernández A. y A. Martínez S. 2008a. Estudio para determinar zonas de alta potencialidad del cultivo del chile habanero (*Capsicum chinense* Jack) en el estado de Tabasco. Gobierno del Estado de Tabasco-SAGARPA-DEIDRUS TAB-COLPOS-INIFAP. Villahermosa, Tabasco, México. 37 p.
- Aceves N., L.A., J.F. Juárez L., D.J. Palma L., R. López L., B. Rivera H., J.A. Rincón R., A.R. Morales C., R. Hernández A., y A. Martínez S. 2008b. Estudio para determinar zonas de alta potencialidad del cultivo de la soya (*Glycine max* (L.) Merrill) en el estado de Tabasco. Gobierno del Estado de Tabasco. SAGARPA. INIFAP-CP. Tomo XVII. pp. 7-9.
- Aceves N., L. A., J. F. Juárez L., D. J. Palma L., R. López L., B. Rivera H., J. A. Rincón R., R. Morales C. y R. Hernández A. 2008c. Estudio para determinar zonas de alta potencialidad del cultivo del tamarindo (*Tamarindus indica* L.) en el estado de Tabasco. Tomo XVIII. Gobierno el Estado de Tabasco-SAGARPA-DEIDRUS TAB-COLPOS-INIFAP. Villahermosa, Tabasco, México. 37 p.
- Acosta G., J.A. y J. Kohashi S. 1989. Effect of water stress on growth and yield of indeterminate dry-bean (*Phaseolus vulgaris*) cultivars. *Field Crop Res.*, 20:81-93.
- Acosta G., J.A., R. Ochoa M., M.P. Arrieta M., F. Ibarra P., A. Pajarito R. and I. Sánchez V. 1995. Registration of "Pinto Villa" common bean. *Crop Sci.*, 35:1211-1212.
- Acosta G., J.A., R. Rosales S., R. Navarrete M., y E. López S. 2000. Desarrollo de variedades mejoradas de frijol para condiciones de riego y temporal en México. *Agricultura Técnica en México*, 26:79-98.
- Acuña J., F., O.M. Archila, O.E. Bustos B., L. Contreras G., E.O. Díaz G., H. Espinosa G., G.E. Fajardo M., A.E. Forero B., G.I. Forero B., J.E. Ospina M., C. Ramírez C., M.V. Riveros P., J. M. Sánchez S., G. Tellez I., y C.X. Torres S. 2002. Manual agropecuario. Tecnologías orgánicas de la granja integral autosuficiente. Fundación Hogares Juveniles Campesinos. Bogotá, Colombia. 1071 p.
- Adam, N.R., G.W. Wall, B.A. Kimball, S.B. Idso, and A.N. Webber. 2004. Photosynthetic down-regulation over long-term CO₂ enrichment in leaves of sour orange (*Citrus aurantium*) trees. *New Phytologist*, 163:341-347.
- Adjahossou, F., and J. Vieira da Silva. 1978. Soluble sugar and starch contents and drought resistance in the oil palm. *Oleagineux*, 33(12):599-604.
- Aghae, A.H. and P. Ehsanzadeh. 2011. Effect of water deficit stress and nitrogen on yield and some physiological parameters of oilseed pumpkin (*Cucurbita pepo* L.). *Iranian Journal of Agricultural Sciences*. 42(3):291-299.

- Agraman, E. 1983. Effect of temperature and pollen source on fertilization, fruit set and abscission in avocado. M. Sc. Thesis. Hebrew University of Jerusalem, Rehovot, Israel. 143 p.
- Agricultural Research Service (ARS). 2013. *NCGR-Corvallis Rubus Catalog*. Drought Resistant Genotypes. ARS-USDA. USA. <http://www.ars.usda.gov/SP2UserFiles/Place/53581500/catalogs/rubdrought.html> (4 marzo 2013).
- Aguilar A., B. 2013. UF0001: El suelo de cultivo y las condiciones climáticas. 1a. Ed. IC. Antequera, Málaga, España.
- Aguilar F., P. 2012. Canola, una excelente alternativa para la conversión productiva en valles altos de México. Comité Nacional Sistema Producto Oleaginosas. http://www.oleaginosas.org/art_122.shtml (15 agosto 2013).
- Aguirre R., J.R., H. Charcas S. y J.L. Flores F. 2001. El maguey mezcalero potosino. Consejo Potosino de Ciencia y Tecnología, Gobierno del Estado de San Luis Potosí. Instituto de Investigación de Zonas Desérticas. Universidad Autónoma de San Luis Potosí. San Luis Potosí, S.L.P. México. 87 p.
- Aguirre, B.G. 1972. El pistache. Folleto Núm. 1. CONAFRUT. México. 65 p.
- Agung, S. and G.K. McDonald. 1998. Effect of seed size and maturity on the growth and yield of faba bean (*Vicia faba* L.). Australian Journal of Agricultural Research, 49:79-88.
- Ahmad, S., A.K. Thompson, I.A. Hafiz, and A.A. Asi. 2001. Effect of temperature on the ripening behavior and quality of banana fruit. Int. J. Agri. Biol., 3(2):224-227.
- Ainsworth, E.A. 2008. Rice production in a changing climate: a meta-analysis of responses to elevated carbon dioxide and elevated ozone concentration. Global Change Biology, 14(7):1642-1650.
- Akanbi, W.B, A.O. Togun, J.A. Adediran and E.A.O. Ilupeju. 2010. Growth, dry matter and fruit yield components of okra under organic and inorganic sources of nutrients. Am. Eurasian J. Sustain. Agric., 4(1):1-13.
- Alba O., A. y M. Llanos C. 1990. El cultivo del girasol. Ediciones Mundi-Prensa. España. 158 p.
- Alegre, C. 1959. Climats et cafeiers d' Arabie. Agron. Trop., 14:23-58.
- Alejandro I., G. y F. Gómez L. 1981. Fertilización y densidad de población en amaranto *Amaranthus hypochondriacus* L. UACH. Chapingo, Edo. de México, México.
- Alejandro I., G. y F. Gómez L. 1986. Ensayo sobre fertilización y densidad de población en amaranto (*Amaranthus hypochondriacus* L.). In: El Amaranto *Amaranthus spp* (Alegría): Su cultivo y aprovechamiento. Memoria del 1er. Seminario Nacional del Amaranto. Compiladores: S. A. Trinidad, L.F. Gómez y R.G. Suárez. Chapingo, Edo. de México, México. pp. 125-140.
- Alfonso B., J. A. 2008. Manual para el cultivo de piñón (*Jatropha curcas*) en Honduras. Fundación Hondureña de Investigación Agrícola-Fundación Strohalm-Proyecto Gota Verde. La Lima, Cortés, Honduras. 34 p.
- Ali, A. 2008. Factors affecting on response of broad bean and corn to air quality and soil CO₂ flux rates in Egypt. Water, Air and Soil Pollution, 195(1-4):311-323.
- Ali, A., A. Alfarhan, I. Adjain, N. Bokari, W. Al-Taisan, K. Al-Rasheid and S. Al-Quraihsi. 2008. Photosynthetic responses of pea plants (*Pisum sativum* L. cv. Little Marvel) exposed to climatic change in Riyadh City, KSA. African Journal of Biotechnology, 7(15):2630-2636.
- Allan, L. H. and V.V. Prasad P. 2004. Crop responses to elevated carbon dioxide. Encyclopedia of Plant and Crop Science, 1:346-348.
- Allen, R.G., L.S. Pereira, D. Raes y M. Smith. 2006. Evapotranspiración del cultivo: Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos. Estudio FAO Riego

- y Drenaje No. 56. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). Roma. 298 p.
- Almaguer S., P. 2010. Relación entre la producción de biomasa de *Opuntia ficus-indica* (L.) y el índice térmico grados-día. Tesis de Doctorado. Universidad Autónoma de Nuevo León. Monterrey, NL, México. 60 p.
- Almeyda, N. and F.W. Martin. 1976. Cultivation of neglected tropical fruits with promise. Part I. The mangosteen. Agricultural Research Service. US Department of Agriculture. U.S.A. 18 p.
- Alonso, J.M., J.M. Ansón, M.T. Espiau, and R. Sociasi C. 2005. Determination of endodormancy break in almond flower buds by a correlation model using the average temperature of different day intervals and its application to the estimation of chill and heat requirements and blooming date. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 130(3):308- 318.
- Alvim, P. de T. 1965. A floracao do cacauero na Bahia. *Cacau Atualidades (Brasil)*, 2(6):71-72.
- Alvim, P. de T. 1966. Factors affecting flowering of the cocoa tree. *Cocoa Growers Bulletin* No. 7. pp. 15-19.
- Alvim, P. de T. 1977. Cacao. *In: Ecophysiology of tropical crops*. P. de T. Alvim and T.T. Kozlowski Editors. Academic Press. New York. pp. 279-313.
- Alvim, P. de T. e R. Alvim. 1980. Environmental requirements of cacao with emphasis on responses to shade and moisture stress. *In: International Conference on Cocoa and Coconuts*. Kuala Lumpur. 1978. Proceedings, Kuala Lumpur Incorporated Society of Planters. pp. 93-111.
- Alvim, P. de T. 1985. *Coffea*. *In: CRC Handbook of flowering*. Volume II (Abraham H. Halevy Ed.). CRC Press, Inc. Boca Raton, Florida, USA. pp. 308-316.
- Amador M., J.C. e I.E. Bernal C. 2012. Curva de absorción de nutrientes del cultivo de arroz (*Oryza sativa* L.) variedad Venezuela 21, en un suelo vertisol bajo condiciones del valle de Sébaco, Nicaragua. Tesis de Licenciatura en Agronomía. Departamento de Ciencia y Producción Agropecuaria. Zamorano, Honduras. 21 p.
- Amaya R., J.L. 2009. El cultivo del maracuyá *Passiflora edulis* F. Flavicarpa. Gerencia Agraria La Libertad. Trujillo, Perú. 30 p.
- Amico, D., J.M. Morales, D. Polón R. y F. Fernández. 2006. Respuestas adaptativas a la sequía en el tomate inducidas por osmocondicionamiento de plántulas. *Cultivos Tropicales*, 27(4):33-38.
- Anaya P., A. y R. Bautista Z. 2008. El nopal forrajero en México: Del siglo XVI al siglo XX. *Agricultura, Sociedad y Desarrollo*, 5(2):167-183.
- Anda, A. and L. Pinter. 1994. Sorghum germination and development as influenced by soil temperature and water content. *Agron. J.*, 86:621-624.
- Anderson, P.C. 1989. Leaf gas exchange characteristics of eleven species of fruit crops in North Florida. *Proceedings of the Florida State of Horticultural Society*, 102:229-234.
- Anderson, C.M., G.Banfi, H.N. Beñatena, C.M. Casafus, N.B. Costa, E. Danos. 1996. Manual para productores de naranja y mandarina de la Región del Río Uruguay. Diversificación Productiva. Manual Serie A Nº 2. Secretaría de Agricultura Pesca y Alimentación. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Uruguay.
- Anderson, W.R. 2007. Malpighiaceae. *In: Hammel, B.E., M.H. Grayum, C. Herrera, N. Zamora* (Eds.). *Manual de Plantas de Costa Rica*. Vol. VI: Haloragaceae-Phytolaccaceae. *Monogr. Syst. Bot. Missouri Bot. Gard.*, 111:253-312.

- Andrade, J.L., E. de la Barrera, C. Reyes G., M.F. Ricalde, G. Vargas S., y J.C. Cervera. 2007. El metabolismo ácido de las crasuláceas: diversidad, fisiología ambiental y productividad. Bol. Soc. Bot. Méx., 81:37-50.
- Andrés A., J. y A. Regollar A. 1996. El cultivo de la chirimoya en el Estado de Michoacán. UACH. Chapingo, Edo. de México, México. 61 p.
- Angelopoulos, K., B. Dichio, and C. Xiloyannis. 1996. Inhibition of photosynthesis in olive trees (*Olea europaea* L.) during water stress and rewatering. J. Exp. Bot., 47(8):1093-1100.
- Angers, D. A., R.P. Voroney, D. Cote. 1995. Dynamics of soil organic matter and corn residues affected by tillage practices. Soil Sci. Soc. Am. J. 59:1311-1315.
- Anguiano, J.M., J. Aguirre, y J.M. Palma. 2013. Secuestro de carbono en la biomasa aérea de un sistema agrosilvopastoril de Cocos nucifera, *Leucaena leucocephala* Var. Cunningham y *Pennisetum purpureum* Cuba CT-115. Avances de Investigación Agropecuaria, 17(1):149-160.
- Anh Tuan, N., N. Van Viet, and N. Tien Giang. 2009. Using spatial data of agroclimatic elements and soil to define suitable land for some industrial crops in Tay Nguyen highland of Vietnam. Proceedings of the 7th FIG Regional Conference: Spatial Data Serving People: Land Governance and the Environment - Building the Capacity. TS 4^a - Spatial Data Infrastructures. 19-22 October 2009. Hanoi, Vietnam.
- Antón, A., X. Aranda, C. Biel, F. de Herralde, J. Montero, J.I. Montero, C. Morales, P. Muñoz, y R. Savé. 2011. Manual del aplicador de CO₂ en cultivos hortícolas. Programa Horticultura Ambiental. IRTA. pp. 7-9.
- Apeland, J. 1971. Factors affecting respiration and color during storage of parsley. Acta Hort., 20:43-52.
- Aquino B., E.N., M.I. Cantwell, G. Peiser and E. Mercado-Silva. 2000. Changes in the quality of fresh-cut jicama in relation to storage temperatures and controlled atmospheres. J. Food Sci., 65(7):1238-1243.
- Aranda G., Z. 2007. Respuesta del gladiolo (*Gladiolus* spp.L.) a la fertilización orgánica en Xalisco, Nayarit, México. Tesis de Ingeniero Agrónomo. Universidad Autónoma de Nayarit, México. pp. 21.
- Aragón P. de L., L.H. 1995. Factibilidades agrícolas y forestales en la República Mexicana. Ed. Trillas. México. 177 p.
- Argentel, L., C.R. López, I. Fonseca, R. Girón, y C.L.M. González. 2008. Efecto de la salinidad sobre la fenología, los componentes del rendimiento y su relación con la tolerancia varietal a la salinidad en trigo (*Triticum aestivum* y *T. durum*). Cultivos Tropicales, 29(3):53-57.
- Arp, W.J., J.E.M. Van Mierlo, F. Berendse, and W. Snijders. 1998. Interactions between elevated CO₂ concentration, nitrogen and water: effects on growth and water use of six perennial plant species. Plant, Cell and Environment, 21:1-11.
- Arulrajah, T., D.P. Ormrod. 1973. Responses of okra (*Hibiscus esculentus* L.) to photoperiod and temperature. Ann Bot., 37(2):331-340.
- Arvy, M. P. y F. Gallouin. 2007. Especies, aromatizantes y condimentos. Ediciones Mundi Prensa. Madrid, España. 413 p.
- ASERCA. 2002. La vainilla una tradición con alto potencial. Revista Claridades No. 101. 44 p.
- Ashraf, M. and M. Arfan. 2005. Gas exchange characteristics and water relations in two cultivars of *Hibiscus esculentus* under waterlogging. Biologia Plantarum, 49(3):459-462.
- Ashworth, E.N., D.J. Rowse and L.A. Billmager. 1983. The freezing of water in woody tissues of apricot and peach and the relationship to freezing injury. J. Am. Soc. Hort. Sci., 108(2):299-303.

- Asociación Nacional del Café (ANACAFE). 2004. Cultivo de Macadamia. Programa de Diversificación de Ingresos en la Empresa Cafetalera, Agosto 2004. Asociación Nacional del Café. <http://www.portal.anacafe.org/portal/Documents/Documents/2004-12/33/16/> (20 noviembre 2012).
- Atkinson, C.J.; M. Policarpo, A.D. Webster, and G. Kingswell. 2000. Drought tolerance of clonal *Malus* determined from measurements of stomatal conductance and leaf water potential. *Tree Physiology*, 20:557–563.
- Atta, S., H.H. Seyni, Y. Bakasso, B. Sarr, I. Lona, and M. Saadou. 2011. Yield character variability in Roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.). *African Journal of Agricultural Research*, 6(6):1371-1377.
- Auge, D., L. Brisset, M. Laffaire, H. Vidalie. 1988. Effects de l'enrichissement de l'atmosphère des serres en dioxyde de carbone sur la production de trois cultivars de Gerbera. *PHM Revue Horticole*, 285:17-22.
- Augstburger, F., J. Berger, U. Censkowsky, P. Heid, J. Milz y C. Streit. 2000. Jamaica. In: Guías de 18 cultivos; Agricultura orgánica en el Trópico y Subtrópico. Naturland. 1a. Ed. Gräfelting, Alemania.
- Augstburger, F., J. Berger, U. Censkowsky, P. Heid, J. Milz, y C. Streit. 2000a. Maní (Cacahuete). In: Guías de 18 cultivos; Agricultura orgánica en el Trópico y Subtrópico. Naturland. 1a. Ed. Gräfelting, Alemania. 27 p.
- Augstburger, F., J. Berger, U. Censkowsky, P. Heid, J. Milz, y C. Streit. 2000b. Pimienta. In: Guías de 18 cultivos; Agricultura orgánica en el Trópico y Subtrópico. Naturland. 1a. Ed. Gräfelting, Alemania. 17 p.
- Avnery, S., D.L. Mauzerall, J. Liu, L.W. Horowitz. 2011. Global crop yield reductions due to surface ozone exposure. 1. Year 2000 crop production losses and economic damage. *Atmospheric Environment*, 45:2284-2296.
- Ayas, S. and D. Çiğdem. 2009. Deficit irrigation effects on onion (*Allium cepa* L., E.T. Grano 502) yield in unheated greenhouse condition. *Journal of Food Agriculture and Environment*, 7 (3-4): 239-243.
- Ayas, S., H. Orta, and S. Yazgan. 2011. Deficit irrigation effects on broccoli (*Brassica oleracea* L. var. *Monet*) yield in unheated greenhouse condition. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, 17(4): 551-559.
- Ayers, R.S. and D.W. Westcot. 1985. Water quality for agriculture. FAO Irrigation and Drainage Paper Núm. 29 Rev. 1. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome. 186 p.
- Ayerza, R. and W. Coates. 2005. Ground chia seed and chia oil effects on plasma lipids and fatty acids in the rat. *Nutrition Research*. 25:995-1003.
- Babita, M., M. Maheswari, L.M. Rao, A.K. Shanker and D.G. Rao. 2010. Osmotic adjustment, drought tolerance and yield in castor (*Ricinus communis* L.) hybrids. *Environmental and Experimental Botany*, 69(3):243-249.
- Badr, H.M., A.M. El Sharkawy, M.E. Kamar, M.A. El-Shal and A.A. El-Sigeidi. 1984. The heat accumulation units required for flowering, fruit setting and fruit picking of okra. *Ann. Agric. Sci. Moshtohor*, 21(3):913-917.
- Baghizadeh, A. and M. Hajmohammadrezaei. 2011. Effect of drought stress and its interaction with ascorbate and salicylic acid on okra (*Hibiscus esculents* L.) germination and seedling growth. *Journal of Stress Physiology and Biochemistry*, 7(1):55-65.
- Bagiotto, R.O., P. Andrade S., S.P. Sebastião G. and C.A. Costa C. 2012. Reflectance and fluorescence sensors to assess nitrogen levels, biomass production and yield of cotton. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 47(8):1133-1141.

- Bahaeldeen, B.M., A.S. Abdelatif, and A.D. Abdelhafiz. 2012. Roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.) in Sudan, cultivation and their uses. *Environment, Pharmacology and Life Sciences*, 1(6):48-54.
- Bailey, L.H. 1946. *Manual of cultivated plants*. McMillan Company. New York. 1116 p.
- Baixauli, C., J. M. Aguilar, A. Giner, I. Nájera, J. V. Maroto, A. San Bautista, S. López, and B. Pascual. 2013. Productive and agronomic response of three egg plant (*Solanum melongena* L.) cultivars to CO₂ enrichment under greenhouse conditions. <http://www.ruralcaja.org/descarga/posterberenjena.pdf> (14 agosto 2013).
- Baker, J.T. 2004. Yield responses of southern U.S. rice cultivars to CO₂ and temperature. *Agric. For. Meteorol.*, 122(3-4):129-137.
- Baker, J.T., L. H. Allen, K. J. Boote, P. Jones and J. W. Jones. 1989. Response of soybean to air temperature and carbon dioxide concentration. *Crop Sci.*, 29(1):98-105.
- Balderas P., F.G. 2010. Paquete tecnológico para el cultivo de cocotero (*Cocos nucifera* L.) en el estado de Nayarit. Folleto técnico Núm. 16. INIFAP-CIRPAC-CESIX. 35 p.
- Baldocchi, D. and S. Wong. 2006. An assessment of the impacts of future CO₂ and climate on Californian agriculture. A Report from California Climate Change Center CEC-500-2005-187-SF. California, USA. 34 p.
- Banik, S., D. Nag, and S. Debnath. 2010. Utilization of pineapple leaf agro-waste for extraction of fibre and the residual biomass for vermicomposting. *Indian Journal of Fibre and Textile Research*, 36:172-177.
- Bannayan, M., S.C.M. Tojo, G.A. García, L.C. Guerra, and G. Hoogenboom. 2009. Interactive effects of elevated (CO₂) and temperature on growth and development of a short and long season peanut cultivar. *Climatic Change*, 93:389-406.
- Bañón A., S., D. Cifuentes, J.A. Fernández, y A. González. 1993. *Gerbera, liliun, tulipán y rosa*. Ed. Mundiprensa. Madrid, España. 250 p.
- Baradas, M. W. 1994. Crop requirements of tropical crops. *In: Handbook of agricultural meteorology*. J.F. Griffiths Editor. Oxford Univ. Press. New York. pp. 189-202.
- Baraldi, T. A. E. 1975. Guava. Review article. *Abstracts on Tropical Agriculture*, 1(3):9-16.
- Barbera, G. 1995. History, economic and agro-ecological importance. *In: Agro-ecology, cultivation uses of cactus pear*. FAO Plant Production and Protection Paper Num. 132. Rome. pp. 1-11.
- Barbour, J.C., D.C. Bridges and D.S. NeSmith. 1994. Peanut acclimation to simulated shading by weeds. *Agron. J.*, 86:874-880.
- Bárcenas A., P. y V. Jiménez C. 2010. Pitayas y Pitahayas (*Stenocereus* spp. e *Hylocereus* spp.), recursos agrícolas en el Valle de Tehuacán, Puebla. *Sociedades Rurales, Producción y Medio Ambiente*, 10(19):101-119.
- Bárcenas A., P., L. Tijerina C., A. Martínez G., A. E. Becerril R., A. Larqué S. y M.T. Colinas de L. 2002. Respuesta de tres materiales del género *Hylocereus* a la salinidad sulfático-clorhídrica. *TERRA Latinoamericana*, 20(2):123-127.
- Bárcenas A., P., L. Tijerina C., T.J. Olivera F. y A. Larqué S. 2001. Características agronómicas de la Pitahaya (*Hylocereus* spp.). Colegio de Postgraduados. Montecillo, México. 60 p.
- Bareja, B.G. 2010. Jackfruit, a promising cash crop. *Cropsreview*. <http://www.cropsreview.com/jackfruit.html> (25 de agosto de 2013).
- Bargalló D., Cañadas V., Cecilia F. y López S. 2013. Propuesta de implementación del cultivo del manzano (*Malus domestica*) en la Vall d'Alinyá: Análisis de viabilidad ambiental-económica y certificación de créditos voluntarios de carbono. RECERCAT/Diposit de la Recerca de Catalunya. Portal de Recursos Educativos Abiertos. Universidad de Barcelona. <http://www.temoa.info/es/node/741942> (31 octubre 2013).

- Barranco R., R. Fernández E. y L. Rayo. 2008. El cultivo del olivo. 6ª. Ed. Mundi Prensa. Madrid, España. 846 p.
- Barraza A., F.V. 2012. Acumulación de materia seca del cultivo de pepino (*Cucumis sativus* L.) en invernadero. *Temas Agrarios*, 17(2):18-29.
- Barrera C., R. y P.A. Llanos. 1979. Análisis físico-químico de suelos. Productores de tabaco en el estado de Nayarit. Folleto Técnico No. 6. Tabacos Mexicanos S. A. de C. V. México, D. F. 41 p.
- Barrera C., R. y R.L. Deloach. 1970. Producción de tabaco en hornos. Tabaco en Rama, S.A. Departamento Experimental. Santiago Ixcuintla, Nay., México. 28 p.
- Barrientos P., F. 1983. Nopal y agaves como recurso de zonas áridas y semiáridas de México. *In: Recursos agrícolas de zonas áridas y semiáridas de México*. Centro de Genética. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México.
- Barrios, R., D. Molina, F. Barreto, y J. Bastardo. 2000. Sintomatología asociada al déficit hídrico en plantaciones comerciales de palma aceitera en el estado de Monagas. FONAIAP Divulga No. 68: 27-29.
- Bartholomew, D.P. 1985. *Ananas comosus*. In: CRC Handbook of flowering. Volume I (Abraham H. Halevy Ed.). CRC Press, Inc. Boca Raton, Florida, USA. pp. 450-454.
- Bartolini, G. and R. Petruccelli. 2002. Classification, origin, diffusion and history of the olive. Food and Agriculture Organization. Rome, Italy. 74 p.
- Bassols G. B. y A. A. Gurni. 1996. Especies del género *Lippia* utilizadas en medicina popular latinoamericana. *Dominguena*, 13(1):7-25.
- Bautista B., M. Arévalo, C. Saucedo C., M. Martínez. 2005. Proceso de maduración de frutos de chicozapote [*Manilkara Sapota* (L.) P. Royen] Tipo fino. *Revista Chapingo Serie Horticultura*, 11(2): 387-391.
- Becker, K., V. Wulfmeyer, T. Berger, J. Gebel, and W. Münch. 2013. Carbon farming in hot, dry coastal areas: an option for climate change mitigation. *Earth Syst. Dynam.*, 4:237-251.
- Beede, R.H. 2012. Nutrients and fertilization. *In: Growing pistachios in California*. University of California at Davis, Fruit and Nut Research and Information Center. http://fruitsandnuts.ucdavis.edu/pistachiopages/pistachio_nutrients (26 diciembre 2012).
- Beerling D. J. and C. K. Kelly. 1997. Stomatal density responses of temperate woodland plants over the past seven decades of CO₂ increase: a comparison of Salisbury (1927) with contemporary data. *Amer. J. Bot.*, 84:1572-1583.
- Beerling, D.J. and F.I. Woodward. 1996. *In situ* gas exchange responses of boreal vegetation to elevated CO₂ and temperature: first season results. *Global Ecology and Biogeography Letters*, 5: 117-127.
- Behboudian, M.H., R.R. Walker, and E. Törökfalvy. 1986. Effects of water stress and salinity on photosynthesis of pistachio. *Scientia Horticulturae*, 29(3):251-261.
- Bejiga, G. and L. J. G. Van der Maesen. 2006. *Cicer arietinum* L. Record from PROTA4U. *In: Brink, M. and Belay, G. (Ed). PROTA (Plant Resources of Tropical Africa/Ressources végétales de l'Afrique tropicale)*, Wageningen, Netherlands. <http://database.prota4u.org/search.asp>. (15 Mayo 2013).
- Bellefontaine, R., A. Gaston, and Y. Petrucci. 2007. Aménagement des forêts naturelles des zones tropicales sèches. *Cahier FAO Conservation* N° 32. Rome. 250 p.
- Benacchio, S.S. 1982. Algunas exigencias agroecológicas en 58 especies de cultivo con potencial de producción en el Trópico Americano. FONAIAP-Centro Nal. de Inv. Agropecuarias. Ministerio de Agricultura y Cría. Maracay, Venezuela. 202 p.
- Beltrán O., M.C. y M. Romero R. 2003. Chía, alimento milenario. *Revista Industrial Alimentaria*. pp. 20-29.

- Benavides H., N.A. 2007. Guía práctica para la exportación a EE.UU de cilantro. IICA. Managua, Nicaragua. 11 p.
- Bennett, J.P., R.J. Oshima, and L.F. Lippert. 1979. Effects of ozone on injury and dry matter partitioning in pepper plants. *Environmental and Experimental Botany*, 19(1):33-39.
- Berglund, D.R. and K. McKay. 2002. Canola production. Document A-686. North Dakota State University Extension Service. NDSU, USA.
- Berman, M.E. and T.M. DeJong. 1996. Water stress and crop load effects on fruit fresh and dry weights in peach (*Prunus persica*). *Tree Physiology*, 16:859-864.
- Bermejo B., V., R. Alonso del Amo, S.E. Cozar, I. Rábago, J. Aracil, y M. García V. 2010. El ozono troposférico y sus efectos en la vegetación. Medio Ambiente y Medio Rural y Marino y Centro de Investigaciones, Energéticas Medioambientales y Tecnológicas. pp. 24-41.
- Bernal E., J. A. y C. A. Díaz D. 2005. Tecnología para el cultivo del aguacate. Manual Técnico Núm. 5. CORPOICA, Centro de Investigación La Selva. Rio Negro, Antioquia, Colombia. 241 p.
- Bernal E., J. A., A. Tamayo V., M. Londoño B. y M. Hincapié Z. 2001. Frutales de clima cálido. CORPOICA- Colombia. 10 p.
- Berninger, E. 1979. Effects of air and soil temperatures on the growth of gerbera. *Scientia Horti.*, 10:271-276.
- Berry, W.L. and P.S. Nobel. 1985. Influence of soil and mineral stresses on cacti. *J. Plant Nutrition*, 8:679-696.
- Bertsch F. 2003. Absorción de nutrimentos por los cultivos. ACCS-Universidad de Costa Rica-CIA. San José, Costa Rica, 10:62-105.
- Betzberger, A.M. C.R. Yendrek, J. Sun, C.P. Leisner, R.L. Nelson, D.R. Ort, and E.A. Ainsworth. 2012. Ozone exposure response for U.S. soybean cultivars: linear reductions in photosynthetic potential, biomass, and yield. *Plant Physiology*, 160(4):1827-1839.
- Beukema, H.P. and D.E. Van des Zaag. 1990. Introduction to potato production. Pudoc, Wageningen, The Netherlands.
- Bhatt, R.K., M.J. Baig, and H.S. Tiwari. 2010. Elevated CO₂ influences photosynthetic characteristics of *Avena sativa* L. cultivars. *Journal of Environmental Biology*, 31(5):813-818.
- Biblioteca Digital de la Medicina Tradicional Mexicana (BDMTM). 2009. Hierbabuena. <http://www.medicinatradicionalmexicana.unam.mx> (1 de julio de 2013).
- Bideshki, A. and M.J. Arvinb. 2010. Effect of salicylic (SA) and drought stress on growth, bulb yield and allicin content of garlic (*Allium sativum*) in field. *Plant Ecophysiology*, 2:73-79.
- Biel, C., F. de Herralde, R. Save and R.Y. Evans. 2008. Effects of CO₂ atmospheric fertilization on greenhouse production of olive trees (*Olea europaea* L. 'Arbequina'). *European Journal of Horticultural Science*, 73:227-230.
- Bin, O.M. and M.A. Rahman. 2006. Mangosteen, *Garcinia mangostana*. Southampton Centre for Underutilised Crops. University of Southampton. Southampton, UK. 170 p.
- Bindi, M., L. Fibbi, and F. Miglietta. 2001. Free Air CO₂ Enrichment (FACE) of grapevine (*Vitis vinifera* L.): II. Growth and quality of grape and wine in response to elevated CO₂ concentrations. *European Journal of Agronomy*, 14(2):165-175.
- Bing-she, L., B. Zai-ying, C. Jian-zhou, and L.Hui-ping. 2004. The effect of relative soil water content on photosynthesis in pistachio (*Pistacia vera* L.) leaves. *Journal of Agriculture, University of Hebei*, 2004-01. http://en.cnki.com.cn/Article_en/CJFDOTAL (25 octubre 2012).
- Bisonó P., S.M. y J.R. Hernández B. 2008. Guía tecnológica sobre el cultivo del aguacate. Consejo Nacional de Competitividad. Santo Domingo, República Dominicana. 51 p.
- Biswas, B.C. 1986. Agroclimatología del cultivo de la caña de azúcar. CagM VIII-Informe acerca de la agroclimatología del cultivo de la caña de azúcar. Comisión de Agro-

- meteorología. Traducción de la Nota Técnica 193 de la WMO por Luis D. Lasso Espinosa. Ginebra, Suiza.
- Biswas, P. K., D.R. Hileman, P.P. Ghosh, N.C. Bhattacharya, and J.N. McCrimmon. 1996. Growth and yield responses of field-grown sweet potato to elevated carbon dioxide. *Crop Sci.*, 36(5): 1234-1239.
- Bittenbender, H.C. and N.V. Hue. 1990. Impact of salinity on irrigated macadamia production. Abstracts of the 87th Annual Meeting of the American Society for Horticultural Science. Abstract # 760. pp. 172. *Hortscience*, 25(9):1063-1183.
- Bittenbender, H.C., H.H. Hirae, K.M. Yokoyama, K. Wanitprapha, and S.T. Nakamoto. 2013. Macadamia General Information. <http://www.extento.hawaii.edu/kbase/crop/crops/imacada.htm#top> (15 abril 2013).
- Blackbourn, H., P. John, and M. Jeger. 1989. The effect of high temperature on degreening in ripening bananas. *Acta Hort.*, 258:271-278.
- Blackburn, F. 1984. Sugarcane-Tropical Agriculture Series. Longman Inc. New York.
- Blair T., S. y B. Madrigal. 2005. Plantas antimaláricas de Tumaco Costa Pacífica Colombiana. Editorial Universidad de Antioquia. Colombia. 348 p.
- Blanco S., J. 2005. Contribución al conocimiento de los recursos filogenéticos de Extremadura: El caso de los tomillos. Universidad de Extremadura. Departamento de Biología y Producción de los Vegetales. Extremadura, Badajoz, España. 490 p.
- Blankenship, S.M. 1987. Night-temperature effects on rate of apple fruit maturation and fruit quality. *Scientia Hort.*, 33(3-4):205-212.
- Bolaños H., A. 1998. Introducción a la olericultura. 1a. Ed. Universidad Estatal a Distancia. San José de Costa Rica. 380 p.
- Bonato, G.M., P. Rossi J., A. L. Bachmann S. 2011. Forage yield of sugarcane growing in different row spacing and harvesting periods. *Ciência e Agrotecnologia*, 35(1):131-136.
- Bond, A. 1976. Field bean *Vicia faba*. Plant Breeding Inst. Cambridge, U.K. pp. 179-182.
- Bonilla C., C.R., M.S. Sánchez O., y D.F. Perlaza. 2007. Evaluación de métodos de propagación, fertilización nitrogenada y fenología de estevia en condiciones del Valle del Cauca. *Acta Agron.*, 56(3):131-134.
- Bonsi, C.K., Loretan, P.A., Hill, W.A. and Mortley, D.G. 1992. Response of sweet potatoes to continuous light. *Hortscience*, 27(5):471.
- Bonzani, N.E., M. Costaguta y G.E. Barboza. 2007. Estudios anatómicos en especies de *Mentha* (Fam. Lamiaceae) de Argentina. *Arnaldoa*, 14(1):77-96.
- Booker, F. L. and E.L. Fiscus. 2005. The role of ozone flux and antioxidants in the suppression of ozone injury by elevated CO₂ in soybean. *J. Exp Bot.*, 56:2139-2151.
- Booker, F. L., S.A. Prior, H.A. Torbert, E.L. Fiscus, W.A. Pursley, and S. Hu. 2005. Decomposition of soybean grown under elevated concentrations of CO₂ and O₃. *Global Change Biol.*, 11: 685-698.
- Booker, F., R. Mounifering, M. McGrath, K. Burkey, K. Burkey, D. Decoteau, E. Fiscus, W. Manning, S. Krupa, A. Chappelka, and D. Grantz. 2009. The ozone component of global change: Potential effects on agricultural and horticultural plant yields, product quality, and interaction with invasive species. *Journal of Integrative Plant Biology*, 51(4):337-351.
- Booker, F.L., K.O. Burkey, W.A. Pursley, and A.S. Heagle. 2007. Elevated carbon dioxide and ozone effects on peanut: I. Gas-exchange, biomass, and leaf chemistry. *Crop Sci.*, 47:1475-1487.
- Bound, S.A. 2005. The impact of selected orchard management practices on apple (*Malus domestica* L.) fruit quality. Ph.D. Thesis. University of Tasmania. 190 p.

- Boyce, B.R. and J.B. Stroter. 1984. Comparison of frost injury in strawberry buds, blossom and immature fruit. *Advances in Strawberry Production*, 3: 8-10.
- Brandes, E.W. 1956. Origin, dispersal and use in breeding of the Melansian garden sugarcanes and their derivative. *Proc. 9th Cong. Int. Soc. Sug. Cane Technol.*: 709-750.
- Brauer Z., C., T. Zimmerman, L. Nora, F. Roos N., J. A. Silva and C. Valmor R. 2008. Water stress increases cytokinin biosynthesis and delays postharvest yellowing of broccoli florets. *Post Harvest Biology and Technology*, 49(3):436-439.
- Brenner, P., W. Parkhurst and T. K. Mecks. 1988. Crop loss due to ambient ozone in the Tennessee Valley. *Environ. Pollut.*, 53(1-4):273-84.
- Brewster, J.L. 1977. The physiology of the onion. Part II. *Hort. Abstr.*, 47(2):103-112.
- Brewster, J.L. 1982. Flowering and seed production in overwintered cultivars of bulb onions. *J. of Hort.Sci.*, 57(1):103-108.
- Brigham, R.D. 1993. Castor: Return of an old crop. pp. 380-383. *In: J. Janick and J.E. Simon (eds.)*, *New crops*. Wiley, New York, USA.
- Brown, S. K. Kurtz, C. Cogger, and A. Bary. 2010. Land application-a true path to zero waste? Washington State Department of Ecology. Beyond Waste Organics Waste to Resources Project. Ecology Publication Report Num. 09-07-059. 41 p.
- Broschat, T.K. and H.M. Donselman. 1983. Growth of ten species of ornamental tree seedlings exposed to different photoperiods. *Journal of the American Soc. for Hortic. Sci.*, 108(6):992-996.
- Brundell, D.J. 1976. The effect of chilling on the termination of rest and flower bud development of the Chinese gooseberry. *Scientia Horticulturae*, 4:175-182
- Bunce., J.A. 1997. Variations in growth stimulation by elevated carbon dioxide in seedlings of some C₃ crops and weed species. *Global Change Biology*, 3:66-71.
- Bunce, J.A. 2008. Contrasting responses of seed yield to elevated carbon dioxide under field conditions within *Phaseolus vulgaris*. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 128:219-224.
- Burkart, S., R Manderscheid, and H.J. Weigel. 2009. Canopy CO₂ exchange of sugar beet under different CO₂ concentrations and nitrogen supply: results from a free-air CO₂ enrichment study. *Plant Biol.*, 11:109-23.
- Burkey, K.O. , F.L. Booker, W.A. Pursley, and A.S. Heagle. 2007. Elevated carbon dioxide and ozone effects on peanut: II. Seed yield and quality. *Crop Sci.*, 47(4):1488-1497.
- Bushway, A.A., P.R. Belyea and R.J. Bushway. 1981. Chia seed as source of oil, polysaccharide, and protein. *Journal of Food Science*, 46:1349-1350.
- Caballero S., L. and C.A. Mitchell. 1988. Effects of CO₂ and photosynthetic photon flux on yield, gas exchange and growth rate of *Lactuca sativa* L. 'Waldmann's Green'. *Journal of Experimental Botany*, 39(200):317-328.
- Cadena I., J., L.M. Ruíz P., C. Trejo L., P. Sánchez G., y J.F. Aguirre M. 2001. Regulación del intercambio de gases y relaciones hídricas en chayote *Sechium edule* (Jacq.) Swartz. *Revista Chapingo Serie Horticultura*, 7(1): 21-35.
- Cahill, J.P. 2004. Genetic diversity among varieties of chia (*Salvia hispanica* L.). *Genetic Resources and Crop Evolution*, 51:773-781.
- Calatayud A., J.W. Alvarado and E. Barreno. 2002. Effects of ozone concentration on cabbage (*Brassica oleracea* L.) in a rural Mediterranean environment. *Phyton* (Horn, Austria), 42(3):29-33.
- Calatayud, A., and E. Barreno. 2004. Response to ozone in two lettuce varieties on chlorophyll a fluorescence, photosynthetic pigments and lipid peroxidation. *Plant Physiol Biochem*, 42(6):549-555.

- Calatayud, A., F. Pomares, and E. Barreno. 2006. Interactions between nitrogen fertilization and ozone in watermelon cultivar "Reina de Corazones" in open-top chambers. Effects on chlorophyll alpha fluorescence, lipid peroxidation and yield. *Photosynthetica*, 44(1):93-101.
- Calatayud, A., D.J. Iglesias, M. Talon, and E. Barreno. 2006. Effects of long-term ozone exposure on citrus: chlorophyll a fluorescence and gas exchange. *Photosynthetica*, 44:548-554.
- California Rare Fruit Growers (CRFG). 1997. Macadamia. California Rare Fruit Growers Inc. <http://www.crfg.org/pubs/ff/macadamia.html> (15 marzo 2013).
- Calvo V., I. 2007. La acerola (*Malpighia emarginata*) en Costa Rica. Ministerio de Agricultura y Ganadería. San José, Costa Rica. 28 p.
- Calvo V., I. 2009. El Cultivo de Ciruelo (*Prunus domestica*). Área: Manejo Integrado de Cultivos/ Frutales de Altura. Proyecto Microcuenca Plantón-Pacayas. Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria. Boletín Técnico No. 9. 8 p.
- Calvo, E., C. Martin, and M.J. Sanz. 2007. Ozone sensitivity differences in five tomato cultivars: Visible injury and effects on biomass and fruits. *Water Air, and Soil Pollution*, 186:167-181.
- Camargo, A.P. de, R.R. Alfonsi, H.S. Pinto e J.V. Chiarini. 1976. Zoneamento da aptidão climática para culturas comerciais em áreas de cerrado. *In: Simposio Sobre o Cerrado*, 4, Belo Horizonte, Brasil. pp. 89-120.
- Camargo, F.C. 1978. Estudo das possibilidades do desenvolvimento da cultura da seringueira no Estado de Sao Paulo. Rio de Janeiro. Brasil. 60 p.
- Canola Council of Canada (CCC). 2003. The canola growers manual. Canola Council of Canada. Canada. 1424 p.
- Cao, W. and T.W. Tibbitts. 1995. Leaf emergence on potato stems in relation to thermal time. *Agron.J.*, 87:474-477.
- Capitani, M.I. 2013. Caracterización y funcionalidad de subproductos de chía (*Salvia hispanica* L.) aplicación en tecnología de alimentos. Tesis Doctoral Universidad Nacional de la Plata. La Plata, Argentina. 204 p.
- Caprio, J. M. and H.A. Quamme. 1999. Weather conditions associated with apple production in the Okanagan Valley of British Columbia. *Canadian Journal of Plant Science*, 79: 129-137.
- Cardona, C., C.A. Flor, F.J. Morales, y C.M.A. Pastor. 1982. Problemas de campo en cultivos de frijol en América Latina. *Desordenes nutricionales. Serie CIAT No. 07 SB-1 (2ª. Ed.)* pp. 146-171.
- Carew, J.G., K. Mahmood, J. Darby, P. Hadley, and N.H. Battey. 2003. The effect of temperature, photosynthetic photon flux density, and photoperiod on the vegetative growth and flowering of 'Autumn Bliss' raspberry. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 128:291-296.
- Carlisle, E., D. Smart, L.E. Williams, and M. Summers. 2010. California vineyards greenhouse gas emissions: Assessment of the available literature and determination of the research needs. California Sustainable Winegrowing Alliance. pp. 19-28. California, USA.
- Carmichael, W.W. 1958. Observations of cold damage to mangos in Dade county and the Lower West Coast. *Proceedings of the Florida State Horticultural Society*, 71:333-335.
- Casseres, E. 1980. Producción de hortalizas. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas. San José, Costa Rica. 378 p.
- Castagnino, A.M., K. E. Díaz, M. B. Rosini, A. Guisolis y J. Marina. 2012. Productividad de una plantación de espárrago verde (*Asparagus officinalis* var. *atilis* L.) con diferentes

tamaños de “arañas” y densidades, en su séptimo año. Revista Venezolana de Ciencia y Tecnología de Alimentos, 3(2):285-301.

- Castañón C., M. 1993. Horticultura: Manejo simplificado. Universidad Autónoma de Chapingo. Dirección General del Patronato Universitario. Chapingo, Estado de México. 527 p.
- Castellanos R., J.Z., F. Zapata, J.J. Peña C., E.S. Jensen, and E. Heredia G. 1997. Symbiotic nitrogen fixation and yield of *Pachyrhizus erosus* (L.) urban cultivars and *Pachyrhizus ahipa* (Wedd) Parodi landraces as affected by flower pruning. Soil Biology and Biochemistry, 29(5-6):973-981.
- Castellanos Z., J., J.X., Uvalle-Bueno., A, Aguilar-Santelises. 2000. Manual de interpretación de análisis de suelos y agua. INCAPA. México, D.F. 226 p.
- Castellanos, J.Z., J.L. Ojodeagua, F. Mendez, G. Alcantar, S. Villalobos R., P. Vargas, J.J. Muñoz R., and I. Lazcano F. 2001b. Potassium requirements for garlic under fertigation. Better Crops International, 16(1):9-11.
- Castellanos, J.Z., J.L. Ojodeagua, F. Mendez, S. Villalobos R., V. Badillo, P. Vargas, and I. Lazcano F. 2001a. Phosphorus requirements by garlic under fertigation. Better Crops International, 15 (2): 21-23.
- Castellanos, J.Z., V. Badillo, and A. Sosa. 1997a. Extraction of potassium and phosphorus by mexican yam bean. In: Potash and Phosphate Institute. Better Crops International, 1(2):3-5.
- Castillo M., R., M. Livera M. y G. Márquez G. 2005. Caracterización morfológica y compatibilidad sexual de cinco genotipos de pitahaya (*Hylocereus undatus*). Agrociencia, 39:183-194.
- Center for the Study of Carbon Dioxide and Global Change (CSCDGC). 2013. *CO₂ Science*. http://www.co2science.org/data/plant_growth/ (2 agosto 2012 - 20 noviembre 2013).
- Centritto M., M.E. 2002. The effects of elevated [CO₂] and water availability on growth and physiology of peach (*Prunus persica*) plants. Plant Biosystems, 136(2):177-188.
- Centritto, M., M.E. Lucas and P.G. Jarvis. 2002. Gas exchange, biomass, whole-plant water-use efficiency and water uptake of peach (*Prunus persica*) seedlings in response to elevated carbon dioxide concentration and water availability. Tree Physiology. 22: 699-706.
- Centro de Información de Recursos Naturales (CIREN). 1988. Manual del cultivo de la alcachofa (*Cynara scolymus*). Publicación No. 72. CIREN CORFO. Santiago de Chile, Chile. 35 p.
- Centro de Información de Recursos Naturales (CIREN). 1989a. Requerimientos de Clima y Suelo. Frutales de Hoja Caduca. Publicación CIREN No. 83. Santiagode Chile, Chile. pp. 15-41.
- Centro de Información de Recursos Naturales (CIREN). 1989b. Requerimientos de clima y suelo. Chacras y hortalizas. Publicación CIREN No. 85. Santiago de Chile, Chile. 62 p.
- Cervantes S., J. M. 2007. Surgimiento y desarrollo de la tecnología de la pigmentación en la avicultura mexicana. Investigación Postdoctoral presentada en Universidad Autónoma de México. Facultad de Filosofía y Letras. México, D. F., México. 100 p.
- Chahua, L. y S. Siura. 2006. Evaluacion de cinco cultivares de espinaca (*Spinacia oleracea* L.) bajo cultivo orgánico. XIV Congreso Peruano de Horticultura. Arequipa, Perú.
- Chang La R., M. y A. Rodríguez D. 2002. Inducción fotoperiódica para lograr floración en cinco genotipos de camote *Ipomoea batatas* (L.) Lam. Ecología Aplicada, 1(1):51-56.
- Chang, J.H. 1968. Climate and agriculture. An ecological survey. Aldine Publishing Company. Chicago, Illinois, USA. 304 p.

- Chappelka, A.H. 2002. Reproductive development of blackberry (*Rubus cuneifolius*), as influenced by ozone. *New Phytologist*, 155(2): 249–255.
- Chavarría S., L.M. 2010. Ficha No. 43: Rambután. Programa Desarrollo Económico Sostenible en Centroamérica. Unión Europea-GTZ. Tegucigalpa, Honduras. 15 p.
- Chávez F., S.H. and A.A. Kader. 1993. Effects of CO₂ on ethylene biosynthesis in 'Bartlett' pears. *Postharvest Biology and Technology*, 3:183-190.
- Chávez G., J.F. y M.C. Medina. 1994. Suelos y fertilidad. *In: El nogal pecanero. Libro Técnico No. 1. Campo Exp. La Laguna, INIFAP. Matamoros, Coahuila, México.* 169 p.
- Chávez G., W.G. y A.A. Arata P. 2009. El cultivo del peral en la Provincia de Caravelí. Programa Regional Sur. 1ª. Ed. Desco, Serie: Herramientas para el desarrollo. Arequipa, Perú. 72 p.
- Chávez M., O. 2011. Cultivo y manejo de la zarzamora. Memoria de titulación por experiencia. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Facultad de Biología. Morelia, Michoacán, México. 47 p.
- Chávez S., N. 2001. Producción de plántula de hortalizas en invernadero. Folleto Técnico No. 7. INIFAP-CIRNOC. C.E. Delicias. Ciudad Delicias, Chihuahua, México.
- Chazdon, R.L., R.W. Pearcy, D.W. Lee, and N. Fletcher. 1996. Photosynthetic responses of tropical plants to contrasting light environments. *In: Tropical forest plant ecophysiology. S. Mulkey, R.L. Chazdon and A.P. Smith (Eds.). Chapman and Hall, New York.* pp. 5-55.
- Chen, N., Y. Gan, and G. Wang. 2003. Photosynthetic responses of muskmelon (*Cucumis melo* L.) to photon flux density, leaf temperature and CO₂ concentration. *Canadian Journal of Plant Science*, 83(2):393-399.
- Chen, R., F. Ma, P.W. Li, W. Zhang, X.X. Ding, Q. Zhang, M. Li, Y.R. Wang, and B.C. Xu. 2014. Effect of ozone on aflatoxins detoxification and nutritional quality of peanuts. *Food Chemistry*, 146:284-288 (version electronica).
- Chena G., R., A. Crispín y E. Larrea. 1978. El cultivo del garbanzo. *In: Producción de granos y forrajes.* Ed. Limusa. México, D.F. pp. 469-499.
- Cheng X., S., C. Hong X., S. Hong B., L. Xin T., and X. Yong. 2011. Growth and physiological responses to water and nutrient stress in oil palm. *African Journal of Biotechnology*, 10(51):10465-10471.
- Cheng, L. 2005. Elevated atmospheric CO₂ impacts carbon dynamics in a C₄-sorghum-soil agroecosystem -An application of stable carbon isotopes (d13C) in tracing the fate of carbon in the atmosphere-plant-soil Ecosystem. The University of Arizona. <http://arizona.openrepository.com/arizona/handle/10150/195467> (16 agosto 2013).
- Childers, N.F. 1978. *Modern fruit science.* 8ª. Ed. Horticulture Publications. New Brunswick, NJ, USA. 969 p.
- Chimenti, C.A. and A.J. Hall. 2001. Grain number responses to temperature during floret differentiation in sunflower. *Field Crops Res.*, 72: 177-184.
- Chirinos, U.H. 1999. Fertilización de papayo. *Breves Agronómicas.* Instituto de la Potasa y el Fósforo, A.C., Vol. 3, Núm. 5. Querétaro, México. pp. 13-14.
- Chízar F., C. V., G. Chang V., S. Lobo C., A. Quesada H., J. G. Cerén L., R. Leiman L., J. E. Menjivar C., I. Ruíz V., P. Raymond H., T. Mejía O., I. Coronado G. y M. Correa A. 2009. Plantas comestibles de Centroamérica. INBio. Santo Domingo de Heredia, Costa Rica. 360 p.
- Choluj, D., R. Karwowska, A. Ciszewska, and M. Jasińska. 2008. Influence of long-term drought stress on osmolyte accumulation in sugar beet (*Beta vulgaris* L.) plants. *Acta Physiologiae Plantarum*, 30(5):679-687.

- Choudhry, M.A. 2012. Growth, yield and nitrogen content of lentil (*Lens culinaris* Medik) as affected by nitrogen and diquat application. Thesis Degree of Master of Science. Department of Plant Science University of Saskatchewan Saskatoon. 66 p.
- Chu, C.C. and L. Kong. 1971. Photorespiration of sugarcane. Taiwan Sugar Exp. Stat. Ann. Rept.:1-14.
- Chu, C.C., J.S. Coleman, and H.A. Mooney. 1992. Controls of biomass partitioning between roots and shoots: Atmospheric CO₂ enrichment and the acquisition and allocation of carbon and nitrogen in wild radish. *Oecologia*, 89:580-587.
- Ciocco, C., C. Coviella, E. Penón, M. Díaz Z., and S. López. 2008. Biological fixation of nitrogen and N balance in soybean crops in The Pampas Region. Spanish Journal of Agricultural Research, 6(1): 114-119.
- Ciordia A., M.; B. Díaz H., J.C. García R., y M. Coque F. 1993. Efecto del estrés hídrico en el contenido mineral en hoja de kiwi. II Congreso Ibérico de Ciencias Hortícolas. 27-30 de Abril de 1993. Zaragoza, España. SerieTécnica No. 5/93.
- Clausen, S.K., G. Frenck, L.G. Linden, T.N. Mikkelsen, C. Lunde, and R.B. Jorgensen. 2011. Effects of single and multifactor treatments with elevated temperature, CO₂ and ozone on oilseed rape and barley. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 197(6):442-453.
- Clemente, H.S. and T.E. Marler. 1996. Drought stress influences gas-exchange responses of papaya leaves to rapid changes in irradiance. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 121(2):292-295.
- Clifford, S.C., I.M. Stronach, C.R. Black, P.R. Singleton J., S.N. Azam A., and M.J. Crout N. 2000. Effects of elevated CO₂, drought and temperature on the water relations and gas exchange of groundnut (*Arachis hypogaea*) stands grown in controlled environment glasshouses. *Physiology Plantarum*, 110:78-88.
- Clima Frutal (CF). 2008. *Frutales y Requerimiento Climático*. Clima Frutal, Escuela de Agronomía. Pontificia Universidad Católica de Chile. <http://climafrutal.wordpress.com> (4 abril 2012).
- Coates, W. y R. Ayerza. 2006. Chía, redescubriendo un olvidado alimento de los aztecas. 2006. 4ta Ed. del Nuevo Extremo. Buenos Aires. Argentina. pp. 102-108.
- Cobley, S.L. 1977. An introduction to the botany of tropical crops. 3rd. Ed. Longman. London. 371 p.
- Cockerell, B. y E. Sancho B. 1991. Aguacate y mango. *Fruticultura Especial*. EUNED. San José, Costa Rica. 85 p.
- Colavita, G., J.C. Forquera, A. Rodríguez, M. Tassara, y E. Thomas, E. 2010. Pera 'Williams': Manual para el productor y el empacador. 1ª. Ed. Patagonia, Argentina. 169 p.
- Colegio de Postgraduados (CP). 1982. Manual de Conservación del Suelo y del Agua. Dirección General de Conservación del Suelo y Agua. 2da. Ed. Colegio de Postgraduados, Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. Chapingo, Edo. de México, México. 584 p.
- Coleman, R.E. 1968. Physiology of flowering in sugarcane. *Proc. Int. Soc. Sug. Cane Technol.*, 13:795-812.
- COLPOS. 2013. Metodología para medir la captura de carbono en sistemas naturales y agrícolas de ladera. <http://www.colpos.mx/proy/PMSL/Docs/PDF/SubIV%20R1.pdf> (27 septiembre 2013).
- Comese, R. V.; M. González G. y M. Conti E. 2009. Cambios en las propiedades de suelo de huerta y rendimiento de *Beta Vulgaris* var. Cicla (I) por el uso de enmiendas orgánicas. *Cienc. Suelo*, 27(2):271-275.
- Comunicación Personal Eulogio Pimienta Barrios. Guadalajara Jalisco, 1997.
- CONABIO. 2005. Orégano Mexicano: Oro Vegetal. <http://www.conabio.gob.mx/biodiversitas.htm> (25 agosto 2013).

- CONABIO. 2006. Sistema de Información de Organismos Vivos Modificados: *Cucumis sativus*. Proyecto GEF - CIBIOGEM de Bioseguridad. <http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/bioseguridad/> (3 marzo 2013).
- CONABIO. 2009. *Tagetes erecta*. Comisión Nacional de Biodiversidad. *Naturalista*. <http://conabio.inaturalist.org>
- CONABIO. 2013. Chia (*Salvia hispanica*). *Naturalista*. <http://conabio.inaturalist.org/taxa/53219-Salvia-hispanica> (25 de febrero de 2013).
- Confalone, A.E. 2008. Crecimiento y desarrollo del cultivo de haba (*Vicia faba* L.). Parametrización del submodelo de fenología de CROPGRO - Fababean. Tesis Doctoral. Departamento de Producción Vegetal. Universidad de Santiago de Compostela, Escuela Politécnica Superior. Santiago de Compostela, España. 189 p.
- CONAFOR. 2013. *Hevea brasiliensis* Muell. Arg. En: Sistema Nacional de Información Forestal, especies forestales. <http://conafor.sinapsiskms.com/hevea-brasiliensis-muell-arg/> (6 noviembre 2013).
- Coniglio, R. M. 2008. Frutos secos: El cultivo del almendro: Una actividad alternativa. Revista Agromensajes Núm. 25, Agosto 2008. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Rosario, Argentina.
- Consejería de Medio Ambiente Junta de Andalucía (CMAJA). 2013. Programa de Adaptación al Cambio Climático en Andalucía Sector Agricultura. <http://www.juntadeandalucia.es/medioambiente> (15 mayo 2013).
- Contreras G., J.A., J.M. Soto R., y A. Hucin C. 2009. Tecnología para el cultivo de jamaica en Quintana Roo. Folleto Técnico No. 3 INIFAP-CIR Sureste-C.E. Chetumal. Chetumal, Quintana Roo. 49 p.
- Cook, B.G., B.C. Pengelly, S.D. Brown, J.L. Donnelly, D.A. Eagles, M.A. Franco, J. Hanson, B.F. Mullen, I.J. Partridge, M. Peters and R. Schultze-Kraft. 2005. Tropical Forages: an interactive selection tool. CSIRO, CIAT and ILRI. Brisbane, Australia.
- Coria A., V.M., J.J. Alcántar R., J. Anguiano C., G. Chávez L., J.A. Ruiz C., A. Luis A., M.R. Mendoza L. y J.A. Vidales F. 2005. Caracterización edáfica, climática y de organismos dañinos asociados al durazno en Michoacán. Desplegable para Productores. INIFAP-Fundación Produce Michoacán. Morelia, Michoacán, México.
- Coria A., V.M., J.J. Alcántar R., J. Anguiano C., A. Larios G., L. Ortíz E., S. Salazar G., L.M. Tapia V., I. Vázquez C., I. Vidales F. y J.A. Vidales F. 2009. Tecnología para la producción de aguacate en México. Libro Técnico Núm. 8. INIFAP. C.E. Uruapan. Uruapan, Michoacán, México. 225 p.
- Coronel, R.E. 1991. *Tamarindus indica* L.. In: Verheij, E.W.M. and Coronel, R.E. (Editors). Plat Resources of South-East Asia No. 2: Edible fruits and nuts. Pudoc, Wageningen, The Netherlands. pp. 298-301.
- Corpeño, B. 2004. Manual del cultivo de tomate. Centro de Inversión, Desarrollo y Exportación de Agronegocios. San Salvador, El Salvador. 38 p.
- Corporación Colombiana Internacional (CCI). 2006. Canasta de productos del Plan Hortícola Nacional. Corporación Colombiana Internacional. Bogotá, Colombia. 539 p.
- Costa, S.M., M.A. Montenegro, T. Arregui, M.I. Sánchez de P., M.A. Nazareno y B. López de M. 2003. Caracterización de acelga fresca de santiago del estero (Argentina). Comparación del contenido de nutrientes en hoja y tallo. Evaluación de los carotenoides presentes. Cienc. Technol. Aliment., Campinas, 23(1): 33-37.
- Costello, G.; M. Gregory, and P. Donatiu, P. 2009. Southern Macadamia Species Recovery Plan. Report to Department of the Environment, Water, Heritage and the Arts. Horticulture Australia Limited. Canberra, Sydney. 36 p.

- Covatta, F. y J.D. Borscak. 1988. El Kiwi: cultivo alternativo. Ed. Hemisferio Sur. Buenos Aires, Argentina. 56 p.
- Coyne, C.J., R.J. McGee, R.J. Redden, M.J. Ambrose, B.J. Furman, and C.A. Miles. 2011. Genetic adjustment to changing climates: Chapter 8: Pea. *In: Crop Adaptation to Climate Change*; Yadav, S.S., Redden, R.J., Hatfield, J.L., Lotze-Campen, H., Hall, A.E. (Eds.). Wiley Blackwell, Chichester, UK. pp. 238-250.
- Crafts B., S.J., and M.E. Salvucci. 2002. Sensitivity of photosynthesis in the C4 plant, maize, to heat stress. *Plant Physiology*. 129: 1-8.
- Crane, J.H. y C.F. Balerdi. 2000. La Jaca (*Artocarpus heterophyllus* Lam.) en Florida. Departamento de Ciencias Hortícolas, Florida Cooperative Extension Service, Institute of Food and Agricultural Sciences, IFAS Extension Document. University of Florida. Homestead, Florida, USA. 12 p.
- Crane, J.H., C.F. Balerdi, and I. Maguine. 2002. Jackfruit growing in the Florida home landscape. The Institute of Food and Agricultural Science. Horticultural Sciences Department. University of Florida. Homestead, Florida, USA. 13 p.
- Crane, J.H. and C.F. Balerdi. 2005. The pitahaya (*Hylocereus undatus* and other spp.) in Florida. University of Florida. Homestead, Florida, USA. 9 p.
- Crane, J.H. y H. Leblanc. 2008. Carambola: Rejuvenecimiento del árbol, poda y control del tamaño. Serie Documentos Técnicos No. 6. Universidad EARTH. Limón, Costa Rica. 31 P.
- Crane, J.H. 2010. Lemon growing in the Florida home landscape. Institute of Food and Agricultural Sciences. University of Florida. Homestead, Florida, USA. 13 p.
- Crane, J.H. y C.F. Balerdi. 2012a. El chicozapote o níspero (*Manilkara zapota*) en Florida. University of Florida. IFAS Extension. Homestead, Florida, USA. 6p.
- Crane, J.H. y C.F. Balerdi. 2012b. El litchi en Florida. University of Florida. IFAS Extension. Homestead, Florida, USA. 6p.
- Crepinsek, Z., F. Stampar, L. Kajfez B., and A. Solar. 2011. The response of *Corylus avellana* L. phenology to rising temperature in northeastern Slovenia. *Int. J. Biometeorol.* doi:10.1007/s00484-011-0469-7.
- Crispín M., A. y C. Barriga. 1978. El cultivo de la soya (*Glycine max* L.). *In: Producción de granos y forrajes*. Edit. Limusa. México, D.F. pp. 501-539.
- Crispín M., A. y S. Miranda. 1978. El frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). *In: Producción de granos y forrajes*. Edit. Limusa. México, D.F. pp. 541-552.
- Crispín M., A., P. Pérez y S. Sánchez. 1978. El cultivo del haba en los Valles Altos de México. Circular CIAMEC No. 98. Texcoco, Edo. de México. pp. 9.
- Cross, H.Z. and M.S. Zuber. 1972. Prediction of flowering dates in maize based on different methods of estimating thermal units. *Agron. J.*, 64:351-355.
- Cruz L., A. y M.T.J. López R. 2005. Dinámica de la formación de la raíz tuberizada del chayote (*Sechium edule* Sw.) en su primer año de cultivo. *Revista Chapingo Serie Horticultura*, 11(1):13-19.
- Cruz R., A., G. Perez S., P. Bárcenas A. y R. Castillo M. 1995. Fertilización nitrogenada de la pitaya (*Hylocereus* spp.) en La Palma, Estado de Hidalgo. Informe final de servicio social. CBS. Universidad Autónoma Metropolitana. Xochimilco, México. 26 p.
- Cruz, V., R. Bugarín, G. Alejo, G. Luna y P. Juárez. 2014. Extracción y requerimiento de macronutrientes en mango 'Ataulfo' (*Mangifera indica* L.) con manejo de poda anual y bianual. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 5(2):229-239.
- Cruzat, C. y R. Villegas. 2010. Situación actual y perspectivas del cultivo del avellano europeo. FEDEFruta-SOCABIO. 39 p. <http://www.fedefruta.cl/regionales2010/> (15 octubre 2012).

- Cruzate, G.A. y R. Casas. 2009. Extracción de nutrientes en la agricultura argentina. *Informaciones Agronómicas* Núm. 44. pp. 21-26.
- Cun G., R., M. Leon F. y S. García H. 2007. Respuesta del apio (*Apium graveolens* L.) y perejil (*Petroselinum crispum* Mill.) a diferentes coeficientes de cultivo en condiciones organopónicas. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 16(3):1-5.
- Curioni, A. O. 2009. Calidad y control de gestión de una empresa Pymes dedicada a la producción de perejil deshidratado. Tesis para obtener el grado de Maestría en Ingeniería en Calidad en la Universidad Tecnológica Nacional. Buenos Aires, Argentina. 329 p.
- Cutforth, H.W. and C.F. Shaykewich. 1989. Relationship of development rates of corn from planting to silking to air and soil temperature and to accumulated thermal units in a prairie environment. *Can. J. Plant Sci.*, 69:121-132.
- Da Matta, F.M., C.P. Ronchi, M. Maestri and R.S. Barros. 2007. Ecophysiology of coffee growth and production. *Braz. J. Plant Physiol.*, 19(4):485-510.
- Dalmasso, G. and I. Eynard. 1979. *Viticultura moderna*. Ulrico Hoepli Editore SPA. Milano, Italia. 747 p.
- Daniel, C. 1979. Utilización de la prueba estomática para el control de la alimentación de agua en las plantaciones de palma aceitera. *Oleagineux*. 34(6):286-287.
- Danilo, N.E. 2011. El cultivo del frijol, SAG. DICTA. Honduras, Centro América. pp. 8.
- Davidson, H.R. and C.A. Campbell. 1983. The effect of temperature, moisture and nitrogen on the rate of development of spring wheat as measured by degree days. *Can. J. Plant Sci.*, 63:833-846.
- Davison, R.M. 1990. The physiology of the kiwifruit vine. In: *Kiwifruit science and management*. Warrington I.J. and Weston G.C. (Eds.). Ray Richards Publisher-New Zealand Society for Horticultural Science. New Zealand. pp. 127-154.
- Daymond, A.J., T.R. Wheleer, P. Hadley, R.H. Ellis, and L.I.L. Morison. 1997. The growth, development and yield of onion (*Allium Cepa* L.) in response to temperature and CO₂. *The Journal of Horticulture Science and Biotechnology*, 72(1):135-146.
- De Assis, S.A., P. Fernandes, F., M.A. Baldo G. and O.M.M. de Faria O. 2008. Acerola: importance, culture conditions, production and biochemical aspects. *Fruits*, 63(2):93-101.
- De Geus, J.G. 1967. *Fertilizer guide for tropical and subtropical farming*. Centre d' Etude de l'Azote. Zurich. 727 p.
- De Grazia, J., P. Tittonell, O.S. Perniola, A. Caruso, y A. Chiesa. 2003. Precocidad y rendimiento en zapallito redondo de tronco (Cucurbita máxima var. zapallito (Carr.) Millán) en función de la relación nitrógeno:potasio. *Agricultura Técnica*, 63(4):428-435.
- De Lima, O., E. Malavolta, J. De Sena y J. Carneiro. 1997a. Absorção e acumulação de nutrientes em estévia *Stevia rebaudiana* (Bert.) Bertoni: I. Macronutrientes. *Sci. Agric.*, 54(1-2):23-30.
- De Lima, O., E. Malavolta, J. De Sena y J. Carneiro. 1997b. Absorção e acumulação de nutrientes em estévia *Stevia rebaudiana* (Bert.) Bertoni: II. Micronutrientes. *Sci. Agric.*, 54(1-2):14-22.
- Deng, R. and D.J. Donnelly. 1993. In vitro hardening of red raspberry through CO₂ enrichment and relative humidity reduction on sugar-free medium. *Can. J. Plant Sci.*, 73:1105-1113.
- Deng, X. and F.I. Woodward. 1998. The growth and yield responses of *Fragaria ananassa* to elevated CO₂ and N supply. *Annals of Botany*, 81:67-71.
- De Temmerman, L., G. Legrand, and K. Vandermairen. 2007. Effects of ozone on sugarbeet grown in open-top chambers. *European Journal of Agronomy*, 26(1):1-9.
- De Vilmorin, F. 1977. El cultivo del pimienta dulce tipo Bell. 1ª. Ed. DIANA. México, D.F. 314 p.

- De Wild, H.P.J.; E.C. Otma, and H.W. Peppelenbos. 2003. Carbon dioxide action on ethylene biosynthesis of preclimacteric and climacteric pear fruit. *Journal of Experimental Botany*, 54(387):1537-1544.
- Dean, B.B., T. Noland and J.D. Maguire. 1989. Correlation of low seed quality with growing environment of carrot. *HortScience*, 24(2):247-249.
- DeBock, M., M. Op de Beeck, L. Temmerman, Y. Guisez, R. Ceulmans, N. Horemans, and K. Vandermeiren. 2011. Ozone dose response relationships for spring oilseed and broccoli. *Atmospheric Environment*, 45(9):1759-1765.
- DeBock, M., R. Ceulmans, N. Horemans, Y. Guisez and K. Vandermeiren. 2012. Photosynthesis and crop growth of spring oilseed and broccoli under elevated tropospheric ozone. *Environmental and Experimental Botany*, 82:28-36.
- Debouck, G.D. y R. Hidalgo. 1985. Morfología de la planta de frijol común. *In: Frijol, investigación y producción*. Compilado y editado por M. López, F. Fernández y A. Schoonhoven. CIAT. Cali, Colombia. pp. 7-42.
- Dede J. Js. and C. Bambang. 2000. Manggis: Budi data and analysis from *Garcinia mangostana*. *Natural Product Research*. 19(3):239-243.
- Del Pozo, A.H., J. García-Huidobro, R. Novoa and S. Villaseca. 1987. Relationship of base temperature to development of spring wheat. *Expl. Agric.*, 23:21-30.
- Delgado S., J. M. 2004. Validación e implementación de técnicas de captación pasiva para el estudio de los niveles y efectos de ozono troposférico y dióxido de nitrógeno en un área costera mediterránea. Tesis Doctoral. Univesitat Jaume. Departamento de Química Inorgánica i Orgánica. <http://hdl.handle.net/10803/10539> (15 septiembre 2013).
- Del Toro T., V. 2006. *Thymus vulgaris*. Banco de datos de Biodiversidad. <http://bdb.cma.gva.es/ficha.asp?id=5066> (15 febrero 2013).
- Demmers D., H., R.A.C. Mitchel, V.J. Mitchel, and D.W. Lawlor. 1998. Responses of sugar beet (*Beta vulgaris* L.) yield and biochemical composition to elevated CO₂ and temperature at nitrogen applications. *Plant, Cell and Environment*, 21:829-836.
- Department of Horticulture and Soil Conservation (DHSC). 2008. The biology of *Ananas comosus* var. *comosus* (Pineapple). Australian Government, Department of Health and Ageing Office of the Gene Technology Regulator. Australia. 39 p.
- Dercks, W., J. Trumble, and C. Winter. 1990. Impact of atmospheric pollution on linear furanocoumarin content in celery. *Journal of Chemical Ecology*, 16(2):443-451.
- Dersch, G. and K. Böhm. 2001. Effects of agronomic practices on the soil carbon storage potential in arable farming in Austria. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 60(1-3): 49-55.
- Devasirvatham, V., D.K. Tan Y., P.M. Gaur, T.N. Raju, and R.M. Trethowan. 2012. High temperature tolerance in chickpea and its implications for plant improvement. *Crop and Pasture Science*, 63(5):419-428.
- Dhuppar, P., S.C. Biyan, B. Chintapalli, and D.S. Rao. 2012. Lentil crop production in the context of climate change: An Appraisal. *Indian Research Journal of Extension Education*, Special Issue II:33-35.
- Di Cagno, R., L. Guidi, L. De Gara, and G.F. Soldatini. 2001. Combined cadmium and ozone treatments affect photosynthesis and ascorbate-dependent defences in sunflower. *New Phytologist*, 151:627-636.
- Diallo, B.O., H.I. Joly, D. McKey, M.H. McKey, and M.H. Chevallier. 2007. Genetic diversity of *Tamarindus indica* populations: Any clues on the origin from its current distribution? *African Journal of Biotechnology*, 6(7):853-860.

- Días L. 2001. Genetic improvement of cacao. Editora Folha de Vicoso Ltd. Translation (2005) by Cornelia of FAO and supported by FAO. Web version: 578 <http://ecoport.org/ep?-SeachType=earticleId=197> (12 octubre 2013).
- Díaz F., A., G. Loera J., E. Rosales R., M. Alvarado C., y S. Ayvar S. 2007. Producción y tecnología de la okra (*Abelmoschus esculentus*) en el noreste de México. *Agricultura Técnica en México*, 33(3):297-307.
- Díaz F., V.H. y B.G. Díaz H. 2011. El mangostán (*Garcinia mangostana* L.): una alternativa para la reconversión productiva en la región tropical húmeda de México. In. *Tecnologías de producción para el trópico. 65 Aniversario del Campo Experimental Rosario Izapa*. López G., G., D.J. Iracheta y C.H. Avendaño A. (Eds) INIFAP. Campo Experimental Rosario Izapa. Libro Técnico No. 7. Tuxtla Chico, Chiapas, México. 74-78 pp.
- Díaz F., V.H. y R.L. Picón. 2007. Influencia de los factores climáticos en la fenología del mangostán (*Garcinia mangostana* L.) en la zona centro del estado de Veracruz, México. In: *Memoria del II Simposio Internacional de Fruticultura Tropical y Subtropical*. La Habana, Cuba. 98 p.
- Díaz F., V.H., B.G. Díaz H., P.A. Ruíz C., V. Mariles F., M.A. Cano G. y L.A. Gálvez M. 2011. El mangostán *Garcinia mangostana* L. INIFAP-CIRPAS. Campo Experimental Rosario Izapa. Libro Técnico No. 8. Tuxtla Chico, Chiapas, México. 217 p.
- Díaz G., G., J.G. Garza L. y D. Munro O. 2002. Evaluación de cultivares y guía para producir papaya La Huerta, Jalisco, México. 85 p.
- Díaz M., D.H. 1987. Requerimiento de frío en frutales caducifolios. Tema Didáctico Núm. 2. INIFAP-SARH. México, D.F. 54 p.
- Díaz O., A., J.A. Escalante E., A. Trinidad S., P. Sánchez G., C. Mapes S. y D. Martínez M. 2004. Rendimiento, eficiencia agronómica del nitrógeno y eficiencia en el uso del agua en amaranto en función del manejo del cultivo. *Terra Latinoamericana*, 22(1):109-116.
- Diffenbaugh, N.F., M.A. White, J.V. Jones, and M. Ashfaq. 2011. Climate adaptation wedges: a case study of premium wine in the western United States. *Environmental Research Letters*, 6:1-11.
- Dijak, M. and D.P. Ormrod. 1982. Some physiological and anatomical characteristics associated with differential ozone sensitivity among pea cultivars. *Environmental and Experimental Botany*, 22(4):395-402.
- Dinesh M.R. and B.M.C. Reddy. 2012. Physiological basis of growth and fruit yield characteristics of tropical and sub-tropical fruits to temperature. In: *Sthapit, B.R., Ramanatha Rao V. and Sthapit, S.R. (Eds). Tropical fruit tree species and climate change*. Bioversity International, New Delhi, India. pp. 45-70.
- Dirección General de Investigación y Extensión Agrícola (DGIYEA). 1991. Aspectos Técnicos sobre cuarenta y cinco cultivos agrícolas de Costa Rica. Ministerio de Agricultura y Ganadería. San José, Costa Rica. http://www.mag.go.cr/biblioteca_virtual_ciencia/tec_manzana.pdf. (15 julio 2012).
- Dobra, J., V. Motyka, P. Dobrev, J. Malbeck, I.T. Prasil, D. Haisel, A. Gaudinova, M. Havlova, J. Gubis, and R. Vankova. 2010. Comparison of hormonal responses to heat, drought and combined stress in tobacco plants with elevated proline content. *J. Plant Physiology*, 167(16):1360-1370.
- Domínguez, M.V.M. 1985. El cultivo de la piña *Ananas comosus* L. Monografía de Tesis. Escuela Superior de Agricultura Victoria Hernández Brito. Iguala, Gro., México.
- Doorenbos, J. y A.H. Kassam. 1979. Efectos del agua sobre el rendimiento de los cultivos. Estudio FAO: Riego y Drenaje No. 33. FAO. Roma. 212 p.

- Dorrnsoro, D. 2001. Contaminación de suelo por sales solubles. Universidad de Granada. Granada, España. 3 p.
- Doud, D.S. and D.C. Ferree. 1980. Influence of altered light levels on growth and fruiting of mature "Delicious" apple trees. *J. Am. Soc. Hort. Sci.*, 105(3):325-328.
- Downton, W.J.S., W.J.R. Grant and B.R. Loveys. 1987. Carbon dioxide enrichment increases yield of Valencia orange. *Functional Plant Biology, Australian Journal of Plant Physiology*, 14(5): 493-501.
- Doyle, A.D. 1975. Influence of temperature and daylength on phenology of sunflowers in the field. *Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry*, 15:88-92.
- Drennan, P.M. and P.S. Nobel. 2000. Responses of CAM species to increasing atmospheric CO₂ concentrations. *Plant Cell and Environment*, 23:767-781.
- Draycott, A.P. and D.R. Christenson. 2003. Nutrients for sugar beet production: soil plant relationships. CABI Publishing. pp. 192.
- Dua, R.P. 2001. Genotypic variations for low and high temperature tolerance in gram (*Cicer arietinum*). *Indian Journal of Agricultural Sciences*, 71: 561-566.
- Dubois, V., S. Brenton, M. Linder, J. Fanni and M. Parmentier. 2007. Fatty acid profiles of 80 vegetable oils with regard to their nutritional potential. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 109:710-732.
- Duc, G. 1997. Faba bean (*Vicia faba* L.). *Field Crops Research*, 53: 99-109.
- Dufault, R. 1996. Dynamic relationships between field temperatures and broccoli head quality. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 121(4):705-710.
- Dufrene, E., B. Dubos, H. Rey, P. Quencez, and B. Saugier. 1993. Changes in evapotranspiration from an oil palm stand (*Elaeis guineensis* Jacq.) exposed to seasonal soil water deficits. *Acta Oecologia*, 13(3):299-314.
- Duke, J.A. 1981. Handbook of legumes of world economic importance. Plenum Press, New York. Pp. 52-57.
- Duke, J.A. 1983. *Phaseolus vulgaris* L. handbook of energy crops. Horticulture and Landscape Architecture. Purdue University. Unpublished. <http://www.hort.purdue.edu/newcrop/dukeenergy/phaseolusvulgaris> (19 mayo 2012).
- Duncan, W.G. 1975. Maize. *In: Crop physiology. Some case histories.* (Evans, L.T. Editor). Cambridge University Press. Cambridge, Londres, Inglaterra. pp. 23-50.
- Durán Z., V.H.; J.R. Francia M., I. García T., L. Arroyo P., y A. Martínez R. 2012. Mitigación de la erosión de suelo en plantaciones de almendro por cubiertas vegetales: implicaciones para la agricultura sostenible de montaña (SE España). *Comunicata Scientiae*, 3(2):123-129.
- Eaks, I.L. 1978. Ripening, respiration, and ethylene production of 'Hass' avocado fruits at 20° to 40°C. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 103(5):576-578.
- Ecoport. 2013. Chickpea (*Cicer arietinum*). A database devoted to inter-disciplinary integration of information to manage biodiversity. Feeds, plants and crops databases. Feedipedia. INRA, CIDAD. FAO. <http://www.feedipedia.org/node/319> (15 mayo 2013).
- EcuRed. 2013. Conocimiento con todos y para todos. <http://www.ecured.cu/index.php> (25 de febrero de 2013).
- Egbert, A.T. 1977. Banana. *In: Ecophysiology of tropical crops* (Alvim, O. de T. y Kozlowski, T.T. Editors). Academic Press. New York, USA. pp. 441-460.
- Egilla, J.N., F.T. Davies, and T.W. Boutton. 2005. Drought stress influences leaf water content, photosynthesis, and water-use efficiency of *Hibiscus rosa-sinensis* at three potassium concentrations. *Photosynthetica*, 43(1):135-140.

- Elballa, M.M.A. and D.J. Cantliffe. 1996. Alteration of seed stalk development, seed yield, and seed quality in carrot by varying temperature during seed growth and development. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 121(6):1076-1081
- Elevitch, C.R. and H. I. Manner. 2006. *Artocarpus heterophyllus*. Species Profiles for Pacific Island Agroforestry. 17 p. www.traditionaltree.org (26 mayo 2012).
- Elías C., F. y F. Castellvi. 1996. *Agrometeorología*. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España. 517 p.
- Elsebroek, A.T.G. and K. Wind. 2008. Guide to cultivate plants. Wageningen University, The Netherlands. 525 p.
- El-Sharkawy, M.A., A. del P. Hernández, and C. Hershey. 1992a. Yield stability of cassava during prolonged mid-season water stress. *Experimental Agriculture*, 28(2):165-174.
- El-Sharkawy, M.A., S. Mejía de T., L. Cadavid. 1992b. Potential photosynthesis of cassava as affected by growth conditions. *Crop Sci.*, 32(6):1336-1342.
- Emberson, L.D., P. Büker, M.R. Ashmore, G. Miles, L.S. Jackson, M. Agrawal, M.D. Atikuzaman, S. Cinderby, M. Engardt, C. Jamir, K. Kobayashi, N.T.K. Oanh, Q.F. Quadir, and A. Wahid. 2009. A comparison of North American and Asian exposure-response data for ozone effects on crop yields. *Atmospheric Environment*, 43(12):1945-1953.
- Engels, J.M.M. 2004. *Sechium edule* (Jacq.) Sw. In: Grubben, G.J.H. and Denton, O.A. (Eds.). *Plant Resources of Tropical Africa*. Wageningen, Netherlands. <http://www.prota4u.org/search.asp> (15 enero 2013).
- Engle, R. L., W.H. Gabelman. 1966. Inheritance mechanism for resistance to ozone damage in onion. *Proc. Am. Soc. Hortic. Sci.*, 89:423-430.
- Enríquez del V., J.R., A. Estrada S., G., Rodríguez O., V. A. Velasco V. y G.V. Campos Á. 2013. Sustrato y dosis de fertirriego en la aclimatización de vitropiantas de *Agave americana* var. Oaxacencis. *Rev. Fac. Cienc. Agrar., Univ. Nac. Cuyo*, 45(2): 341-348.
- Erez, A., G.A. Couvillon and C. Hendershoot. 1979. Quantitative chilling enhancement and negation in peach buds by high temperatures in a daily cycle. *J. Am. Soc. Hortic. Sci.*, 104(4):536-540.
- Erken, O. and C. Oztokat. 2010. Effects of water stress on yield and some quality parameters of broccoli. In: 2nd International Symposium on Sustainable Development, June 8-9, 2010, Sarajevo Bosnia-Herzegovina. pp. 231-237.
- Escalante E., J.A. 1995. Aprovechamiento del recurso agua en cultivos de secano. In: *Agro-productividad*. Colegio de Postgraduados. Montecillo, México. pp. 28-32.
- Escalante E., J.A., L.E. Escalante E., y L. Aguilar G. 2000. La producción de okra (*Abelmoschus esculentus* (L.) Moench) en función del arreglo topológico. *Revista Chapingo Serie Horticultura*, 6(1): 39-48.
- Escalante E., Y.I., A. Rodríguez A., y L.E. Escalante E. 2008. Efecto de la densidad de siembra en la producción de jamaica (*Hibiscus sabdariffa* L.) en Marquelia, Guerrero, México. In: N. Gutiérrez, N. Silverio, M.L. Sampedro Rosas (Eds.), *Antología de Estudios Territoriales*. III Congreso Internacional de Estudios Territoriales. Cuarta parte. Producción de Alimentos, Territorio y Ambiente. Fomento de los Estudios Territoriales en Iberoamérica, 4:13-18.
- Eskridge, K.M. and E.J. Stevens. 1987. Growth curve analysis of temperature-dependent phenology models. *Agron. J.*, 79:291-297.
- Espinosa A., J., J.F. Arias S., M. A. Miranda S., H.R. Rico P., J. Javier M., A. López A., E. Vargas G. y R. Teniente O. 2006. Guía práctica para la producción de mango en Michoacán. Guía Técnica No.1. INIFAP-CIRPAC-Campo Experimental Valle de Apatzingan. Apatzingan, Michoacán, México. 48 p.

- Espinoza D., W., L. Krishnamurthy, A. Vázquez A., y A. Torres R. 2012. Almacén de carbono en sistemas agroforestales con café. *Revista Chapingo, Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, 18(1): 57-70.
- Eticha B., G. 2008. Modelling the water soil balance to improve irrigation management of traditional irrigation schemes in Ethiopia. PhD. Dissertation. University of Pretoria.
- Everhart E., C. Haynes, and R. Jauron R. 2003. Tomatillos PM 1895(S). Guía de Horticultura de Iowa State University. University Extension. Ames, Iowa, USA. 2 p.
- Fabreiro C., C., M.S. Olalla F., and R. López U. 2003. Production of garlic (*Allium sativum* L.) under controlled deficit irrigation in a semi-arid climate. *Agricultural Water Management*, 9(2): 155-167.
- FAO. 1982. Especies frutales forestales. Fichas técnicas. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). Roma, Italia. 100 p.
- FAO. 1994. ECOCROP 1. The adaptability level of the FAO crop environmental requirements database. Versión 1.0. AGLS. United Nations Food and Agriculture Organization (FAO). Rome, Italy.
- FAO. 2000. ECOCROP. Version Online www.ecocrop.fao.org. FAO. Roma, Italia.
- FAO. 2006a. Pepino (*Cucumis sativus*). Características generales. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). <http://www.fao.org/inphoarchive/> (15 diciembre 2012).
- FAO. 2006b. Fichas técnicas. Pitahaya (*Hylocereus trigonus*). IICA-PRODAR. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). <http://www.fao.org/inphoarchive/content/documents/vlibrary/> (24 junio 2013).
- FAO. 2007. ECOCROP. Food and agriculture, land resources, forest resources database. Geographical Coverage Global. United Nations Food and Agriculture Organization (FAO). Rome, Italy.
- FAO. 2010. Protección contra las heladas: fundamentos, práctica y economía. Vol. 1. Serie del medio ambiente y gestión de los recursos naturales. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). Roma, Italia. 241 pág.
- FAO. 2011. Manual técnico: Producción artesanal de semillas de hortalizas para la huerta familiar. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). Santiago de Chile, Chile. 100 p.
- FAO. 2013. Grassland Index. A searchable catalogue of grass and forage legumes. Grassland and Pasture crops. United Nations Food and Agriculture Organization (FAO). <http://www.fao.org/ag/AGP/AGPC/doc/pasture/dbase.htm> (16 agosto 2013).
- Faraji, A., N. Latifi, A. Soltani and A.H. Shirani R. 2008. Effect of high temperature stress and supplemental irrigation on flower and pod formation in two canola (*Brassica napus* L.) cultivars at mediterranean climate. *Asian journal of Plant Sciences*, 7(4):343-351.
- Fares, S., J. Park, E. Ormeno, D.R. Gentner, M. Mckay, F. Loreto, J. Karlik and A.H. Goldstein. 2010. Ozone uptake by citrus trees exposed to a range of ozone concentrations. *Atmospheric Environment*, 44:3404-3412.
- Faria, T., D. Silvério, E. Breia, R. Cabral, A. Abadia, J. Abadia, J.S. Pereira, y M.M. Chaves. 1998. Differences in the response of carbon assimilation to summer stress (water deficits, high light and temperature) in four mediterranean tree species. *Physiologia plantarum*, 102(3):419-428.
- Fauconnier, R. and D. Bassereau. 1975. La caña de azúcar. Ed. Blume. Barcelona. 433 p.
- Favaro, J.C. 1995. Cultivo de apio. *In*: Pilatti, R.A. (Comp.), Cultivos bajo invernaderos. 1a. Ed. Hemisferio Sur. pp. 121-138 p.

- Félix M, J.G. 2011. Experiencias en el manejo del cultivo de jatropha bajo condiciones de riego y temporal en el norte de Sinaloa. Fundación Produce Sinaloa. Sinaloa, México. 48 p.
- Ferguson, L. 1990. Pistachio tree. *In: Pistachio production. A pomology shortcourse.* Univ. of Calif. California, USA.
- Ferguson, I.B., S. Lurie, and J.H. Bowen. 1994. Protein synthesis and breakdown during heat shock of cultured pear (*Pyrus communis* L.) cells. *Plant Physiology*, 104:1429-1437.
- Fierro O., S. E., A. Vásquez O., O. Núñez P., M. A. Zamora O. y C. Rodríguez O. 2006. La floricultura en los Valles Centrales de Oaxaca. Cempasuchitl. Fundación PRODUCE Oaxaca. Oaxaca, México. 40 p.
- Fischer, G. 2008 Condiciones ambientales que afectan crecimiento, desarrollo y calidad de las pasifloráceas. Facultad de Agronomía. Universidad Nacional de Colombia. Sede Bogotá.
- Fleisher, D.H., D.J. Timlin, and V.R. Reddy. 2008. Elevated carbon dioxide and water stress effects on potato canopy gas exchange, water use, and productivity. *Agricultural and Forest Meteorology*, 148:1109-1122.
- Flores L., H.E., J.A. Ruiz C., R.A. Martínez P., D.R. González E. y L. Nava V. 1999. Determinación del potencial productivo de especies vegetales para el Distrito de Desarrollo Rural de Lagos de Moreno, Jalisco. Folleto Técnico. Num. 3. INIFAP-CIRPAC-C.E. Altos de Jalisco. Tepatitlán, Jal., México. 75 p.
- Flores L., H.E., K.F. Byerly M., J.J. Aceves R., J. Ireta M., R. Soltero Q., C. Alvarez M., H. Castañeda V., J.A. Ruiz C., P. Rodríguez G., y F.J. Flores M. 2002. Análisis agroecológico del Aagave tequilana Weber var. Azul con énfasis en problemas fitosanitarios en Jalisco. Publicación Especial Núm. 1. INIFAP-CIRPAC-C.E. Centro Altos de Jalisco. Tepatitlán de Morelos, Jalisco, México. 161 p.
- Flores M., A., E. Castañeda H., F.J. Sánchez P., L. Romero A., y J. Ruiz L. 2009. Mecanismos de conservación y uso del maguey pulquero *Agave salmiana* en el altiplano mexicano. http://www.somas.org.mx/imagenes_somas2/ (3 enero 2012).
- Flores M., L. 2011. Indicadores de rentabilidad en la producción de pitahaya (*Hylocereus undatus*) en San Juan Ixcaquixtla, Puebla. Tesis de Maestra en Ciencias. Colegio de Postgraduados. Campus Montecillo. Montecillo, Edo. de México, México. 138 p.
- Flores orgásmicas (FO). 2010. El cultivo de Aves del Paraíso (*Strelitzia reginae*). Flores orgásmicas. <http://floresorgasmic.com/index.php> (14 abril 2013).
- Flores y Plantas. 2010. *El cultivo del tagete*. Plantas de temporada. <http://www.floresyplantas.net/flores-plantas/> (25 octubre 2012).
- Follett, R.F. 2001. Soil management concepts and carbon sequestration in cropland soils. *Soil and Tillage Research*, 61: 77-92.
- Fonnegra G., R. y S.L. Jiménez R. 2007. Plantas medicinales aprobadas en Colombia. Segunda Edición. Universidad de Antioquia. Medellín, Colombia. 371 p.
- Fonseca C., M. Daza, C. Aguilar, N. Bezencon, M. Benavides, H. Fano, H. Goyas, G. Prain, H. Roncal, y S. Tafur. 1994. El camote en los sistemas alimentarios de la Yunga Norte del Perú. Centro Internacional de la Papa. Lima, Perú. 40 p.
- Frére, M. y G.F. Popov. 1979. Agrometeorological crop monitoring and forecasting. *Plant Production and Protection*, FAO Paper No. 17. Rome, Italy.
- Frére, M., J.Q. Rijks y J. Rea. 1978. Estudio agroclimatológico de la zona andina. Nota Técnica No. 161. OMM No. 506. Organización Meteorológica Mundial. Ginebra, Suiza.
- Friend, D.J.C. 1985. *Brassica*. *In: CRC Handbook of flowering*. Volume II (Abraham H. Halevy Ed.). CRC Press, Inc., Boca Raton, Florida, USA. pp. 48-77.
- Fry, K.E. 1983. Heat-unit calculations in cotton crop and insect models. USDA-ARS. *Advances in Agricultural Technology-AAT-W*. February 1983.

- Fukai, S. 1985. Tabular descriptions of crops grown in the tropics. 5. Cassava *Manihot esculenta* Crantz. Technical Memo 85/3. CSIRO. Canberra, Australia. 51 p.
- Fundación CEAM. 2009. Ozone Injury in European Forest Species. <http://www.ozoneinjury.org/> (16 noviembre 2013).
- Furlan, C.M., R.M. Moraes, P. Bulbovas, M. Domingos, A. Salatino, and M.J. Sanz. 2007. *Psidium guajava* 'Paluma' (the guava plant) as a new bio-indicator of ozone in the tropics. *Environmental Pollution*, 174: 691-695.
- Gafni, E., 1984. Effect of extreme temperature regimes and different pollinizers on the fertilization and fruit set processes in avocado. M. Sc. Thesis. Hebrew University of Jerusalem, Rehovot, 97 p.
- Galán R., L., J. Martínez S., J.E. Rodríguez P. y M.G. Peña O. 2005. Efecto de la temperatura y tamaño de semilla en la germinación y vigor en Jamaica (*Hibiscus sabdariffa* L.). 51 Reunión Anual de la Sociedad Interamericana de Horticultura Tropical. Santo Domingo, República Dominicana.
- Galán S., V. 1990. Los frutales tropicales en los subtrópicos, I. Aguacate, mango, litchi y longan. Ediciones Mundi-Prensa, Madrid, España. 133 p.
- Galán S., V. 2009. El cultivo del mango. Grupo Mundi-Prensa. Madrid, España. 340 p.
- Galang, F.G. 1955. Fruit and nut growing in the Philippines. AIA Printing Press. Malabon, Rizal, Philippines. 246-247 pp.
- Galet, P. 1976. *Precis de viticulture*. Imprimerie Dehan. Montpellier, France. 584 p.
- Gan, Y., S.V. Angadi, H. Cutforth, D. Potts, V.V. Angadi and C.L. McDonald, 2004. Canola and mustard response to short periods of temperature and water stress at different developmental stages. *Can. J. Plant Sci.*, 84: 697-704.
- Gao, L.Z., Z.Q. Jin and L. Li. 1987. A climatic classification for rice production in China. *Agric. For. Meteorol.*, 39:55-65.
- García, M. 2002. Cultivo de Maracuyá amarillo. CENTA Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal. El Salvador.
- García R., J. C. y G. García G. de L. 2011. Orientaciones para el cultivo del arándano. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. Servicio Regional de Investigación y Desarrollo Agroalimentario. Asturias, España. 32 p.
- García S., F. and J.P. Syvertsen. 2006. Salinity tolerance of Cleopatra mandarin and Carrizo citrange citrus rootstock seedling is affected by CO₂ enrichment during growth. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 131:24–31.
- García T., M.A. 2002. Guía técnica del cultivo de maracuyá amarillo. Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal. San Salvador, El Salvador. 33 p.
- García, B.J., B. Mazzani y J.M. Sainz. 1973. Relación entre el balance de agua en el suelo y el rendimiento del ajonjolí (*Sesamum indicum* L.). *Agronomía Trop.*, 21(1):49-57.
- Garruña H., R., A. Canto, J.O. Mijangos C., I. Islas, L. Pinzón and R. Orellana. 2012. Changes in flowering and fruiting of Habanero pepper in response to higher temperature and CO₂. *Journal of Food, Agriculture & Environment*, 10 (3-4): 802-808.
- Garruña H., R., M. Monforte G., A. Canto A., F. Vázquez F., and R. Orellana. 2013. Enrichment of carbon dioxide in the atmosphere increases the capsaicinoids content in Habanero peppers (*Capsicum chinense* Jacq.). *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 93(6):1385-1388.
- Gasparotto, L., D.R. Trindale e H.N. Silva. 1984. Doenças da seringueira. Manaus, EMBRAPA/CNPDS. Circular Técnica 4. Brasil. 71 p.
- Gavito, M.E., P.S. Curtis, T.N. Mikkelsen, and I. Jakobsen. 2000. Atmospheric CO₂ and my-

- corrhiza effects on biomass allocation and nutrient uptake of nodulated pea (*Pisum sativum* L.) plants. *Journal of Experimental Botany*, 52:1931-1938.
- Gawronska, H., M.K. Thornton and R.B. Dwelle. 1988. Dry matter distribution and ¹⁴C partitioning in potatoes as influenced by heat stress. *Am. Potato J.*, 65(8):479-480.
- Gazzoni, D.L. 1995. Botánica. *In: El cultivo de la soja en los trópicos: mejoramiento y producción*. EMBRAPA-FAO. Roma, Italia. pp. 1-12.
- Geilfus, F. 1994. El árbol al servicio del agricultor: manual de agroforestería para el desarrollo rural. Enda-Caribe-CATIE. Turrialba, Costa Rica. 778 p.
- George, H.L, J.H. Crane, B. Schaffer, Y. Li and F.S. Davies. 2000. Effect of polyethylene and organic mulch on gas exchange and soil and leaf element levels of 'Arkin' carambola (*Averrhoa carambola* L.) in south Florida. *Proc. Interamer. Soc. Trop. Hort.* 44:64-71.
- Gerosa, G., R. Marzuoli, M. Rossini, C. Panigada, M. Meroni, R. Colombo, F. Faoro, and M. Iriti. 2009. A flux-based assessment of effects of ozone on foliar injury, photosynthesis, and yield of bean (*Phaseolus vulgaris* L. cv. Borlotto Nano Lingua di Fuoco) in open-top chambers. *Environ Pollut*, 157(5):1727-1736.
- Ghaly, T.F. and J.W. Sutherland. 1984. Heat damage to grain and seeds. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 30:337-345.
- Ghrab, M., K. Gargouri, and M. Ben Mimoun. 2008. Long term effects of dry conditions and drought on fruit tree yields in dryland areas of Tunisia. *Options Méditerranéennes Serie A No. 80, Drought management: scientific and technological innovations*. pp. 107-111.
- Gianconi M., V. y M. Escaff G. 2004. Cultivo de hortalizas. Editorial Universitaria. Santiago de Chile, Chile. 341 p.
- Gibson, L.R., and R.E. Mullen. 1996. Soybean seed quality reductions by high day and night temperature. *Crop Sci.*, 36: 1615-1619.
- Gijon, M.C., C. Gimenez, D. Peres L., J. Guerrero, F. Cruceiro, and A. Moriana. 2011. Water relations of pistachio (*Pistacia vera* L.) as affected by phenological stages and water regimes. *Scientia Horticulturae*, 128(4):415-422.
- Gillet, H. 1981. Le chia, graine mucilagineuse mexicaine, fait son apparition en France. *Journal d'Agriculture Traditionnelle et de Botanique Applique*, 22:8.
- Gilman, E. F. 2007. *Corylus avellana* "Contorta" contorted european Filbert, Henry Lauder's walking stick. *Environmental Horticulture*. Florida Cooperative Extension Service. Institute of Food and Agricultural Sciences. University of Florida. Document FPS147. 2 p.
- Gilman E. F. and Dennis G. Watson. 2013. Manilkara zapota: Sapodilla. *Environmental Horticulture*, Florida Cooperative Extension Service, Institute of Food and Agricultural Sciences, University of Florida.
- Gindel, Y. 1962. Ecological behavior of the coffee plant under semi-arid conditions. *Coffee (Turrialba)*, 4:49-63.
- Gispert, C. y J. Prats. 1985. Práctica de los cultivos. *In: Biblioteca práctica agrícola ganadera*. Editorial Océano. México, D.F. 223 p.
- Gleadow, R.M., J.R. Evans, S. McCaffery, and T.R. Cavagnaro. 2009. Growth and nutritive value of cassava (*Manihot esculenta* Cranz.) are reduced when grown in elevated CO₂. *Plant Biology*, doi:10.1111/j.1438-8677.2009.00238.x.
- Gobert, V., S. Moya, M. Colson and P. Taberlet. 2002. Hybridization in the section *Mentha* (Lamiaceae) inferred from AFLP markers. *Am. J. Bot.*, 89:2017-2023.
- Gobierno del estado de Veracruz (GEV). 2013. Monografía de la nuez de macadamia. Comisión Veracruzana de Comercialización Agropecuaria. <http://portal.veracruz.gob.mx/pls/portal/> (13 abril 2013).

- Godoy A., C., Z. Xopiyaxtle J., I. Reyes J., y C.A. Torres E. 2005. Comportamiento hídrico de hojas y frutos de nogal pecanero y su relación con la calidad y germinación de frutos. *TERRA Latinoamericana*, 23(4):505-513.
- Golcher R., L.R. 2008. Evaluación de dos tipos de injerto de pera Bos (*Pyrus communis* L.) y dos portainjertos en San Bartolomé Milpas Altas, Departamento de Sacatepéquez. Tesis de Licenciatura. Facultad de Agronomía. Universidad de San Carlos de Guatemala. 47 p.
- Goldstein, G., F. Meinzer, L. Stenberg, P. Jackson, J. Cavalier, and N. Holbrook. 1996. Evaluation aspects of water economy and photosynthetic performance with stable isotopes from water and organic matter. *In: Tropical forest plant ecophysiology*; S. Mulkey, R.L. Chazdon, A.P. Smith (Eds.). Chapman and Hall, New York. pp. 244-267.
- Gomes, F.P. and C.H.B.A. Prado. 2007. Ecophysiology of coconut palm under water stress. *Brazilian Journal of Plant Physiology*, 19(4):377-391.
- Gómez E., A., H. Rojas P., F.A. Vallejo C., y E. Iván E. 2010. Determinación del requerimiento hídrico del pimentón en el municipio de Candelaria, departamento del Valle del Cauca. *Acta Agronómica*, 59(4):442-448.
- Gómez L., F. 1986. Cultivo del amaranto en México. *In: El Amaranto *Amaranthus* spp. (Alegría): Su cultivo y aprovechamiento*. Memoria del 1er. Seminario Nacional del Amaranto. Compiladores: S.A. Trinidad, L.F. Gómez y R.G. Suárez. Chapingo, Edo. de México, México. pp. 90-100.
- Gómez, D. 2008. *Petroselinum crispum* (Mill.) Fuss. Herbario Jaca. Gobierno de Aragón. <http://www.ipe.csic.es/floragon/generos> (3 marzo 2013).
- Gonçalves B., V.F., J. Moutinho P., E. Barcelar, F. Peixoto, and C. Correia. 2009. Effects of elevated CO₂ on grapevine (*Vitis vinifera* L.): volatile composition, phenolic content, and in vitro antioxidant activity of red wine. *J. Agri. Food Chem.*, 57(1):265-273.
- González A., M., S.M. Salcedo M., V.R. Vargas L., J.N. Pérez Q., y M.N. Bonilla F. 2010. Cultivo del nogal pecanero *Carya illinoensis* (Wangenheim) Koch en Nuevo León. 1ª. Ed. Universidad Autónoma de Nuevo León.
- González de C., M. 1984. Especies vegetales de importancia económica en México. Ed. Porrúa. México, 305 p.
- González P., E., O. J. Ayala G., J. A. Carrillo S., G. García S., M. J. Yáñez M. y J. Juárez M. 2011. Estudio del desarrollo, calidad de flor y dosis de fertilización en gladiolo (*Gladiolus grandiflorus* Hort). *Rev. Fitotec. Mex.*, 34(4):277-283 p.
- González R., J. L. y A. Cheuca S. 2010. C4 y CAM. Características generales y uso en programas de desarrollo de tierras áridas y semiáridas. Consejo Superior de Investigaciones Científicas Fundación Ramón Areces. Madrid, España. 195 p.
- González, L., A. Parra, D. Elustondo, J. Garrigó, y J.M. Santamaría. 2005. Niveles de ozono troposférico en la Ribera de Navarra. Laboratorio Integrado de Calidad Ambiental (LICA), Universidad de Navarra.
- Goodfellow, J., D. Eamus and G. Duff. 1997. Diurnal and seasonal changes in the impact of CO₂ enrichment on assimilation, stomatal conductance and growth in a long-term study of *Mangifera indica* in the wet-dry tropics of Australia. *Tree Physiology*, 17:291-299.
- Gordon, D., A. Rosati, C. Damiano and T.M. DeJong. 2006. Seasonal effects of light exposure, temperature, trunk growth and plant carbohydrate status on the initiation and growth of epicormic shoots in *Prunus persica*. *Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 81:421-428.
- Gordon, H.R. y J.A. Barden. 1992. *Horticultura*. 1ª. Reimpresión. Traducción: Flor A. Bellomo López. Ed. A.G.T. México. 727 p.

- Gostinçar I Turon, J. 1997. Suelos, abonos y materia orgánica. *In: Biblioteca de la agricultura*. Idea Books. Barcelona, España. pp. 1-119.
- Government of the Democratic Republic of Timor-Leste (GDRTL). 2004. *Production guidelines for organic coffee, cocoa and tea*. <http://www.gov.east-timor.org/MAFF/ta200/> (13 enero 2012).
- Gowing, D.P. and N. Baniaboassi. 1978. Observations of cane ripening in the Iranian winter. *Proc. Int. Soc. Sugarcane Technol*: 169 p.
- Graham, E.A. and P.S. Nobel. 1996. Long-term effects of a doubled atmospheric CO₂ concentration on the CAM species *Agave deserti*. *Journal of Experimental Botany*, 47: 61-69.
- Granados S., D. y G.F. López R. 2002. Manejo de la palma de coco (*Cocos nucifera* L.) en México. *Serie Ciencias Forestales y del Ambiente. Revista Chapingo*, 8(1):39-48.
- Granados S. D. y G.F. López R. 1990. Chinampas: Historia y etnobotánica de la "alegría", domesticación de la verdolaga y el romerillo. *In: El amaranto: su cultivo y aprovechamiento*. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Edo. De México, México. pp.23-55.
- Granados S., D. y A.D. Castañeda. 1996. El nopal: Historia, fisiología, genética e importancia frutícola. Ed. Trillas-UACH. México, D.F. 227 p.
- Grant, C.A. and L.D. Bailey. 1993. Fertility management in canola production. *Can. J. Plant Sci.*, 73: 651-670.
- Grantz D., A., V. Silva, M. Toyota and N. Ott. 2003. Ozone increases root respiration but decreases leaf CO₂ assimilation in cotton and melon. *Journal of Experimental Botany*, 54(391):2375-2384.
- Grantz, D. A. 2004. Demonstration of ozone impacts on crop species in the San Joaquin Valley. Open Top Chambers at Kearny Agricultural Center. Final Report 5 December 2003. <http://www.arb.ca.gov/research/apr/past> (15 marzo 2013).
- Grau B., P. 2003. Avellano Europeo. Manual de Plantación y Manejo. Centro Regional de Investigación Quilmapu. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Chillán, Chile. Boletín INIA No. 108. 74 p.
- Green, S., B. Clothier, C. van den Dijssel, M. Daurer, and P. Davison. 2008. Measuring and modelling the stress response of grapevines to soil-water deficits. *In: R.L. Ahuja, V.R. Reddy, S.A. Saseendran, and Q. Yu (Eds). Response of crops to limited water: Understanding and modelling water stress effects on growth plant processes. Advances in Agricultural Systems Modeling 1. ASA-CSSA-SSSA. USA. pp. 357-387.*
- Griffiths, J.F. 1985. *Climatología aplicada*. 1ra. Ed. en español. Publicaciones Cultural. México, D.F. 154 p.
- Grimmer, C., T. Bachfischer and E. Komor. 1999. Carbohydrate partitioning into starch in leaves of *Ricinus communis* L. grown under elevated CO₂ is controlled by sucrose. *Plant, Cell and Environment*, 22: 1275-1280.
- Guardiazabal, F. 1990. Requerimientos de clima, suelo y agua para la implantación de paltos. Memorias del curso internacional sobre producción postcosecha y comercialización de paltos. FAO. Universidad Católica de Valparaíso. Chile. B1 a B4.
- Gucci, R., R. Massai, C. Xiloyannis, and J.A. Flore. 1996. The effect of drought and vapour pressure deficit on gas exchange of young kiwifruit (*Actinidia deliciosa* var. *deliciosa*) vines. *Annals of Botany*, 77:605-613.
- Guenkov, G. 1969. *Fundamentos de horticultura cubana*. Edición Revolucionaria. La Habana, Cuba.
- Guerrero C., A.A. 2006. Guía Cultivo Okra. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. Representación del IICA en Nicaragua. 11 p.

- Guijarro, J.A. 2006. La floración del almendro en Mallorca: Estudio de dos series fenológicas. In: J.M. Cuadrat Prats, M.A. Saz Sánchez, S.M. Vicente Serrano, S. Lanjeri, M. de Luis Arrillaga y J.C. González-Hidalgo (Eds.). V Congreso de la Asociación Española de Climatología (AEC) Clima, Sociedad y Medio Ambiente. Ponencia III Clima y Sistemas Naturales. Serie A No. 5. pp: 635-644.
- Gummerson, R.J. 1986. The effect of constant temperatures and osmotic potentials on the germination of sugar beet. *Journal of Experiment Botany*, 37(179):729-741.
- Gunasena H., P.M. 2000. Tamarind extension manual. International Center for Underutilised Crops. Southampton, UK. 34 p.
- Gutiérrez M., E. 2010. Efectos de los aumentos de CO₂ y temperatura del aire y la disponibilidad de nitrógeno sobre el metabolismo del carbono y nitrógeno en plantas de trigo (*Triticum aestivum* L.). Tesis doctoral. Universidad de Salamanca. Salamanca. 246 p.
- Guy, C.L., G. Yelenosky and H.C. Sweet. 1981. Distribution of ¹⁴C photosynthetic assimilates in "Valencia" orange seedlings at 10° and 25°C. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 106:433-437.
- Guzman, V.L. 1964. Soil temperature effect on germination celery seeds. *Florida Agricultural Experiment Stations Journal, Series No. 1982*. Florida State Horticultural Society. pp. 147-152.
- Gwynn J., D., J.A. Lee, and T.V. Callahan. 1997. Effects of enhanced UV-B radiation and elevated carbon dioxide concentrations on a sub-arctic forest heath ecosystem. *Plant Ecology*, 128(1-2):243-249.
- Haarer, A.E. 1962. Modern coffee production. Leonard Hill. London.
- Haarer, A.E. 1963. Best environment for coffee. *Indian Coffee*, 27:289-291.
- Haase, S., G. Neumann, A. Kania, Y. Kuzyakov, V. Römheld and E. Kandeler. 2007. Elevation of atmospheric CO₂ and N-nutritional status modify nodulation, nodule-carbon supply, and root exudation of *Phaseolus vulgaris* L. *Soil Biology and Biochemistry*, 39(9):2208-2221.
- Haimeirong, F. Kubota. 2003. The effects of drought stress and leaf ageing on leaf photosynthesis and electron transport in photosystem 2 in sweet potato (*Ipomoea batatas* Lam.) cultivars. *Photosynthetica*, 41(2):253-258.
- Hale, C.R. and M.S. Buttrose. 1974. Effect of temperature on ontogeny of berries of *Vitis vinifera* L. Cv. Cabernet Sauvignon. *J. Am. Soc. Hortic. Sci.*, 99(5):390-394.
- Halfacre, R.G. y J.A. Barden. 1992. *Horticultura*. AGT Editor. México, D.F. 727 p.
- Hamilton, R.A. and E.T. Fukunaga. 1959. Growing macadamia nuts in Hawaii. *Hawaii Experimental Station Bulletin*. 121:59.
- Hamza, M.A., M.M. El-Zefzafy, M.A. Mohamed, and H. Al-Amier. 2010. Adaptation of *Stevia rebaudiana* Bertoni plant in Egypt. *Acta Hort.*, 854:81-88.
- Hanson, B.R., S.R. Grattan, and A. Fulton. 2006. Agricultural salinity and drainage. Division of Agriculture and Natural Resources Publication 3375. University of California Irrigation Program, University of California, Davis, Ca, USA. 164 p.
- Haq, N. 2006. Jackfruit *Artocarpus heterophyllus*. Southampton Centre for Underutilised Crops, University of Southampton, Southampton, UK. 208 p. <http://www.cropsforthefuture.org/publication/Monographs/> (26 mayo 2012).
- Harley, R. and C.A. Brighton. 1977. Chromosome numbers in the genus *Mentha* L. *Bot. J. Linnean Soc.*, 74: 1-96.
- Harris V., C., M. Esqueda, A. Orozco A., A.E. Castellanos, A. Gardea y E.M. Valenzuela S. 2012. Metabolismo energético de *Cucurbita pepo* micorrizada con hongos del desierto sonorense y crecida con salinidad o déficit de humedad. *Revista fitotecnica mexicana*. 35(1):51-59.

- Harty, A.R. and J. Van Staden. 1988. Paclobutrazol and temperature effects on lemon. Proc. 6th Intl. Citrus Congr., 1:343-352.
- Harward, M. and M. Treshow. 1975. Impact of ozone on the growth and reproduction of understorey plants in the Aspen zone of Western U.S.A. Environmental Conservation, 2:17-23.
- Hassan, I.A., H.M.A. Zeid and J. Basahi. 2011. Photosynthetic response of Egyptian cultivar of broad bean (*Vicia faba* L.) to UV-B and drought, singly and in combination. International Research Journal of Agricultural Science and Soil Science, 1(11):455-461.
- Heide, O.M. 1977. Photoperiod and temperature interactions in growth and flowering of strawberry. Physiol. Plan., 40(1):21-26.
- Heide, O.M. and A.K. Prestrud. 2005. Low temperature, but not photoperiod, controls growth cessation and dormancy induction and release in apple and pear. Tree Physiology, 25:109-114.
- Henson, I. E., M.N. Mohd R., H. Mohd H., Y. Zuraidah, and A.M. Siti N. 2005. Stress development and its detection in young oil plams in North Kedah, Malasya. Journal of Oil Palm Research, 17(1): 11-26.
- Herbek, J. and L. Murdock. 2001. Plant and growth characteristics. In: Canola production and management. D-114, Issued 9-92 (Revised). Electronic document. University of Kentucky. USA.
- Heredia Z., A. 1985. Guía para cultivar jícama en el Bajío. Folleto para productores Núm. 15. INIA-CIAB-C.E. Bajío. Celaya, Gto. 11 p.
- Hernández, L. 1981. Efecto de reguladores de crecimiento en la formación de frutos partenocárpicos en guanábana (*Annona muricata* L.). Tesis de grado. Universidad Autónoma de Chapingo, México.
- Hernández L., A. y A. Carballo. 1984. Caracterización de genotipos de maíz de valles altos por sus requerimientos de unidades calor. Chapingo, (43-44):42-48.
- Hernández, V.M.S. y J.D. Montoya. 1993. Recolección de piña y otras especies de ananas en Colombia. Memorias del 1er. Simposio de Piñicultura en Latinoamérica. Cali, Colombia.
- Hernández D., J. 2003. Crecimiento y desarrollo del cilantro *Coriandrum sativum* L. por efecto del fotoperíodo y la temperatura y su control con fitoreguladores. Universidad Autónoma de Nuevo León. Facultad de Agronomía. División de Estudios de Posgrado. 163 p.
- Hernández H., A. A. Zermeño G., R. Rodríguez G., y D. Jasso C. 2006. Beneficios del encalado total del manzano (*Malus domestica* Borkh) en la Sierra de Arteaga, Coahuila, México. Agrociencia, 40(5):577-584.
- Hernández G., J.A. y S. Miranda C. 2008. Caracterización morfológica de chía (*Salvia hispánica*). Rev. Fitotec. Mex., 31(2):105-113.
- Hernández, A., D. Hernández, y A. Mahecha. 2008. Evaluación del ciclo y balances de carbono y energía en el cultivo de la caña panelera para fines alimenticios y energéticos, bajo escenarios de uso actual y cambios de uso en el suelo como alternativa de mitigación de Cambio Climático. Propuesta. Universidad Nacional de Colombia, Sede Bogotá.
- Herrera A., J.L., F. López L., J.A. Valenzuela P., y M. Machain L. 1988. Guía para producir algodón en el Valle de Mexicali, B.C. y San Luis Río Colorado, Son. Folleto para Productores No. 13. INIFAP-CIRNO-C.E. Valle de Mexicali. Mexicali, BC, México. 22 p.
- Herrera A., J.L., S. de C. Guzmán R., y E. Loza V. 2010. Guía para producir algodón en el Valle de Mexicali, B. C., y San Luis Río Colorado, Son. Folleto para Productores No. 54. INIFAP-CIRNO-C.E. Valle de Mexicali. Mexicali, BC, México. 35 p.

- Herrera, A., M.D. Fernández, E. Rengifo, y W. Tezara. 2001. Efecto de la concentración elevada de CO₂ sobre la fotosíntesis en especies tropicales. *Interciencia*, 26(10):469-471.
- Herrera A., R.A. 2010. Manual de producción de lenteja pardina (*Lens culinaris*) y garbanzo pedrosillano (*Cicer arietinum*). Fundación Global Nature. Universidad de Valladolid. España. pp. 27-30.
- Herrera C., F., R. Gómez J., C. González R., M.A. Urías L., L.M. Hernández F. 2011. Validación de la adaptación de estevia (*Stevia rebaudiana*) bajo las condiciones agroclimáticas de la llanura costera del estado de Nayarit. INIFAP. Informe final. 57 p.
- Herrera, E. and R. Byford. 2005a. Growth and development of pecan nuts. Guide H-618. Cooperative Extension Service. College of Agriculture and Home Economics. New Mexico State University, Las Cruces, NM, USA. 4 p.
- Herrera, E. and Byford, R. 2005b. Pecan orchard fertilization. Guide H-602. Cooperative Extension Service. College of Agriculture and Home Economics. New Mexico State University, Las Cruces, NM, USA. 4 p.
- Herrero, E. 1999. Selecting soil and site for a pecan orchard. Guide H-614. Cooperative Extension Service. College of Agriculture and Home Economics. New Mexico State University, Las Cruces, NM, USA. 2 p.
- Hesketh, J.D., D.L. Myrhe and C.R. Willey. 1973. Temperature control of time intervals between vegetative and reproductive events in soybeans. *Crop Sci.*, 13:250-254.
- Heuzé, V. and G. Tran. 2013. Banana (general). Feedipedia.org. A Programme by INRA, CIRAD, AFZ and FAO. <http://www.feedipedia.org/node/4670> (15 enero 2013).
- Hewett, E.W. and K. Young. 1981. Critical freeze damage temperatures of flower buds of kiwifruit (*Actinidia chinensis* Planch.). *New Zealand Journal of Agricultural Research*, 24:73-75.
- Hidalgo V., S., W. Cifuentes R., H. Ruano S., y L. Cano C. 2009. Caracterización de trece genotipos de rosa de Jamaica *Hibiscus sabdariffa* en Guatemala. *Agronomía Mesoamericana*, 20(1):101-109.
- Hiller, L.K. and W.C. Kelly. 1985. *Daucus carota*. In: CRC Handbook of flowering. Volume II (Abraham H. Halevy Ed.). CRC Press, Inc. Boca Raton, Florida, USA. pp. 419-429.
- Hirzel C., J. 2009. Fertilización. In: Aspectos relevantes en la producción de frambuesa (*Rubus idaeus* L.). Boletín INIA Núm. 192. Centro Regional de Investigación Raihuen, Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Ministerio de Agricultura. Villa Alegre, Chile. pp. 91-99.
- Hirzel C., J. y N. Rodríguez S. 2003. Manejo de frutales: La fertilización de postcosecha. Informativo Agropecuario Biroleche INIA Quilamapu. v. 15(1):24-25.
- Hogy, P. and A. Fangmeier. 2008. Effects of elevated atmospheric CO₂ on grain quality of wheat. *J. Cereal Sci.*, 48:580-591.
- Hogy, P., H. Wieser, P. Köhler, K. Schawadorf, J. Breuer, J. Franzaring, R. Muntiferung and A. Fangmeier. 2009. Effects of elevated CO₂ on grain yield and quality of wheat: result from a 3 year free air CO₂ enrichment experiment. *Plant Biology*. 11(1):60-69.
- Holmes, M. R. J. 1980. Nutrition of the oilseed rape crop. Applied Science Publishers, Barking. Essex, U.K. 158 p.
- Horton, D. 1987. Potatoes: Production marketing and programs for developing countries. Westview Press Inc. Winrock Development Oriented Literature Series. USA. 243 p.
- Hossain, M. A., and M. Kamaluddin. 2004. Effects of lateral shading on growth and morphology of shoots and rooting ability of jackfruit (*Artocarpus heterophyllus* Lam.) cuttings. *Journal of Applied Horticulture*, 6(2): 35-38.

- Hossain, M.A. and M. Kamaluddin. 2011. Growth light conditions of stockplants enhance the growth and morphology of shoots and rooting ability of jackfruit (*Artocarpus heterophyllus* Lam.) cuttings. *Int. J. Agric. Biol.*, 13(2):179-185.
- Hossain, M.K. and T.K. Nath. 2002. *Artocarpus heterophyllus* Lam. In: Vozzo, J.A. (Ed.). Tropical tree seed manual. Agriculture Handbook. Institute of Forestry and Environmental Sciences, Chittagong University, Bangladesh. pp. 308-310.
- Huerres, P.C. y N. Caraballo. 1988. Horticultura. Cuba. 193 p.
- Huez L., M.A., F.A. Preciado, J. López E., A. Álvarez, J. Jiménez y P. Valenzuela. 2009. Productividad del ajo (*Allium sativum* L.) bajo riego por goteo en la costa de Hermosillo. *Biotecnica*, 2:3-12.
- Huglin, P. 1986. Biología et ecologie de la vigne. Editions Payot. Lausanne, Suisse. 372 p.
- Humbert, R.P. 1968. The growing sugarcane. Elsevier Publ. Co. Amsterdam.
- Humbert, R.P. 1974. El cultivo de la caña de azúcar. Ed. Continental. México, D.F. 719 p.
- Hurd, E.A. 1974. Phenotype and drought tolerance in wheat, *Agricultural Meteorology*, 14(1-2):39-55. Special issue: Plant modification for more efficient water use.
- Hurst, A. C., T.E.E. Grams, and R. Ratajczak. 2004. Effects of salinity, high irradiance, ozone, and ethylene on mode of photosynthesis, oxidative stress and oxidative damage in the C₃/CAM intermediate plant *Mesembryanthemum crystallinum* L. *Plant Cell and Environment*, 27:187-197.
- Ibar A., L. 1983. Cultivo del aguacate, chirimoyo, mango y papaya. Ed. AEDOS-EDITIA Mexicana. México, D.F. 173 p.
- Ibar A., L. y B. Juscafresa. 1987. Tomates, pimientos, berenjenas: Cultivo y comercialización. Editorial AEDOS. Barcelona, España. 153 p.
- Ibrahim, M. H., H.Z.E. Jaafar, M.H. Harun, and M. R. Yusop. 2010. Changes in growth and photosynthetic patterns of oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.) seedlings exposed to short-term CO₂ enrichment in a closed top chamber. *Acta Physiol Plant*, 32:305–313.
- Ibrahim, M.H. and H.Z.E. Jaafar. 2012. Impact of elevated carbon dioxide on primary, secondary metabolites and antioxidant responses of *Elaeis guineensis* Jacq. (Oil Palm) seedlings. *Molecules*, 17:5195-6211.
- Idso, S.B. and B.A. Kimball. 1989. Growth response of carrot and radish to atmospheric CO₂ enrichment. *Environmental and Experimental Botany*, 29(2):135-139.
- Idso, S.B. and B.A. Kimball. 2001. CO₂ enrichment of sour orange trees: 13 years and counting. *Environmental and Experimental Botany*, 46(2):147-153.
- Idso, S.B., B.A. Kimball, P.E. Shaw, W. Widmer, J.T. Vanderslice, D.J. Higgs, A. Montanari, and W.D. Clark. 2002. The effect of elevated atmospheric CO₂ on the vitamin C concentration of (sour) orange juice. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 90:1-7.
- Idso, C.D. 2013. The positive externalities of carbon dioxide: Estimating the monetary benefits of rising atmospheric CO₂ concentrations on global food production. Center for the Study of Carbon Dioxide and Global Change. <http://www.co2science.org/education/reports/co2benefits/MonetaryBenefitsofRisingCO2onGlobalFoodProduction.pdf> (6 diciembre 2013).
- Iglesias C., R. y E. Taha H. 2010. Monografías de especies anuales, arbustivas y acuícolas con potencial energético en Chile. Oficina de Estudios y Políticas Agrarias. Santiago de Chile, Chile. 42 p.
- Iglesias, D.J., A. Calatayud, E. Barreno, E. Primo-Millo, and M. Talon. 2006. Responses of citrus plants to ozone: leaf biochemistry, antioxidant mechanisms and lipid peroxidation. *Plant Physiology and Biochemistry*, 44:125-131.
- Infante, A. y G. A. Rojas. 1994. Manual de agroforestería. Venezuela. 147 p.

- Instituto Colombiano Agropecuario (ICA). 2013. Extracción de nutrientes del cultivo de la algodón. http://corpomail.corpoica.org.co/BACFILES/BACDIGITAL/27358/s2d9F50E9A07CF0C0FFF7F771C7B514560E_1.pdf (23 noviembre 2013).
- Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA). 2007. Guía práctica para la exportación a EE.UU de rábanos. IICA Nicaragua. Managua, Nicaragua. 11 p.
- Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). 1994. Informe Técnico del Proyecto de Potencial Productivo de la Región de Chilatán, Michoacán. Morelia, Michoacán. 115 p.
- Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). 1996. Programa Nacional de Investigación en Aguacate. Documento Inédito. INIFAP-SAGAR. Uruapan, Michoacán. 72 p.
- Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). 1997. El Litchi, una alternativa de producción para la Huasteca. *In: Tecnologías llave en mano: División Agrícola Tomo II.* México, D.F. pp. 21-22.
- Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). 2001. Guía para cultivar tomate de cáscara en el estado de Morelos. SAGARPA-INIFAP. C.E. Zacatepec. Folleto para Productores No. 29. Zacatepec, Morelos, México. 19 p.
- Instituto Tecnológico Superior de Campeche (ITESCAM). 2013. El cultivo de la pera. Instituto Tecnológico Superior del Estado de Campeche. <http://www.itescam.edu.mx/principal> (12 febrero 2013).
- International Agricultural Centre (IAC). 1990. Production, storage and seed technology. Review of crop requirements for potato production with emphasis in tropical and subtropical regions. 19th International Potato Course. Training Materials. Wageningen, The Netherlands.
- International Crops Research Institute for the Semi - Arid Tropics (ICRISAT). 2010. Improving heat tolerance in chickpea for enhancing its productivity in warm growing conditions and mitigating impacts of climate change. Technical Report - Year. Department of Agriculture and Cooperation Ministry of Agriculture Government of India. Patancheru, Hyderabad. 44 p.
- International Fertilizer Industry Association (IFA). 1992. World Fertilizer Use Manual. International Fertilizer Industry Association. Paris, France. Pp. 37-550.
- International Plant Nutrition Institute (IPNI). 2008. Archivo Agronómico No. 12. Requerimientos nutricionales, II. Hortalizas, frutales y forrajeras. IPNI-Programa Latinoamérica Cono Sur. pp. 4.
- Islam, A.K.M.S., D.G. Edwards and C.J. Asher. 1980. pH optima for crop growth: Results of a flowing solution culture experiment with six species. *Plant and Soil*, 54(3):339-357.
- Ixtaina, V.Y., S.M. Nolasco and M.C. Tomás. 2008. Physical properties of chia (*Salvia hispanica* L.) seeds. *Industrial Crops and Products*, 28(3):286-293.
- Jacquemin, D. (2000-2001). *Les Succulentes Ornamentales. Agavacees pour les climats mediterraneans.* Vols. 1,2, Ed. Champflour. France.
- Jambulingam, R. and E.C.M. Fernandes. 1986. Multipurpose trees and shrubs on farmlands in Tamil Nadu State (India). *Agroforestry Systems*, 4(1):17-32.
- James, S., A. Chadwick, and L. Craker. 1984. *Herbs: An Indexed Bibliography 1971-1980.* Archon Books, Hamden, CT. 770 p.
- Jain, V., M. Pal, A. Raj and S. Khetarpal. 2007. Photosynthesis and nutrient composition of spinach and fenugreek grown under elevated carbon dioxide concentration. *Biologia Plantarum*, 51(3):559-562.

- Jana, B., S. Biswas, M. Majumder, P. Roy, and A. Mazumdar. 2009. Carbon sequestration rate and above ground biomass carbon potential of four young species. *Journal of Ecology and Natural Environment*, 1(2):15-24.
- Janick, J. and R.E. Paull. 2008. *The Encyclopedia of Fruits and Nuts*. CAB International. pp. 118-127.
- Jansen, P.C.M. 1992. *Artocarpus integer* (Thumb.) Merr. In: Verheij, E.W.M. and Coronel, R.E. (eds.) *Edible fruits and nuts. Plant Resources of South East Asia No. 2 PROSEA Foundation, Bogor, Indonesia*. pp. 91-96.
- Japón Q., J. 1980. *Hojas divulgadoras de extensión agraria. El cultivo extensivo del pimientito para industria. No. 9/80-HD. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Madrid, España*. 20 p.
- Jaramillo F., M. E., L. Dorantes A., R. García B. and J. Welti C. 2010. Mexican pickled jalapeño pepper. In: Hui, Y.H. *Handbook of fruits and vegetable flavors*. John Wiley, U.S.A. 1095 p.
- Jarma O., A. de J., T. Rengifo, H. Araméndiz T. 2005. Aspectos fisiológicos de estevia (*Stevia rebaudiana* Bertoni) en el Caribe colombiano: I. Efecto de la radiación incidente sobre el área foliar y la distribución de biomasa. *Agronomía Colombiana*, 23 (2): 207-216.
- Jarma, O., A de J., G.C. Carranza, y P.J. Clavijo. 2010a. Captación y uso de la radiación en plantas de estevia (*Stevia rebaudiana* Bert.) en el Caribe Colombiano. *Agron. Colomb.*, 28(1):37-46.
- Jarma O., A. de J., E.M. Combatt C., and J.A. Cleves L. 2010b. Aspectos nutricionales y metabolismo de *Stevia rebaudiana* (Bertoni). Una revisión. *Agronomía Colombiana*. 28(2):199-208.
- Jasoni, R., C. Kane, C. Green, E. Peffley, D. Tissue, L. Thompson, P. Payton, and P.W. Paré. 2004. Altered leaf and root emissions from onion *Allium cepa* L. grown under elevated CO₂ conditions. *Environmental and Experimental Biology*, 51:273-278.
- Jasso, I.R. 1989. Modelación agrometeorológica del rendimiento comercial de los cultivos I. Frutales. CENID-RASPA. Seminarios Técnicos B. 13:282-309.
- Javanshah, A. 2010. Global warming affected some morphological characters of Pistachio trees (*Pistacia vera* L.). *African Journal of Agriculture Research* 5(24):3394-3401.
- Jefferies, R.A., 1993. Responses of potato genotypes to drought. I. Expansion of individual leaves and osmotic adjustment. *Ann. Appl. Biol.*, 122:93-104.
- Jefferies, R.A., and D.K.L. Mackerron. 1987. Aspects of the physiological basis of cultivar differences in yield of potato under droughted and irrigated conditions. *Potato Res.*, 30:201-217.
- Jet, L.W., G.E. Welbaum, and R.D. Morse. 1996. Effects of matric and osmotic priming treatments on broccoli seed germination. *JASHS*, 121(3):423-429.
- Jethani, I. 1984. Revised studies on the seed testing procedures of coriander. *Horticultural Abstracts* (54) 8:5709.
- Jifon, J.L., J.H. Graham, D.L. Drouillard and J.P. Syvertsen. 2002. Growth depression of mycorrhizal Citrus seedlings grown at high phosphorus supply is mitigated by elevated CO₂. *New Phytologist*. 153(1):133-142.
- Jiménez, A., J.J. Luna R., A. Ponce M., J. Martínez de L. 2013. Evaluación de dos abonos orgánicos en dos porcentajes sobre la captura de carbono en el suelo del agrosistema guayaba. Universidad Autónoma de Aguascalientes. Unidad de Estudios Avanzados y Edificio Polivalente, Ciudad Universitaria. Aguascalientes, Ags., México.
- Jin, C.W., S.T. Du, W.W. Chen, G.X. Li, Y.S. Zhang, and S.J. Zheng. 2009. Elevated carbon dioxide improves plant iron nutrition through enhancing the iron-deficiency-induced responses under iron-limited conditions in tomato. *Plant Physiology*. 150:272-280.

- Jin, J., C. Tang, R. Armstrong and P. Sale. 2012. Phosphorus supply enhances the response of legumes to elevated CO₂ (FACE) in a phosphorus-deficient vertisol. *Plant and Soil*, 358(1-2):91-104.
- Johannessen, M.M., T.N. Mikkelsen, L.G. Nersting, M. Gullord, R. von Bothmer, and R.B. Jørgensen. 2005. Effects of increased atmospheric CO₂ on varieties of oat. *Plant Breeding*, 124(3):253-256.
- Johnson, G. 2008. Air Pollution Injury in Vegetable Crops. *Weekly Crop Update. Timely Vegetable and Agronomic Crop Info from University of Delaware. Cooperative Extension*. 2:16-17.
- Jøker, D. 2000. *Tamarindus indica* L. Seed Leaflet Num. 45. Danida Forest Seed Centre. Humlebaek, Denmark.
- Joley, Ll. E. 1975. Pistachio. *In: Handbook of Northamerican nut trees. Nut Grower Association. USA.* pp. 348-361.
- Jones, G.V. 2007. Climate Change: Observations, projections and general implications for viticulture and wine production. Working Paper No. 7. Economics Department, Whitman College. WA, USA. 17p.
- Jones, G.V. and E. Hellman. 2002. "Site Assessment" in Oregon Viticulture. Edward Hellman (Ed.), 5th Edition, OSU Press. Oregon. USA.
- José J., R., y E. García M. 2000. Remoción cuticular ("Mixiote") y desarrollo foliar en los agaves pulqueros (*Agave salmiana* y *A. mapisaga*). *Boletín de la Sociedad Botánica de México*, 66: 73-79.
- Juknys, R., P. Duchovskis, A. Sliesaravicius, J. Slepetyš, I. Januskaitienė, A. Brazaitytė, A. Ramaskeviciene, S. Lazauskas, K. Dedeliene, J. Sakalauskaite, R. Juozaityte, Z. Kadziulienė, and A. Diksaityte. 2011. Response of different agricultural plants to elevated CO₂ and air temperature. *Zemdirbyste*, 98(3):259-266.
- Juozaitytė, R., A. Ramaškevičienė, A. Sliesaravičius, A. Brazaitytė, P. Duchovskis, and N. Burbulis. 2007. Growth and physiological features of pea (*Pisum sativum* L.) of different morphotypes under ozone exposure. *Biologija*, 53(3):71-74.
- Juscáfresa, B. 1983. *Arboles frutales: Cultivo y explotación comercial*. Editia Mexicana. México, D.F. 381 p.
- Jwa, N.S. and L.L. Walling. 2001. Influence of elevated CO₂ concentration on disease development in tomato. *New Phytologist*, 149(3):509-518.
- Kadam, G.B., K.P. Singh, and P. Madan. 2012. Effect of elevated carbon-dioxide levels on morphological and physiological parameters in gladiolus. *Indian Journal of Horticulture*, 69(3):379-384.
- Kader, A. A. 1986. Biochemical and physiological basis for effects of controlled and modified atmospheres on fruits and vegetables. *Food Tech*, 40:99-104.
- Kakade, J.R. 1985a. *Agricultural climatology*. Metropolitan Book Co., New Delhi, India. 118 p.
- Kakade, J.R. 1985b. *Sugarcane production*. Metropolitan Book Co. New Delhi, India.
- Kamenetsky, R., I.L. Shafir, H. Zemah, A. Barzilay and H.D. Rabinowitch. 2004. Environmental Control of Garlic Growth and Florogenesis. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 129(2):144-151.
- Karademir, E., C. Karademir, R. Ekinçi, S. Basbag, and H. Basal. 2012. Screening cotton varieties (*Gossypium hirsutum* L.) for heat tolerance under field conditions. *African Journal of Agricultural Research*, 7(47):6335-6342.
- Karolewski P., M. Sadworny, J. Mucha, A. Napierala F., and J. Oleksyn. 2010. Link between defoliation and light treatments on root vitality of five understory shrubs with different resistance to insect herbivory. *Tree Physiology*, 30:969-978.

- Kassam, A.H, H.T van Velthuizen, G.W. Fischer, and M.M. Shah. 1991. Agro-ecological land resources assessment for agricultural development planning: A case of study of Kenya. Resources data bases and land productivity. Main Report. World Soils Resources Report 71. FAO-International Institute for Applied Systems Analysis. Rome, Italy. 73 p.
- Katung, M.D. 2007. Productivity of okra varieties as influenced by seasonal changes in Northern Nigeria, Not Bot. Hort. Agrobot. Cluj, 35:65-71.
- Kauder, F., F. Ludewig and D. Heineke. 2000. Ontogenetic changes of potato plants during acclimation to elevated carbon dioxide. J. Exp. Bot., 51(1):429-437.
- Kawasaki, S., C. Miyake, T. Kohchi, S. Fujii, M. Uchida, and A. Yokota. 2000. Responses of wild watermelon to drought stress: Accumulation of an ArgE homologue and citrulline in leaves during water deficits. Plant Cell Physiol., 41(7):864-873.
- Kay, E.D. 1979. Legumbres alimenticias. Traducción de María Paz Nava Hidalgo. Ed. ACRIBIA. Zaragoza, España. pp. 26-47; 218-231.
- Keating, B.A. and J.P. Evenson. 1979. Effect of soil temperature on sprouting and sprout elongation of stem cuttings of cassava. Field Crops Research, 2:241-251.
- Kelm, M.A.; J.A. Flore and C.W. Beninger. 2005. Effect of elevated CO₂ levels and leaf area removal on sorbitol, sucrose, and phloridzin content in 'Gala'/Malling 9 apple leaves. Journal American Society for Horticultural Science, 130(3):326-330.
- Kelso B., H.A., K.M. Bâ, S. Sánchez M. y D. Reyes L. 2012. Estimación in situ del Kc_{ini} de la vainilla (*Vanilla planifolia* A.). Agrociencia, 46:499-506.
- Kerckhoffs, L.H.J. and J.B. Reid. 2007. Carbon sequestration in the standing biomass of orchard crops in New Zealand. Report prepared for Horticulture New Zealand Ltd. New Zealand Institute for Crop & Food Research Ltd, RD2, Hastings, New Zealand. 4 p.
- Ketchie, D.O. and R. Kammereck. 1987. Seasonal variation of cold resistance in *Malus* woody tissue as determined by differential thermal analysis and viability test. Can. J. Bot., 65(12):2640-2645.
- Ketring, D.L. 1984. Temperature effects on vegetative reproductive development of peanut. Crop Science, 24:877-882.
- Ketring, D.L. and T.G. Wheless. 1989. Thermal time requirements for phenological development of peanut. Agron. J., 81:910-917.
- Keulemans, J. 1984. The effect of temperature on the pollen tube growth and fruit set of plums. Acta Horticulturae, 149:95-101.
- Keutgen, N., A.J. Keutgen, and M.J.J. Janssens. 2008. Sweet potato *Ipomoea batatas* (L.) Lam. cultivated as tuber or leafy vegetable supplier as affected by elevated tropospheric ozone. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 56(15):6686-6690.
- Khan, H.H, P. Gopalasundaram, O.P., Joshi, and E.V. Nelli. 1986. Effect of NPK fertilization on the mineral nutrition and yield of three coconut genotypes. Nutrient Cycling in Agroecosystems, 10(2):185-190.
- Khlifi, M., A. Mamouni, y A. Oukabli. 2011. Exigencias medioambientales del cultivo. In: Arquero, O. y A. Oukabli (Eds.); Manual Práctico para el Cultivo del Almendro. 189 p.
- Khosrojerdi, E., H. Dorroudi, and T. Namdost. 2009a. Effects of physiographical factors on some qualitative and quantitative characteristics of *Pistacia vera* L. at Khajeh forests in Khorasan Razavi province. Iranian Journal of Forest and Poplar Research, 17(3): 337-347.
- Khosrojerdi, E., H. Dorroudi, and T. Namdost. 2009b. Effects of grazing and topographic factors on reproduction of pistachio (*Pistacia vera* L.) in Khajeh forests. Natural Resources, 21:38-44.

- Kim, G.Y., B.G. Ko, H.C. Jong, K.A. Rho, K.M. Shim, J.T. Lee, D.B. Lee, S.Y. Hong, and S.I. Kwon. 2009. Estimating carbon fixation of 14 crops in Korea. *Korean Journal of Soil Science and Fertilizer*, 42(6): 460-466.
- Kimmerer, T.W. and T.T. Kozlowski. 1982. Ethylene, ethane, acetaldehyde and ethanol production by plants under stress. *Plant Physiology*, 69: 840-847.
- Kirk, W.W., H.V. Davies and B. Marshall. 1985. The effect of temperature on the initiation of leaf primordia in developing potato sprouts. *J. Exp. Bot.*, 36:1634-1643.
- Kirnak, H., C. Kaya, I. Tas and D. Higgs. 2001. The influence of water deficit on vegetative growth, physiology, fruit yield and quality in eggplants Bulg. *J. Plant Physiol.*, 27(3):34-46.
- Kitaya, Y., G. Niu, T. Kozai, and M. Ohashi. 1998. Photosynthetic photon flux, photoperiod, and CO₂ concentration affect growth and morphology of lettuce plug transplants. *HortScience*, 33: 988-991.
- Klaiber, J. 2013. *Brassica* plant acclimation to elevated CO₂: impacts on multitrophic plant-insect interactions. Tesis Doctoral, DISS. ETH No. 20951. ETH Zurich. Zurich, Suiza. 108 p.
- Klaiber, J., S. Dorn, A.J. Najar R. 2013. Acclimation to elevated CO₂ increases constitutive glucosinolate levels of Brassica plants and affects the performance of specialized herbivores from contrasting feeding guilds. *Journal of Chemical Ecology*, 39(5):653-665.
- Kleinhenz, V., K. Jatroschan, F. Schutt, and H. Stutzel. 2006. Biomass accumulation and partitioning of tomato under protected cultivations in the humid tropics. *Europ. J. Hort. Sci.*, 71(4):173-182.
- Kliewer, W.M. and A.J. Antcliff. 1970. Influence of defoliation, leaf darkening and cluster shading on growth and composition of Sultana Grapes. *Am. J. Enol. Vitic.*, 21:26-36.
- Knecht, G.N. and J.W. O'Leary. 1983. The influence of carbon dioxide on the growth, pigment, protein, carbohydrate, and mineral status of lettuce. *Journal of Plant Nutrition*, 6: 301-312.
- Knox, G. 2005. Drought-tolerant plants for North and Central Florida. University of Florida, Cooperative Extension Service. University of Florida. Quincy, Florida. 19 p.
- Kobayashi, K., M. Okada, and I. Nouchi. 1995. Effects of ozone on dry matter partitioning and yield of Japanese cultivars of rice (*Oryza sativa* L.). *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 53(2):109-122.
- Kohut R. J., R.G. Amundson, J.A. Laurence. 1986. Evaluation of growth and yield of soybean exposed to ozone in the field. *Environmental Pollution*, 41:219-234.
- Koocheki, A., M. Nassiri, A. Soltani, H. Sharifi, and R. Ghorbani. 2006. Effects of climate change on growth criteria and yield of sunflower and chickpea crops in Iran. *Clim Res*, 30:247-253.
- Kortschak, H.P. 1972. Environmental studies. HSPA Exp. Sta. Ann. Rept.
- Kramer, P.J. 1983. Water relations of plants. Academic Press. New York. 489 p.
- Krarup, C., y A. Krarup. 2002. Potencialidad productiva del espárrago en Chile. *Agronomía y Forestal UC*, 14(4):9-14.
- Kress, L.W. and J.E. Miller. 1985. Impact of ozone on grain sorghum yield. *Water, Air and Soil Pollution*, 25(4):377-390.
- Krishnamurthy, L., J. Kashiwagi, P.M. Gaur, H.D. Upadhyaya, and V. Vadez. 2011. Sources of tolerance to terminal drought in the chickpea (*Cicer arietinum* L.) minicore germplasm. *Field Crops Research*, 119:322-330.
- Krístková, E., A. Lebeda, V. Vinter, O. Blahousek. 2003. Genetic resources of the genus *Cucumis* and their morphological description. *Horticultural Science (Prague)*. 30(1):14-42.
- Kronenberg, H.G., L.M. Wassenaar and C.P.J. Van De Lindeloof. 1976. Effect of temperature on dormancy in strawberry. *Scientia Hort.* 4:361-366.

- Krumbein, A., M. Schreiner, H. P. Kläring, and I. Schonhof. 2008. Atmospheric carbon dioxide induces changes of aroma volatiles in Brassicaceae. *In*: Blank I., M. Wüst, Ch. Yeretzian (Eds): Expression of Multidisciplinary Flavour Science Proceedings of the 12th Wueurman Symposium Interlaken, Switzerland. pp. 387-390.
- Krupa, S. V. and H.J. Jäger. 1996. Adverse effects of elevated levels of ultraviolet (UV)-B radiation and ozone (O₃) on crop growth and productivity. *In*: Fakhri Bazzaz and Wim Sombroek (Eds.), Global climate change and agricultural production. Direct and indirect effects of changing hydrological, pedological and plant physiological processes. FAO Corporate Document Repository. Natural Resources Management and Environment Department. Rome.
- Krupa, S., M.T. McGrath, C.P. Andersen, F.L. Booker, K.O. Burkey, A.H. Chappelka, B.I. Chevone, E.J. Pell, and B.A. Zilinskas. 2001. Ambient ozone and plant health. *Plant Disease*, 85:4-17.
- Krupa, S.V. and R.N. Kickert. 1989. The greenhouse effect: impacts of ultraviolet-B (UV-B) radiation, carbon dioxide (CO₂), and ozone (O₃) on vegetation. *Environ. Pollut.*, 61(4):263-393.
- Kumagai, E., C.P. Tacarindua, K. Homma, T. Shiraiwa, and R. Sameshima. 2012. Effects of elevated CO₂ concentration and temperature on seed production and nitrogen concentration in soybean (*Glycine max* (L.) Merr.). *Journal of Agricultural Meteorology*, 68(1):1-13.
- Kumar, S.N., V. Rajagopal, and K.V.K. Bai. 2006. Adaptive strategies of coconut palm under stressful conditions. *In*: Hemantaranjan, A. (Ed.). *Advances in plant physiology: An international Treatise Series*, Vol. 9: 155-167.
- Kurtural, S.K. 2007. Vineyard site selection. HortFact 31-02. University of Kentucky Cooperative Extension Service. Kentucky, USA. 7 p.
- Kusvuran, S. 2012. Effects of drought and salt stresses on growth, stomatal conductance, leaf water and osmotic potentials of melon genotypes (*Cucumis melo* L.). *African Journal of Agricultural Research*, 7(5):775-781.
- la produccion de hortalizas. IFAS Extension HS 1102. University of Florida, USA. 14 p.
- Lada, R. 2004. Physiological mechanism and genotypic variation in drought tolerance of processing carrots. *HortScience*, 39(4): 855.
- Laing, W.A. 1985. Temperature and light response curves for photosynthesis in kiwi fruit (*Actinidia chinensis*) cv. Hayward. *New Zealand Journal of Agricultural Research*, 28:117-124.
- Lakmini, W.G.D., N.P.A.D. Nainanayake, and W.A.J.M. De Costa. 2006. Physiological responses for moisture stress and development of an index for screening coconut (*Cocos nucifera* L.) genotypes for drought. *Tropical Agricultural Research and Extension*, 9:17-26.
- Lam, S.K., D. Chen, R. Norton and R. Armstrong. 2012. Does phosphorus stimulate the effect of elevated [CO₂] on growth and symbiotic nitrogen fixation of grain and pasture legumes? *Crop and Pasture Science*, 63(1):53-62.
- Lamade, E. and J.P. Bouillet. 2005. Carbon storage and global change: the role of oil palm. *Dossier* 12(10):154-160.
- Lambert, R.G. and A.J. Linck. 1958. Effects of high temperature on yield of peas. *Annual Review of Plant Physiology*, 33:347-350.
- Lampinen, B.D., K.A. Shackel, S.M. Southwick, W.H. Olson, and T.M. Dejong. 2004. Leaf and canopy level photosynthetic responses of French prune (*Prunus domestica* L. 'French') to stem water potential based deficit irrigation. *Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 79(4):638-644.

- Lange, D.L. and A.A. Kader. 1997a. Elevated carbon dioxide exposure alters intracellular pH and energy charge in avocado fruit tissue. *JASHS*, 122(2):253-257.
- Lange, D.L. and A.A. Kader. 1997b. Effects of elevated carbon dioxide on key mitochondrial respiratory enzymes in "Hass" avocado fruit and fruit disks. *JASHS*, 122(2):238-244.
- Langham, D.R. 2007. Phenology of sesame. *In: Issues in new crops and new uses*. J. Janick and A. Whipkey (Eds.). ASHS Press, Alexandria, VA, USA. pp. 144-182.
- Larcher, W. 2003. *Physiological plant ecology: ecophysiology and stress physiology of functional groups*. 4th Ed. Springer. Germany. 513 p.
- La Rioja. 2013. Las moras. <http://www.larioja.org/upload/documents/71718631Fichamora.pdf>. (31 de octubre 2013).
- Larios R., J. 1998. El cultivo de la jamaica. *Agricultura*, 55:5-11.
- Larrahondo, J.E. y F. Villegas. 1995. Control y características de maduración. *In: El cultivo de la caña en la zona azucarera de Colombia*. Centro de Investigación de la caña de azúcar en Colombia (CENICAÑA). Cali, Colombia. pp. 297-313.
- La Rue, C.D. 1926. The Hevea rubber tree in the Amazon Valley. U.S. Department of Agriculture. Department Bulletin No. 1422. United States. 70 p.
- Latournerie, L., J.L. Chávez, M. Pérez, C.F. Hernández, R. Martínez, L.M. Arias, y Guillermo Castañón. 2001. Exploración de la diversidad morfológica de chiles regionales en Yucabá, Yucatán, México. *Agronomía Mesoamericana*, 12(1):41-47.
- Lavín A., A.; G. Lemus S., M. Contreras C., C. Negrón M., y A. Orellana S. 2001. El Cultivo de la Macadamia (*Macadamia integrifolia*). *In: G. Lemus S. (Ed.)*, Curso Frutales de Nuez No Tradicionales: Macadamia, Pistacho, Pecano, Avellano Europeo. Serie Actas No. 07, INIA-CRI La Platina. Chile.
- Lawson, T., J. Craigon, C.R. Black, J.J. Colls, A.M. Tulloch, and G. Landon. 2001. Effects of elevated carbon dioxide and ozone on the growth and yield of potatoes (*Solanum tuberosum*) grown in open-top chambers. *Environmental Pollution*, 111(3):479-491.
- Lazcano F., I. 2001. Considere la extracción de nutrientes por la avena cuando planea su programa de fertilización. *Informaciones Agronómicas*, 4(6):5. Instituto de la Pota-sa y el Fósforo.
- Le Bellec, F., F. Vaillant, and E. Imbert. 2005. Pitahaya (*Hylocereus* spp.): a new fruit crop, a market with future. *Fruits*, 61(4):237-250.
- Le Bourdelles, J. et P.E. Stanove. 1967. La goyave aux Antilles. *Fruits*, 22(9):307-412.
- Leakey, A.D.B. 2009. Rising atmospheric carbon dioxide concentration and the future of C-4 crops for food and fuel. *IIProceedings of the Royal Society B-Biological Sciences*, 276:2333-2343.
- Leakey, A.D.B.; M. Uribelarrea, E.A. Ainsworth, S.L. Naidu, A. Rogers, D.R. Ort, and S.P. Long. 2006. Photosynthesis, productivity and yield of maize are not affected by open-air elevation of CO₂ concentration in the absence of drought. *Plant Physiol.* 140:779-790.
- Leal, F. y G. Salamancas. 1977. La calidad de la naranja "Valencia" en la región central de Venezuela. *Rev. Fac. Agron. (Maracay)*, 9(3):97-107.
- Lee, J.R., G.Y. Hong, A. Dixit, J.W. Chung, K.H. Ma, J.H. Lee, K.K. Kang, Y.H. Cho, J.G. Gwag, and Y.J. Park. 2008. Characterization of microsatellite loci developed for *Amaranthus hypochondriacus* and their cross-amplification in wild species. *Conservation Genetics*, 9:243-246.
- Lee, S., and S.C. Yun. 2006. The ozone stress transcriptome of pepper (*Capsicum annuum* L.). *Molecules and Cells*, 21(2):197-205.
- Leffring, L. 1975. Effects of daylength and temperature on shoot and flower production of gerbera. *Acta Horticulturae*, 51:263-265.

- Leigh, C. y C. S Walton. 2004. *Lippia* pest status review. Series land protection. *Lippia (Phylla canescens)* in Queensland. Department of Natural Resources, Mines and Energy. Queensland, Australia. 34 p.
- Leite, M.S.B. 2013. Consumo hídrico do cacauero jovem irrigado por gotejamiento em consorcio com bananeira e Pau-Brasil. Tesis de Maestría en Producción Vegetal. Universidade Estadual de Santa Cruz. PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM PRODUÇÃO VEGETAL. Ilhéus, Bahia, Brasil. 68 p.
- Lemus S., G. 2004. El cultivo de la avellano (*Corylus avellana*). Proyecto FIA Num. C.96-I-1-025. Ministerio de Agricultura, INIA-La Platina, Gobierno de Chile. 28 p.
- Lemus, S., G. 2008. Plantación de frutales. In: Lemus S., G. y Donoso C., J.M. (Eds.), Establecimiento de Huertos Frutales. Boletín INIA No. 173. INIA-Rayentué. Rengo, Chile. pp. 97-104.
- Leon V., C.U. y F. De Mendiburo. 2004. Variedades de camote de doble propósito In: Producción y uso de la batata (*Ipomoea batatas*, L). Estrategias para el uso del camote en la alimentación humana y animal. CIP-IICA/FONTAGRO-BID. <http://www.sian.info.ve/porcinos/publicaciones/> (5 diciembre 2012).
- León, J., 2000. Botánica de los cultivos tropicales. Tercera edición revisada y aumentada. IICA. San José, Costa Rica. 522 p.
- Lépiz I., R. 1983. Origen y descripción botánica. In: Frijol en el Noroeste de México. Tecnologías de producción. SARH-INIA-CIPAC-CAEVACU. CPIPEAS. Culiacán, Sin., México. pp. 29.
- Leszczyńska, H. y M.W. Borys. 1994. Gladiola. EDAMEX. México, D.F. 166 p.
- Lexander, K. 1985. Beta vulgaris. In: CRC Handbook of flowering. Volume II (Abraham H. Ha-levy Ed.). CRC Press, Inc. Boca Raton, Florida, USA. pp. 24-32.
- Li, D.J., Y.Z. Han, L.P. Wang. 1995: Effect of temperature and photoperiod on the growth and development of safflower germplasm. Journal Of Plant Resources & Environment, 4(4):22-27.
- Li, J., J.M. Zhou, Z.Q. Duan, C.W. Du, and H.Y. Wang. 2007. Effect of CO₂ enrichment on the growth and nutrient uptake of tomato seedlings. Pedosphere, 17:343-351.
- Lieffering, M., H.Y. Kim, K. Kobayashi, M. Okada. 2004. The impact of elevated CO₂ on the elemental concentrations of field-grown rice grains. Field Crop Res., 88:279-286.
- Linhares, P.C.F, M.F.S. Pereira, M.A.V. Díaz and J.C. Moreira. 2012. Yield of coriander (*Coriandrum sativum* L.) in a system of green manure with the plant scarlet starglory (*Merremia aegyptia* L.). Revista Brasileira de Plantas Mediciniais, 14:143-148.
- Lionakis, S.M. and W.W. Schwabe. 1984. Bud dormancy in the kiwi fruit, *Actinidia chinensis* Planch. Annals of Botany, 54:467-484.
- Lipincki, V.M. y S. Gaviola H. 1997. Manejo de la fertilización y el abonado en cultivos de ajo en Mendoza. 50 temas sobre producción de ajo. Vol. 3: Ingeniería del cultivo. pp. 120-130. INTA. Medoza, Argentina.
- Lira S., R. 1996. Chayote, *Sechium edule* (Jacq.) Sw. In: Joachim Heller, Jan Engels and Karl Hammer (Eds.). Promoting the conservation and use of underutilized and neglected crops. Institute of Plant Genetics and Crop Plant Research / International Plant Genetic Resources Institute. Rome. 58 p.
- Lisboa M., A., L.I. Reckziegel H., F. Clasen C., M. Salvador, R.C. Zambiasi, W. Padilha S., L. Nora and C. Valmor R. 2011. Araçá (*Psidium cattleianum* Sabine) fruit extracts with antioxidant and antimicrobial activities and antiproliferative effect on human cancer cells. Food Chemistry, 128(4):916-922.

- Liu, B., L. Cheng, M. Li, D. Liang, Y. Zou, and F. Ma. 2012. Interactive effects of water and nitrogen supply on growth, biomass partitioning, and water-use efficiency of young apple trees. *African Journal of Agricultural Research*, 7(6):978-985.
- Lomas, J. and P. Burd. 1983. Prediction of the commencement and duration of the flowering period of *Citrus*. *Agric. Meteorol.*, 28:387-396.
- Lomelí, M.E. and E. Pimienta. 1993. Demografía reproductiva del pitayo *Stenocereus quere-taroensis* (Weber)Buxbaum. *Rev. Cact. Y Suc. Mexicanas*, 38:13-19.
- López A., M., J.E. Poot M. y M.A. Mijangos C. 2012. Respuesta del chile habanero (*Capsicum chinense* L. Jacq) al suministro de abono orgánico en Tabasco, México. *Revista Científica UDO Agrícola*, 12(2):307-312.
- López C., I.L., R. Arteaga R., M. Vázquez P., R. López L., y C. Robles B. 2010. Predicción del crecimiento potencial de tomate de cáscara mediante el modelo SUCROS. *Ingeniería Agrícola y Biosistemas*, 1(2):93-101.
- López L., R., R. Arteaga R., M.A. Vázquez P., I. López C., e I. Sánchez C. 2009. Índice de estrés hídrico como un indicador del momento de riego en cultivos agrícolas. *Agricultura Técnica en México*, 35(1):97-111.
- López T, O. y A. Guido M. 1998. Evaluación de dosis de nitrógeno y fosforo en el cultivo de pitahaya (*Hylocereus undatus*). *Agronomía Mesoamericana*. 9(1):66-71 p.
- López V., A., J. Pérez F., C. Sosa M., J. M. Mejía M. y L. Bucio A. 2005. El cultivo de plantas ornamentales tropicales. ISPROTAB-CP. Villahermosa, Tabasco, México. 117 p.
- Lötter, J. de V. 1984. Evaluation of the climatic suitability of various áreas in Southern Africa for commercial production of Hayward kiwifruit (*Actinidia chinensis*). *Deciduous Fruit Grower*, 34:122-130.
- Lovelli, S., M. Perniola, A. Ferrara, and T. Di Tommaso. 2007. Yield response factor to water (Ky) and water use efficiency of *Carthamus tinctorius* L. and *Solanum melongena* L. *Agricultural Water Management*, 92(1): 73–80.
- Luedeling, E., J. Gebauer, and A. Buerkert. 2009. Climate change effects on winter chill for tree crops with chilling requirements on the Arabian Peninsula. *Climate Change*, 96:219-237.
- Luna L., F. 1979. El Nogal: Producción de fruto y de madera. Publicaciones de extensión agraria. Madrid. 117 p.
- Macía, J.M. y A.S. Barford. 2000. Economic botany of *Spondias purpurea* (Anacardiaceae) in Ecuador. *Economic Botany*, 54(4):449-458.
- Maciel P., L.H., L.M. Macías V., y C.A. Jiménez G. 2005. Potencial productivo de especies vegetales en Aguascalientes. Folleto Técnico Núm. 27. SFGA. 109 p.
- Macková, H., M. Hronková, J. Dobrá, V. Turečková, O. Novák, Z. Lubovská, V. Motyka, D. Haisel, T. Hájek, I.T. Prášil, A. Gaudinová, H. Štorchová, E. Ge, T. Werner, T. Schmölling, and R. Vanková. 2013. Enhanced drought and heat stress tolerance of tobacco plants with ectopically enhanced cytokinin oxidase/dehydrogenase gene expression. *J. Exp. Bot.*, 64(10):2805-2815.
- Macmillan, H.F. 1943. *Tropical planting and gardening*. 5th. Edition Macmillan and Co. London, England. pp. 385-388.
- Madakadze, R. M. and J. Kwaramba. 2004. Effect of preharvest factors on the quality of vegetables produced in the tropics. In: R. Dris and S. M. Jain (Eds.), *Production Practices and Quality Assessment of Food Crops*, Vol. 1. pp. 1-36. Kluwer Academic Publishers. Netherlands.
- Madan, S., S. Ahmad, G.N. Singh, K. Kohli, Y. Kumar, R. Singh, and M. Garg. 2010. *Stevia rebaudiana* (Bert.) Berton: A review. *Indian Journal of Natural Products and Resources*, 1(3):267-286.

- Madero, J. 1992. Panorama de la viticultura. *In: Elementos de enología*, M.I. Díaz (Editor). Universidad Autónoma de Zacatecas-INIFAP. Zacatecas, Zac. México. pp. 21-32.
- Maes, W.H., W.M.J. Achten, B. Reubens, D. Raes, R. Samson, and B. Muys. 2009. Plant–water relationships and growth strategies of *Jatropha curcas* L. seedlings under different levels of drought stress. *Journal of Arid Environments*, 73(10):877-884.
- Maestri, M. and R. Santos. 1977. Coffee. *In: Ecophysiology of tropical crops*. Paulo de T. Alvim and T.T. Kozłowski Editors. Academic Press. New York. pp. 249-278.
- Magat, S.S. 1979. The use of leaf analysis in the coconut field fertilizer trials in the Philippines. *Phil. Journal of Coconut Studies*, 4(1):32-39.
- Magat, S.S. 2013. Coconut yield and profitability under two practical fertilizer options : common salt (sodium chloride) and multi-nutrient 14n-0p2o5-20k2o-15cl-4.5s-0.02b applications on bearing trees *Technology notes*). http://www.pca.da.gov.ph/pdf/techno/econ_nacl.pdf (12 noviembre 2013).
- Maggs, D.H. 1988. An introduction to pistachio growing in Australia. CSIRO. Australia. 36 p.
- Mahadevan, N. and S.K. Pradeep. 2009. *Hibiscus sabdariffa* Linn.: An overview. *Natural Product Radiance*, 8(1):77-83.
- Maia M., S.C., R. Soratto P., B. Nastaro, L. de Freitas B. 2012. The nitrogen sufficiency index underlying estimates of nitrogen fertilization requirements of common bean. *Rev. Bras. Ciênc. Solo*, 36(1):183-192.
- Makus, D. 1992. Fertility requirements of vegetable amaranths (*Amaranthus tricolor* L.) in an upland mineral soil of the mid-south. *Acta Horticulturae*, 318:291-297.
- Malavolta, E. 1980. Exigencias nutricionais do mamoeiro. *En: Simposio brasileiro a cultura do mamoeiro*, 1o Jaboticabal FCAV. pp. 103-126.
- Mancuso, S. 2000. Electrical resistance changes during exposure to low temperature measure chilling and freezing tolerance in olive tree (*Olea europaea* L.) plants. *Plant, Cell and Environment*, 23(3):291-299.
- Manderscheid, R., A. Pacholski, C. Frühauf and H.J. Weigel. 2009. Effects of free air carbon dioxide enrichment and nitrogen supply on growth and yield of winter barley cultivated in a crop rotation. *Field Crops Research*, 110(3):185-196.
- Manninen, S., S. Huttunen, H. Tommervik, L.R. Hole, and S. Solberg. 2009. Northern plants and ozone. *Ambio*, 38(8):406-413.
- Mapes, C. 1986. Una revisión sobre la utilización del género *Amaranthus* en México. *In: El Amaranto Amaranthus spp. (Alegría): Su cultivo y aprovechamiento*. Memoria del 1er. Seminario Nacional del Amaranto. Compiladores: S.A. Trinidad, L.F. Gómez y R.G. Suárez. Chapingo, Edo. de México, México. pp. 65-76.
- Maranto, J. and J.C. Crane. 1988. Pistachio production. Leaflet 2279. Univ. of Calif. California, USA. 15 p.
- Marcos S., B. 2012. Evaluación de la capacidad de captura de carbono en dos sistemas de producción de maíz. Tesis de Licenciatura. Facultad de Planeación Urbana y Regional, Universidad Autónoma del Estado de México. Toluca, Estado de México. 67 p.
- Marín S., J. 2010. Producción de semilla de tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot.) libre de virus mediante el manejo de insectos vectores. Tesis de Doctorado. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Edo. de México, México. 94 p.
- Marini, R.P. and B.R. Boyce. 1979. Influence of low temperature during dormancy and growth and development of "Catskill" strawberry plants. *J. Am. Soc. Hort. Sci.*, 104(2):159-162.

- Marler, T.E., B. Schaffer and J.H. Crane. 1994. Developmental light level affects growth, morphology, and leaf physiology of young carambola trees. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 119:711-718.
- Maroco, J.P.; G.E. Edwards and M.S.B. Ku. 1999. Photosynthetic acclimation of maize to growth under elevated levels of carbon dioxide. *Planta*, 210:115-125.
- Marsal, J., M. Mata, A. Arbones, J. del Campo, J. Girona, and G. López. 2008. Factors involved in alleviating water stress by partial crop removal in pear trees. *Tree Physiology*, 28:1375–1382.
- Marsh, L. 1992. Emergence and seedling growth of okra genotypes at low temperatures. *Hortscience*, 27:1310-1312.
- Marshall K., E. M.K., R. D. Morse, D. D. Wolf, and D. H. Vaughan. 1992. High-temperature inhibition of seed germination and seedling emergence of broccoli. *Hort Technology*, 2(3):417-419.
- Martin, C.A., J.C. Stutz, B.A. Kimball, S.B. Idso, and D. Akey. 1995. Growth and topological changes of *Citrus limon* (L.) Burm. F. "Eureka" in response to high temperatures and elevated atmospheric carbon dioxide. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 120(6):1025-1031.
- Martínez A., R.A. Lee, D. Chaparro y S. Páramo. 2003. Postcosecha y mercado de hortalizas de clima frío bajo práctica de producción sostenible. Fundación Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano. Bogotá, Colombia. 58 p.
- Martínez B., L. y M. Astorga P. 2003. Riego. *In*: F. Tapia *et al.* Manual del cultivo del olivo. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Centro Regional de Investigación Intihua-si. La Serena, Chile. Boletín INIA Núm. 101. pp. 57-72.
- Martínez B., M.C., L. Lopez Pérez, L., B. Muries, O. Muñoz A., y M. Carvajal. 2009. Climate change and plant water balance: The role of aquaporins. *Sustainable Agricultural Reviews*. *In*: E. Lichtfouse (Ed.) Climate change, intercropping, pest control and beneficial microorganism. *Sustainable Agriculture Review*, 2:71-89.
- Martínez D., M. 1996. Caracterización y evaluación del orégano *Lippia berlandieri* Schauer para su aprovechamiento en el norte de Jalisco. INIFAP-CIRPAC. Folleto para productores No. 2. Guadalajara, Jalisco, México. 6 p.
- Martínez M., F. 2007a. Guía para el cultivo de cempazúchitl. Plántulas de Tetela S. de R.L. de C.V. Cuernavaca, Morelos, México. 1 p.
- Martínez M., F. 2007b. Guía para el cultivo de chile ornamental. Plántulas de Tetela S. de R.L. de C.V. Cuernavaca, Morelos, México. 1 p.
- Martínez M., F. 2007c. Guía para el cultivo del cilantro. Plántulas de Tetela S. de R.L. de C.V. Cuernavaca, Morelos, México. 1 p.
- Martínez M., F. 2007d. Guía para el cultivo de gerbera. Plántulas de Tetela S. de R. L. de C.V. Cuernavaca, Morelos, México. 1 p.
- Martínez M., F. 2007e. Guía para el cultivo del orégano. Plántulas de Tetela S. de R. L. de C.V. Cuernavaca, Morelos, México. 1 p.
- Martínez, M. 1979. Catálogo de nombres vulgares y científicos de plantas mexicanas. Primera Edición Fondo de Cultura Económica. México, D.F.
- Mathew, R. 2012. *Watermelon: About the crop*. Center for E-learning. Kerala Agricultural Univ. India. <http://www.celkau.in/Crops/vegetables/watermelon> (12 diciembre 2012).
- Mathur, P.N., J. Ramirez-Villegas and A. Jarvis. 2012. The impacts of climate change on tropical and sub-tropical horticultural production. *In*: Bhuwon Sthapit, B.R., V. Ramana-tha Rao and Sajal Sthapit (Eds). *Tropical Fruit Tree Species and Climate Change*. Bio-ersity International, New Delhi, India. pp. 27-44.

- Matos, M.C., P.S. Campos, J.C. Ramalho, M.C. Medeira, M.I. Maia, J.M. Semedo, N.M. Marques, and A. Matos. 2002. Photosynthetic activity and cellular integrity of the Andean Legume *Pachyrhizus ahipa* (Wedd.) Parodi, under heat and water stress. *Photosynthetica*, 40(4):493-501.
- Macgillivray, J.H. 1961. Vegetable production. McGraw-Hill Book Co. New York, U.S.A. 397p.
- Mavrogianopoulos, G.N., J. Spanakis and P. Tsikalas. 1999. Effect of carbon dioxide enrichment and salinity on photosynthesis and yield in melon. *Scientia Horticulturae*, 79(1-2):51-63.
- McAneny, K.J. and M.J. Judd. 1983. Observations on kiwifruit (*Actinidia chinensis* Planch.) root exploration, root pressure, hydraulic conductivity, and water uptake. *New Zealand Journal of Agricultural Research*, 26:507-510.
- McCool P. M. and R. C. Musselman. 1990. Impact of ozone on growth of peach, apricot, and almond. *Hortscience*, 25(11):1384-1385.
- McEachern, G.R., B.N. Wolstenholme, and J.B. Storey. 1978. Chilling requirements of three pecan cultivars. *HortScience*, 13:694.
- McHargue, L.T. 1996. Macadamia Production in Southern California. pp. 458-462. *In*: J. Janick (ed.), *Progress in new crops*. ASHS Press, Arlington, VA, USA.
- McMaster, G.S. 1988. Estimation and evaluation of winter wheat phenology in the Central Great Plains. *Agric. For. Meteorol.*, 43:1-18.
- McVaugh, R., 1987. Leguminosae. *In*: W. R. Anderson (Ed.). *Flora Novo-Galiciana. A descriptive account of the vascular plants of Western Mexico*. The University of Michigan Press, Ann Arbor, Michigan. Vol. 5: 441-786.
- McVicar, R., K. Panchuk, S. Hartley, C. Brenzil, P. McCall, T. Hogg, and T. Warkentin. 2009. Dry pea. Fact Sheet. Saskatchewan Ministry of Agriculture. 11 p.
- Mederos O., E. 1988. *Fruticultura*. Ed. Pueblo y Educación. La Habana, Cuba. 123 p.
- Medina G., G. y J.A. Ruiz C. 2004. Estadísticas climatológicas básicas del estado de Zacatecas (Periodo 1961-2003). Libro Técnico Núm. 3. INIFAP-CIRNOC-C.E. Zacatecas. Calera de V.R., Zacatecas, México. 240 p.
- Medina G., G., B. Cabañas C., J. A. Ruiz C., J. Madero T., S. Rubio D., A. Rumayor R., M. Luna F., C. Gallegos V., R. Gutiérrez S. y A. G. Bravo L. 2003. Potencial productivo de especies agrícolas en el estado de Zacatecas. Libro Técnico Núm. 2. INIFAP-CIRNOC. C. E. Zacatecas. 166 p.
- Medina M., M.C. y P. Cano. 1994. Aspectos generales del nogal pecanero. *In*: El nogal pecanero. Libro Técnico Núm. 1. INIFAP-CIRNE. 169 p.
- Medina O., S., A. González A., D.R. González E. y J.A. Ruíz C. 2001. Guía para producir cártamo en el Centro y Sur de Jalisco. INIFAP. CIRPAC. C.E. Centro Altos de Jalisco. Folleto para Productores Núm. 1. Tepatitlán de M., Jalisco, México.
- Mejía de T., M.S. 2002. Fisiología de la yuca (*Manihot esculenta* Crantz). *In*: Ospina, B. y Ceballos H. (Comp.); *La yuca en el tercer milenio –producción, procesamiento, utilización y comercialización-*. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). Cali, Colombia. pp. 34-45.
- Meki, M.N., A.R. Kemanian, S.R. Potter, J.M. Blumenthal, J.R. Williams, and T.J. Gerik. 2013. Cropping system effects on sorghum grain yield, soil organic carbon, and global warming potential in central and south Texas. *Agricultural Systems*, 117:19-29.
- Melgar, J.C., J.P. Syvertsen and F. Garcia S. 2008. Can elevated CO₂ improve salt tolerance in olive trees? *Journal of Plant Physiology*, 165:631-640.
- Mendiola U., M. A. y J. Martín M. 2009. *Plantas aromáticas gastronómicas*. Editorial Mundi-Prensa. Madrid, España. 191 p.

- Mendoza L., M.R. y G.A. Larios. 1993. Guía para el cultivo de durazno en la zona aguacatera de Michoacán (Una alternativa de producción). Folleto para productores No. 11. SARH-INIFAP. Morelia, Michoacán, México.
- Meng, G.T., G.X. Li, L.P. He, Y. Chai, J.J. Kong, and Y.B. Lei. 2013. Combined effects of CO₂ enrichment and drought stress on growth and energetic properties in the seedlings of a potential bioenergy crop *Jatropha curcas*. *Journal of Plant Growth Regulation*, 32(3):542-550.
- Menon, H.B. 1950. Guava culture. *Agric. Venezol.*, 15:45-47
- Menser, H.A. 1974. Responses of sugarbeet cultivars to ozone. *Journal of the ASSBT*, 18(1): 81-86.
- Mezadri, T., M. S. Fernandez P., D. Villano, M.C. García P. y A. M. Troncoso. 2006. El fruto de la acerola: composición y posibles usos alimenticios. *ALAN*, 56(2):101-109.
- Mhanhmad, S., P. Leewanich, V. Punsuvon, S. Chanprame, and P. Srinives. 2011. Seasonal effects on bunch components and fatty acid composition in durapil palm (*Elaeis guineensis*). *African Journal of Agricultural Research*, 6(6): 1835-1834.
- Miceli, A. A. Moncada and F. D'Anna. 2003. Effect of water salinity on seeds-germination of *Ocimum basilicum* L., *Eruca sativa* L. and *Petroselinum hortense* Hoffm. *Acta Hort. (ISHS)*, 609:365-370.
- Miller, P.R., B.G. McConkey, G.W. Clayton, S.A. Brandt, J.A. Staricka, A.M. Johnston, G. Lafond, B.G. Schatz, D.D. Baltensperger, and K. Neill. 2002. Pulse crop adaptation in the Northern Great Plains. *Agron. J.*, 94: 261-272.
- Mills, G., A. Buse, B. Gimeno, V. Bermejo, M. Holland, L. Emberson, and H. Pleijel. 2007. A synthesis of AOT40-based response functions and critical levels of ozone for agricultural and horticultural crops. *Atmospheric Environment*, 41(12): 2630-2643.
- Mina, U., P. Kumar, and C.K. Varshney. 2010. Effect of ozone exposure on growth, yield and isoprene emission from tomato (*Lycopersicon esculentum* L.) plants. *Vegetable Crops Research*, 72:35-48.
- Minard, H.R.G. 1978. Effect of clove size, spacing, fertilizers and lime on yield and nutrient content of garlic (*Allium sativum*). *New Zealand Journal of Experimental Agriculture*, 6: 139-143.
- Mínguez, M.I., B. Ruiz N., and F. Sau. 1993. Faba bean productivity and optimum canopy development under a Mediterranean climate. *Field Crops Research*, 22:435-447.
- Ministerio de Agricultura y Ganadería. 1991. Aspectos técnicos de cuarenta y cinco cultivos agrícolas de Costa Rica. Ministerio de Agricultura y Ganadería San José, Costa Rica. 559 p.
- Minoshima, H., L.E. Jackson, T.R. Cavagnaro, S. Sánchez M., H. Ferris, S.R. Temple, S. Goyal, and J.P. Mitchell. 2007. Soil food webs and carbon dynamics in response to conservation tillage in California. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 71:952-963.
- Miranda C., S. 1978. Evolución de cultivares nativos de México. *Ciencia y Desarrollo*, 3:130-131.
- Miranda, C. S. 1991. Evolución de *P. vulgaris* y *P. coccineus*. In: *Contribuciones al conocimiento del frijol (Phaseolus)* en México, E. M. Engleman (Ed.). Colegio de Postgraduados. Chapingo, Estado de México, México. pp. 83-99.
- Miranda L., D., C. Arce G., L.E. Gómez, J. Arboney G. y A.E. Bravo M. 1998. Caracterización de cultivares de *Annona muricata*. *Agronet*. http://www.agronet.gov.co/www/docs_si2/ (23 de febrero de 2013).
- Miyagi, K.M., T. Kinugasa, K. Hikosaka and T. Hirose. 2007. Elevated CO₂ concentration, nitrogen use, and seed production in annual plants. *Global Change Biology*, 13:2161-2170.
- Moccaldi, L.A. and E.S. Runkle. 2007. Modeling the effects of temperature and photosyn-

- thetic daily light integral on growth and flowering of *Salvia splendens* and *Tagetes patula*. J. Amer. Soc. Hort. Sci., 132(3):283-288.
- Mochizuki, M.J., O. Daugovish, M.H. Ahumada, S. Ashkan and C.J. Lovatt. 2010. Carbon dioxide enrichment may increase yield of field-grown red raspberry under high tunnels. Hort Technology, 20(1):213-219.
- Möcker D., D. Hofmann, K. Jung, J. Bender, and H.J. Weigel. 1996. The impact of ozone on the (15)n incorporation and nitrogen assimilation of wheat and maize. Isotopes Environ Health Stud., 32(2-3):181-90.
- Mohamed, H.A., J.A. Clark and C.K. Ong. 1988. Genotypic differences in the temperature responses of tropical crops. I. Germination characteristics of groundnut and pearl millet. J. Exp. Bot., 39:1121-1128.
- Mohamed, S.J. 2013. The effect of environmental factors on the physiology, yield and oil composition of safflower (*Carthamus tinctorius* L.). Doctor of Philosophy Thesis. Faculty of Science and Technology, University of Plymouth.
- Mohamed, S.J., A.J. Jellings, and M.P. Fuller. 2013. Positive effects of elevated CO₂ and its interaction with nitrogen on safflower physiology and growth. Agronomy for Sustainable Development, 33(3):497-505.
- Mokhtassi B., A., A. Akbari., M.J. Mirhadi., A.R. Pazoki., and S. Soufizadeh. 2007. Yield components, leaf pigment contents, patterns of seed filling, dry matter, LAI and LAID of some safflower (*Carthamus tinctorius* L.) genotypes in Iran. Pakistan Journal of Biological Sciences, 10(9):1406-1413.
- Monardes M., H. 2009. Requerimientos de clima y suelo. In: V. Escalona, P. Alvarado V., H. Monardes M., A. Martin B. (Ed.). Manual del cultivo de sandía (*Citrullus lanatus*) y melón (*Cucumis melo* L.). Nodo Hortícola, VI Región. pp. 10.
- Mondragón J., C. y S. Pérez G. 2003. El nopal (*Opuntia* spp.) como forraje. Enrique Arias, Stephen G. Reynolds y Manuel D. Sánchez (Coordinadores FAO). Estudio FAO Producción y Protección Vegetal Núm. 169. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, Roma. 169 p.
- Mondragón J., C., MR. Fernández M., y S. Pérez G. 2004. El chabacano o albaricoque: Alternativa frutícola para la región central de México. INIFAP-Centro de Investigación Regional del Centro. Campo Experimental Norte de Guanajuato. Folleto Técnico No. 1. 39 p.
- Monroig, M.F. 2001. El cafeto y el cambio climático. Universidad de Puerto Rico, Recinto Universitario de Mayagüez, Colegio de Ciencias Agrícolas. Servicio de Extensión Agrícola. Mayagüez, Puerto rico.
- Monselise, S.P. 1985. Citrus and related genera. In: CRC Handbook of flowering. Volume II (Abraham H. Halevy Ed.). CRC Press, Inc. Boca Raton, Florida, USA. pp. 275-294.
- Montaldo, P. 1982. Agroecología del trópico americano. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. Serie de Libros y Materiales Educativos Núm. 51. San José, Costa Rica.
- Montañez S., J., J. Venegas G., M. Vivar V., y E. Ramos R. 2011. Extracción, caracterización y cuantificación de los fructanos contenidos en la cabeza y en las hojas del *Agave tequilana* Weber Var. Azul. Bioagro, 23(3):199-206.
- Monteiro R., B., B. Dias S., R. Mansur N., and M. Guida S. 2010. Tolerance to water deficit in young trees of jackfruit and sugar apple. Revista Ciencia Agronómica, 41(2):245-252.
- Montero T., V., R. Ruíz M. y B. Xoconostle C. 2008. Systemic nature of drought-tolerance in common bean. Plant Signal Behav, 3(9):663-666.

- Montero, G., M. Muñoz, J. Doné, A. Rojo. 2004. Fijación de CO₂ por *Pinus sylvestris* L. y *Quercus pirenaica* Willd., en los montes Pinar de Valsaín y Matas de Valsaín. Investigación Agraria: Sistemas y Recursos Forestales, 13(2):399-416.
- Monterroso, V. A. and H.C. Wien. 1990. Flower and pod abscission due to heat stress in beans. Journal of the American Society of Horticultural Science 115: 631-634.
- Montes R., C., C. Villegas G., M.E. Lozano M., y L.D. Garzón R. 2009. Fenología de floración y fructificación en *Macadamia integrifolia*. Universidad del Cauca, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Grupo de Investigación para el Desarrollo Rural, Popayán, Cauca, Colombia.
- Montoya C., L. y B.F. Ochoa. 2006. Guía para producir Cártamo en Sonora. INIFAP-CIRNO-C.E. Valle del Yaqui-Sitio Exp. Valle del Mayo. Folleto para productores Núm. 37. Navojoa, Sonora, México.
- Mora M., J., J. Gamboa P. y R. Elizondo M. 2002. Guía para el cultivo del mango. INTA. San José, Costa Rica. 74 p.
- Morales P., J., D. Granados S. y J.J. Martínez H. 1986. Respuesta del amaranto a la fertilización química y orgánica en condiciones de temporal en dos áreas del estado de Tlaxcala. In: El Amaranto *Amaranthus* spp. (Alegría): Su cultivo y aprovechamiento. Memoria del 1er. Seminario Nacional del Amaranto. Compiladores: S.A. Trinidad, L.F. Gómez y R.G. Suárez. Chapingo, Edo. De México, México. pp. 152-174.
- Morales V., R. 1986. Taxonomía de los géneros *Thymus* (excluida la sección *Serpyllum*) y *Thymbra* en la Península Ibérica. Real Jardín Botánico. Ruizia 3. Madrid, España. 324 p.
- Morales, J. P. 1995. Cultivo del cilantro, cilantro ancho y perejil. Boletín Técnico No. 25. Fundación de Desarrollo Agropecuario, Inc. Santo Domingo, República Dominicana. 30 p.
- Morales R., E.J., J.A. Escalante E. y J.A. López S. 2007. Producción de biomasa y rendimiento de semilla en la asociación girasol-frijol en función del nitrógeno y fósforo. Ciencia Ergo, 14(2):177-183.
- Moreno D., R. 1992. Criterio para la interpretación de resultados de análisis de suelos. Documento de circulación interna. INIFAP-CIRCE. Campo Experimental Toluca. Toluca, Edo. de México. 25 p.
- Moreno S., Y. 1991. Fall-applied ethephon and temperature effects on flower bud growth and ovule longevity in *Prunus domestica*. Thesis of Master of Science in Horticulture. Oregon State University. Corvallis, OR., USA. 62 p.
- Morera, J.A. 2013. Zapote. In: La agricultura en Mesoamérica. FAO. http://www.rlc.fao.org/es/agricultura/produ/cdrom/contenido/libro09/Cap2_7.htm. (18 Octubre 2013).
- Morfin V., A., G. Castillo P. y A. Vizcaíno G. 2006. El cultivo de café (*Coffea arabica* L.) en Colima. Folleto Técnico Núm. 1. INIFAP-CIRPAC-C.E. Tecmán. 85 p.
- Morgan, D.C., I.J. Warrington and E.A. Halligan. 1985. Effect of temperature and photosynthetic photon flux density on vegetative growth of kiwifruit (*Actinidia chinensis*). New Zealand Journal of Agricultural Research, 28:109-116.
- Morin, Ch. 1967. Cultivo de frutales tropicales. 2da. Ed. Talleres Gráficos Pacific Press, S.A. Lima, Perú. 448 p.
- Morrison, M.J. and D.W. Stewart, 2002. Heat stress during flowering in summer *Brassica*. Crop Sci., 42:797-803.
- Morrison, M.J., 1993. Heat stress during reproduction in summer rape. Can. J. Bot., 71:303-308.
- Mortensen, L.M. 1992. Effects of ozone concentration on growth of tomato at various light, air humidity and carbon dioxide levels. Scientia Horticulturae, 49: 17-24.

- Mortensen, L.M. and H.R. Gislerod. 2006. The influence of carbon dioxide concentration during high-temperature periods on net photosynthesis of cut roses. *Acta Hort. (ISHS)* 711:89-96
- Mortley, D.G., C.K. Bonsi, P.A. Loretan, W.A. Hill, C.E. Morris. 2000. High relative humidity increases yield, harvest index, flowering, and genophore growth of hydroponically grown peanut plants. *HortScience*, 35(1): 46-48.
- Morton, J. F. 1987. *Fruits of warm climates*. Julia F. Morton. Echo Point Books and Media. Miami, Fl., USA. 550 p.
- Mosqueda V., R. 1980. La macadamia. Folleto Técnico Núm. 75. INIA-SARH. México, D.F. 28 p.
- Moss, G.I. 1969. Influence of temperature and photoperiod on flower induction and inflorescence development in sweet orange *Citrus sinensis* (L.) Osbeck. *J. Hort. Sci.*, 44:311-320.
- Mota C., C. 2011. Fijación de CO₂ en cultivos y sus implicaciones en el cambio climático. Tesis Doctoral. Universidad de Murcia, España. 210 p.
- Mota, C., L.C. Alcaraz, M. Iglesias, M.C. Martínez B., and A.M. Carvajal. 2011. Absorción de CO₂ por los cultivos más representativos de la región de Murcia. *Horticultura Global*, 294:58-63.
- Moureaux, C., A. Debacq, B. Bodson, B. Heinesch, and M. Aubinet. 2006. Annual net ecosystem carbon exchange by a sugar beet crop. *Agricultural and Forest Meteorology*, 139: 25-39.
- Moustakas N., K., K.A. Akoumianakis, and H.C. Passam. 2011. Patterns of dry biomass accumulation and nutrient uptake by okra *Abelmoschus esculentus* (L.) Moench under different rates of nitrogen application. *Australian J. of Crop Sci.*, 5(8):993-1000.
- Moutinho P., J., B. Gonçalves, E. Barcelar, J. Boaventura C., J. Coutinho, and C.M. Correia. 2009. Effects of elevated CO₂ on grapevine (*Vitis vinifera* L.): physiological and yield attributes. *Vitis*, 48:159-165.
- Muchow, R.C., T.R. Sinclair and J.M. Bennett. 1990. Temperature and solar radiation effects on potential maize yield across locations. *Agron. J.*, 82(2):338-343.
- Muehlbauer, F.J. and A. Tullu. 1997. *Cicer arietinum* L. NewCROP FactSHEET. Center for New Crops and Plant Products. Purdue University. <https://www.hort.purdue.edu/newcrop/cropfactsheets/chickpea>. (15 noviembre 2013).
- Muñoz, C., G. Sepúlveda and J. García H. 1986. Determining thermal time and base temperature required for fruit development in low-chilling peaches. *HortScience*, 21(3):520-522.
- Muñoz, F. 2002. *Plantas medicinales y aromáticas. Estudio cultivo y procesado*. 4ª. Reimpresión. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España. 369 p.
- Murga G., S. N. 2007. Nemátodos fitoparásitos asociados al cultivo de *Tagetes erecta* en el distrito Virú, La Libertad, Perú. *Neotropical Hemilthology*, 1(1):15-20 p.
- Murray, D.B. 1977. Coconut palm. *In: Ecophysiology of tropical crops* (Alvim, O. de T. y Kozlowski, T.T. Editors). Academic Press. Nueva York, USA. pp. 383 - 407.
- Mwanamwenge, J., S.P. Loss, K.H.M. Siddique, and P.S. Cocks. 1999. Effect of water stress during floral initiation, flowering and podding on the growth and yield of faba bean (*Vicia faba* L.) *European Journal of Agronomy*, 11:1-11.
- Nagao, M.A., K. D. Kobayashi and G.M. Yasuda. 1999. Síntomas de deficiencia mineral en café. Traducción: J.R. Perez Pérez, E. Escamilla y C. Quiroz. Centro Regional Universitario de Oriente. Universidad Autónoma de Chapingo. Huatusco, Veracruz, México. 27 pág.
- Nagaz, K., M.M. Masmoudi, and B. Mechlia N. 2012. Yield response of drip-irrigated onion under full and deficit irrigation with saline water in arid regions of Tunisia. *International Scholarly Research Network Agronomy Volume 2012*, 8 p.

- Naika, S., J. van L. de Jeude, M. de Goffau, M. Hilmi and B. van Dam. 2005. Cultivation of tomato. Production, processing and marketing. Agromisa Foundations and CTA, Wageningen. 92 p.
- Nakamura, E. 1985. Allium-Minor vegetables. In: CRC Handbook of flowering. Volume I (Abraham H. Halevy Ed.). CRC Press, Inc. Boca Raton, Florida, USA. pp. 410-418.
- Nakasone, H.Y. and R.E. Paull. 1998. Tropical Fruits. CAB International New York, USA. 445 p.
- Narwal, S.S., S. Poonia, G. Singh and D.S. Malik. 1986. Influence of sowing dates on the growing degree days and phenology of winter maize. *Agric. For. Meteorol.*, 38:47-57.
- Nava C. y M. Ricker. 2004. El Zapote Mamey [*Pouteria sapota* (Jacq.) H. Moore y Stearn], un fruto de la selva mexicana con alto valor comercial. Centro para la Investigación Forestal Internacional.
- Navarro G., S., R. Cruzaley S., J.M. Reyes, D.H. Noriega C., y F. Miranda S. 2002. Nueva alternativa tecnológica para producir maíz-jamaica en áreas potenciales de Guerrero. Folleto para productores Núm. 11. INIFAP. Campo Experimental Chilpancingo. Chilpancingo, Guerrero, México. 15 p.
- Navarro S., F. 1983. Marco de referencia del área. In: Frijol en el Noroeste de México. Tecnologías de producción. SARH-INIA-CIPAC. CAEVACU. C PIEAS. Culiacán, Sinaloa, México. pp. 1-28.
- Navarro, C. y M.A. Parra. 2008. Plantación. In: D. Barranco, R. Fernández Escobar y L. Rallo (Eds.); El cultivo del olivo. 6a. Ed. Mundiprensa-Consejería de Agricultura y Pesca. España. pp. 189-238.
- Nee, M. 1986. Solanaceae I (IV). In: Sosa, V. (Ed). Flora de Veracruz. Fascículo 49. Instituto Nacional de Ecología. Xalapa, Veracruz, México. 46 p.
- Neild, R.E. 1982. Temperature and rainfall influences on the phenology and yield of grain sorghum and maize: a comparison. *Agric. Meteorol.*, 27:79-88.
- Neild, R.E., J. Logan and A. Cárdenas. 1983. Growing season and phenological response of sorghum as determined from simple climatic data. *Agric. Meteorol.*, 30:35-48.
- Netafim. 2013. Chabacano. Mejores prácticas. Soluciones Netafim. <http://www.netafim-latinoamericana.com/crop/apricot> (15 febrero 2013).
- Nobel, P.S. and T.L. Hartsock. 1983. Relationships between photosynthetically active radiation, nocturnal acid accumulation and CO₂ uptake for a Crassulacean acid metabolism plant, *Opuntia ficus-indica*. *Plant Physiol.*, 71:71-75.
- Nobel, P.S. and T.L. Hartsock. 1984. Physiological responses of *Opuntia ficus-indica* to growth temperature. *Physiol. Plant.*, 60:98-105.
- Nobel, P.S. and T.L. Hartsock. 1986. Short-term and long-term responses of Crassulacean acid metabolism plants to elevated CO₂. *Plant Physiology*, 82:604-606.
- Nobel, P.S. 1988. Environmental biology of agaves and cacti. Cambridge Univ. Press. New York. 284 p.
- Nobel, P.S. and V. García de C. 1991. Growth and predicted productivity of *Opuntia ficus-indica* for current and elevated carbon dioxide. *Agron. J.*, 83:224-230.
- Nobel, P.S. 1995. Environmental biology. In: Agro-ecology, cultivation and uses of cactus pear. FAO Plant Production and Protection Paper Num. 132. Rome. pp 36-48.
- Nobel, P.S. and E. Pimienta B. 1995. Monthly stem elongation for *Stenocereus queretaroensis*: Relationships to environmental conditions, net CO₂ uptake and seasonal variations in sugar content. *Environmental and Experimental Botany*, 35(1):17-24.
- Nobel, P.S. 1996. Responses of some North American CAM plants to freezing temperatures and doubled CO₂ concentrations: implications of global climate change for extending cultivation. *Journal of Arid Environments*, 34:187-196.

- Nobel, P.S., A.A. Israel and N. Wang. 1996. Growth, CO₂ uptake, and responses of the carboxylating enzymes to inorganic carbon in two highly productive CAM species at current and doubled CO₂ concentrations. *Plant, Cell & Environment*, 19(5):585-592.
- Nobel, P.S., M. Castañeda, G. North, E. Pimienta B. y A. Ruiz. 1998. Temperature influences on leaf CO₂ exchange, cell viability and cultivation range for *Agave tequilana*. *Journal of Arid Environments*, 39:1-9.
- Nobel, P.S. 1998. Los incomparables agaves y cactus. Traducción Edmundo García Moya. Ed. Trillas. México, D.F. 211 p.
- Nobel, P.S. 2003. Ecofisiología de *Opuntia ficus-indica*. In: Mondragón J., C. y S. Pérez G., S. (Editores). El nopal (*Opuntia* spp.) como forraje. Estudio FAO Producción y protección vegetal, 169:17-24.
- Nortes T., P.A. 2008. Respuesta agronómica y fisiológica del almendro al riego deficitario: Indicadores de estrés hídrico. Tesis de Doctor en Ciencias. Departamento de Producción Vegetal. Universidad Politécnica de Cartagena. Cartagena, España. 194 p.
- North, G.B., T.L. Moore, and P.S. Nobel. 1995. Cladode development for *Opuntia ficus-indica* (Cactaceae) under current and doubled CO₂ concentrations. *American Journal of Botany*, 82:159-166.
- Nosti N., J. 1953. Cacao, café y té. Ed. Salvat. Barcelona.
- Nunes, M.A., J.F. Bierhuizen and C. Ploegman. 1968. Studies on the productivity of coffee. I. Effect of light, temperature and CO₂ concentration on photosynthesis of *Coffea arabica*. *Acta Bot. Neerl.*, 17:93-102.
- Nybe, E.V., N. Mini J., and K.V. Peter. 2007. Spices: Vol. 5. Horticulture Sciences Series. New India Publishing Agency. Pitam Pura, New Delhi, India. 316 p.
- Ober, E.S. and M.C. Luterbacher. 2002. Genotypic variation for drought tolerance in *Beta vulgaris*. *Annals of Botany*, 89:917-924.
- Ocampo S., R. A. y R. Valverde. 2000. Manual de cultivo y conservación de plantas medicinales. ENDA Caribe- TRAMIL. San José, Costa Rica. 137 p.
- Ochse, J.J., M.J. Soule, M.J. Dijkman y C. Wehlburg. 1972. Cultivo y mejoramiento de plantas tropicales y subtropicales. Editorial Limusa. México. Volúmenes I y II. 1536 p.
- Odrizola A., J. M. y J. Albertos G. 1972. Hojas divulgadoras de extensión agraria. El cultivo de la *Strelitzia*. No. 2/3-72H. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio ambiente. Madrid, España. 20 p.
- OIRSA. 2003. Manual de producción ecológica con énfasis en cultivos tropicales. OIRSA-VI-NIFEX. Petén, Guatemala. 76 p.
- Olajumoke S., S. 2010. Response of sweet potato *Ipomoea batatas* (L.) Lam to poultry manure and NPK fertilizer. Thesis. The Department of Plant Physiology and Crop Production, College of Plant Science and Crop Production. University of Agriculture, Ab. Eokuta, Ogun State, Nigeria. 34 p.
- Olalde G., V.M, J.A. Escalante E., P. Sánchez G., L. Tijerina C., E.M. Engleman y A.A. Mastache L. 2000. Eficiencia en el uso del agua, nitrógeno y rendimiento del girasol, en función del nitrógeno y densidad de población en clima cálido. *Terra*, 18:51-59.
- Olalde G., V.M., J.A. Escalante E. y A.A. Mastache L. 2001. Phenology, yield and water use efficiency of sunflower in function of environment and nitrogen. *Helia*, 24(35):111-128.
- Oliva, H., M.E Rodríguez, y C.M Noriega, 2009. LA acerola (*Malpighia glabra* L.) una buena opción para diversificar los frutales en Cuba. BNCA 28 No. 1. Instituto de Investigación en Fruticultura Tropical. UCTB. Alquízar, Cuba.
- Olivo, N., C.A. Martínez, and M.A. Oliva. 2002. The photosynthetic response to elevated CO₂ in high altitude potato species (*Solanum curtilobum*). *Photosynthetica*, 40(2):309-313.

- Olsen, J. 2001. Hazelnuts Nutrient Management Guide. Oregon State University. Extension Service. Leaflet EM8786. 4 p.
- Olszyk, D.M., B.K. Takemoto, G. Kats, P.J. Dawson, C.L. Morrison, J. Wolf Preston, and C.R. Thompson. 1992. Effects of open-top chambers on 'Valencia' orange trees. *Journal of Environmental Quality*, 21:128-134.
- Olufolaji, A.O., F.O. Odeleye, and O.D. Ojo. 2010. Effect of soil moisture stress on the emergence, establishment and productivity of *Amaranthus* (*Amaranthus cruentus* L.) *Agriculture and Biology of North America*, 1(6):1169-1181.
- Omae, H., A. Kumar, A. and M. Shono. 2012. Adaptation to high temperature and water deficit in the common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) during the reproductive period. *Journal of Botany*, 2012:1-6.
- Omae, H., A. Kumar, K. Kashiwaba, and M. Shono M. 2006. Influence of high temperature on morphological characters, biomass allocation, and yield components in snap bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Plant Production Science*, 9(3): 200-205.
- Ono, Y.K., K. Nakayama, and M. Kubota. 1974. Effects of soil temperature and soil moisture in podding zone on pod development of peanut plants. *Proc. Crop Sci. Soc. Jap.*, 43:247-251.
- Onwueme, I.C. 1992. Agrometeorology and ecophysiology of cassava. WMO/TD - No. 507. CagM Report No. 49. World Meteorological Organization. Geneva. 29 p.
- Oplinger, E.S., L.L. Hardman, E.T. Gritton, J.D. Doll and K.A. Kelling. 1997. *Alternative field crops manual*. University of Wisconsin, Madison-University of Minnesota, St. Paul. USA.
- Oppenheimer, C., 1978. Growing of subtropical fruit trees. *Publ. Am. Avod.*, pp. 251-256.
- Orduz R., J. O. y J. A. Rangel M. 2002. *Frutales tropicales potenciales para el piedemonte llanero*. CORPOICA-PRONATTA. Villavicencio, Meta, Colombia. 131 p.
- Orellana B., F.E., J.C. Escobar B., A.J. Morales de B., I.S. Méndez de S., R.A. Cruz V., y M.E. Castellón H., 2012. *Cultivo de chile dulce*. Guía Técnica. Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal. El Salvador. 49 p.
- Orona C., I., H. Aguilar P., M. Fortis H., J.J. Espinoza A., R. Zuñiga T., y G. González C. 2007. La producción de nuez pecanera (*Carya illinoensis* Koch) en el Norte de Coahuila. Memoria de la XIX Semana Internacional de Agronomía FAZ-UJED. 28-30 de Noviembre de 2007. Gómez Palacio, Durango, México. pp. 537-542.
- Orozco S., M. y O. S. López A. 1997. El cultivo del Tamarindo (*Tamarindus indica* L) en Colima México. SAGARPA, INIFAP, CIRPAC. Campo Experimental Tecomán. Colima, México. 32 p.
- Orozco S., M. 2001. El cultivo del Tamarindo (*Tamarindus indica* L.) en el trópico seco de México. Folleto Técnico No. 1. SAGARPA- INIFAP-CIRPAC. Campo experimental Tecomán. Tecomán, Colima, México. 90 p.
- Ortiz H., E. 2011. Paquete tecnológico del Hule (*Hevea brasiliensis* Muell Arg.). Producción de Planta. Programa Estratégico para el Desarrollo Rural Sustentable de la Región Sur-Sureste de México: Trópico Húmedo 2011. INIFAP- Centro de Investigación Regional Golfo Centro. C. E. El Palmar. Tezonapa, Veracruz, México. 16 p.
- Ortiz H., Y.D. and J.A. Carrillo S. 2012. Pitahaya (*Hylocereus* spp.) A short review. *Comunicata Scieintiae*, 3(4):220-237.
- Ortiz S., C. A. 1982. Agrometeorología. Departamento de Suelos. Universidad Autónoma de Chapingo. Chapingo, Edo. de México, México. 221 p.
- Ortiz, A., L. Riscos, y E. Somarriba. 2008. Almacenamiento y tasas de fijación de biomasa y carbono en sistemas agroforestales de cacao (*Theobroma cacao*) y laurel (*Cordia alliodora*). *Agroforestería en las Américas*, 46:26-29.

- Ortolani, A.A. 1986. Agroclimatología e o cultivo da seringueira no Estado de Sao Paulo. *In*: Simposio sobre o cultivo da seringueira no Estado de Sao Paulo. I, Piracicaba, SP. Campinas, Fundacao Cargill. pp. 11-32.2.
- Ortolani, A.A. 1993. Agroclimatología del hule en Brasil. Conferencia Técnica. Reunión Conjunta de los Grupos de Trabajo sobre Meteorología Agrícola de las ARIII y IV. Guatemala, Guatemala, 8-12 Febrero. 13 p.
- Ortolani, A.A., M.J. Pedro Junior, R.R. Alfonsi, A.P. Camargo e O. Brunini. 1982. Aptidao agroclimatica para regionalizacao da heveicultura no Brasil. *In*: Seminario Sobre Recomendacao de Clones de Seringueira, I, Brasilia. Anais Brasilia. EMBRAPA. pp. 17-28.
- Orwa, C., A. Mutua A, R. Kindt, R. Jamnadass, and A. Simons. 2009. Agroforestry Database: A tree reference and selection guide version 4.0. <http://www.worldagroforestry.org/> (15 febrero 2013).
- Osborne, J., C. Awmack, S. Clark, I. Williams, and V. Mills. 1997. Nectar and flower production in *Vicia faba* L. (field bean) at ambient and elevated carbon dioxide. *Apidologie*, 28(1):43-55.
- Osmond, D.L. and J. Kong. 2008. Nutrient removal by crops in North Carolina. Soil Facts AG-439-16W E08-RM-H. 5 p.
- Oszkinis, K. y A. Lisiecka. 1990. Gerbera. Traducción al español por Helena Leszczyńska-Borys y Agata Anna Borys. EDAMEX. México, D.F. 251 p.
- Ottman, M.J., B.A. Kimball, P.J. Pinter, G.W. Wall, R.L. Vanderlip, S.W. Leavitt, R.L. LaMorte, A.D. Matthias, and T.J. Brooks. 2001. Elevated CO₂ increases sorghum biomass under drought conditions. *New Phytologist*, 150:261-273.
- Ovalle M. C., M.I. González A., A. del Pozo L., J. Hirzel C. and V. Hernainz. 2007. Cover crops in organic raspberry production: Effects on soil nutrient content, and raspberry growth and yield. *Chilean Journal of Agricultural Research*, 67(3):271-280.
- Overstreet, L. 2009. A carbon budget to estimate soil carbon sequestration potential for sugar beet production. Proceedings of the ASA-CSSA-SSSA 2009 International Annual Meetings. Symposium Soil Carbon and Greenhouse Gases Dynamics in Agricultural Lands II. Nov 1-5, Pittsburgh, Pennsylvania, USA.
- Pagano, E., R. Wolosiuk, A. Chueca. 2010. Evolución del metabolismo fotosintético C₄ y los estados de transición C₃-C₄. *In*: Plantas C₄ y CAM. Editores: A. Chueca y J. L. González-Rebollar. Servicio de Publicaciones del Consejo Superior de Investigaciones Científicas. Madrid, España. pp. 19-30.
- Palma G., C.J., R.C. Reyes and L.Q. Manzon. 1972. Mangosteen (*Garcinia mangostana* L., Gutierrezia) *In*: Cultural Direction for Philippines Agricultural Crop. Vol. 1(Fruits). Bureau Plant Industry, Manila, Philippines. 169-172.
- Palma L., D. J., S. Salgado G., J. J. Obrador O., A. Trujillo N., L. del C. Lagunes E., J. Zavala C., A. Ruiz B. y M.A. Carrera M. 2002. Sistema integrado para recomendar dosis de fertilización en caña de azúcar (SIRDF). *TERRA Latinoamericana*, 20(3):347-358 p.
- Palou, L., C.H. Crisosto, J.L. Smilanick, J.E. Adaskaveg and J.P. Zoffoli. 2002. Effects of continuous 0.3 ppm ozone exposure on decay development and physiological responses of peaches and table grapes in cold storage. *Postharvest Biol. Technol.* 24:39-48
- Pan, Q., Z. Wang and B. Quebedeaux. 1998. Response of the apple plant to CO₂ enrichment: Changes in photosynthesis, sorbitol, and other soluble sugars and starch. *Aust. J. Plant Physiol.* 25:293-297.
- Pandey, R., P.M. Chacko, K.V. Prasad, M. Pal, and M.L. Choudhary. 2009. Physiological characterization of two rose (*Rosa hybrida* L.) cultivars grown under different levels of CO₂ enrichment. *Journal of Horticultural Science & Biotechnology* 84(1):35-40.

- Paoletti, E., A.M. Ferrara, V. Calatayud, J. Cerveró, F. Giannetti, M.J. Sanz, W.J. Manning. 2009. Deciduous shrubs for ozone bioindication: *Hibiscus syriacus* as an example. *Environmental Pollution*, 157:865-870.
- Paredes, J. I. de S. 2010. Los frutos del bosque o pequeños frutos en la cornisa cantábrica: el arándano. Gobierno de Cantabria. Consejería de Desarrollo rural, Ganadería, Pesca y Biodiversidad. Cantabria, España. 151 p.
- Parra Q., R.A., A.E. Becerril R., C. López C., y A. Castillo M. 2002. Crecimiento del manzano cv Golden Delicious sobre cuatro portainjertos en diferentes condiciones de humedad y nutrición. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 25(2):193-200.
- Parra Q., R.A., G. F. Acosta R., y J.G. Arreola A. 2005. Crecimiento y producción de zarzamora cv. Cheyenne con cubiertas orgánicas. *TERRA Latinoamericana*, 23 (2):233-240.
- Parrotta J.A. 1993. *Cocos nucifera* L. Coconut, coconut palm, palma de coco. New Orleans, LA: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station. SO-ITFSM,57:152-158.
- Parry, M.L., C. Rosenzweig, A. Iglesias, M. Livermore, and G. Fischer. 2004. Effects of climate change on global food production under SRES emissions and socio-economic scenarios. *Global Environmental Change*, 14:53-67.
- Parsons, D. 1987. Chicharo. Área: Producción vegetal, 12. Manuales para educación agropecuaria. Edit. Trillas. 112 p.
- Pascale, S. de, C. Ruggiero, and G. Barbieri. 2003. Growth, water relations and ion content of field-grown celery [*Apium graveolens* L. var. dulce (Mill.) Pers.] under saline irrigation. *JASHS*, 128(1):136-143.
- Paull, R.E. and N.J. Chen. 1990. Heat shock response in field-grown, ripening papaya fruit. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 115(4):623-631.
- Pavlousek, P. 2011. Evaluation of drought tolerance of new grapevine rootstock hybrids. *J. Environ. Biol.*, 32:543-549.
- Pennington, T. y J. Sarukhán K. 1998. Árboles tropicales de México. Manual para la Identificación de las principales especies. 2da. Ed. UNAM-Fondo de Cultura Económica. México, D.F. 521 p.
- Perales de la C., M.A., J.S. Padilla R., F. Esquivel V. y E. González G. 2002. Manejo agronómico. In: González Gaona E., Padilla Ramírez S., Reyes Muro L., Perales de la Cruz M.A., Esquivel Villagrana F. (Eds.), Guayaba su cultivo en México. INIFAP-CIRNOC-C.E. Pabellón. Pabellón, Aguascalientes, México. pp. 65-85.
- Perdomo R., F. y J. Mondragón P. 2009. *Raphanus sativus* L. Malezas de México, CONABIO. <http://www.conabio.gob.mx/malezasdemexico> (6 junio 2013).
- Pereira de S., A., M. Gaspar, E. Alves D.S., E.C. Ulian, A.J. Waclawovsky, M.Y. Nishiyama Jr. 2008. Elevated CO2 increases photosynthesis, biomass and productivity, and modifies gene expression in sugarcane. *Plant, Cell and Environment*, 31: 1116-1127.
- Pérez G., S. 1990. Manual para cultivar duraznero. Editorial Limusa-Noriega. México.
- Pérez G., S. 1995. Dinámica de la adopción de variedades de durazno, albaricoque y ciruelo en México. Primer Symposium Nacional e Internacional sobre producción de durazno, albaricoque y ciruelo. Querétaro y Zacatecas. Mayo 1995. pp. 45-59.
- Pérez, A.G., C. Sanz, J.J. Ríos, R. Olías and J.M. Olías. 1999. Effects of ozone treatment on post-harvest strawberry quality. *J. Agric. Food Chem.*, 47(4):1652-1656.
- Pérez B., M. H. y V. Valdivia V. 2004. Carambolo (*Averrhoa carambola* L.), su cultivo y producción en Nayarit. INIFAP, CIRPAC. Campo Experimental Santiago Ixcuintla. Folleto Técnico Núm. 2. Santiago Ixcuintla, Nayarit, México. 49 p.

- Pérez P., E. y D. Geissert K. 2006. Zonificación agroecológica de sistemas agroforestales: el caso de café (*Coffea arabica* L.) - palma camedor (*Chamaedorea elegans* Mart.). *Interciencia*, 31(8): 556-562.
- Pérez G., A., P. Posos P., J. Carreón A., J.L. Martínez R., J.C. Serratos A. and E. Pimienta B. 2009. Characterization of the climatic rankings for Jamaica (*Hibiscus sabdariffa* L.) crop in Jalisco, México. *Asian Journal of Plant Sciences*, 8(2):92-101.
- Pérez G., S. y M. R. Fernández M. 2010. Potencial del albaricoque (chabacano) en el Estado de Querétaro. *Memorias X Seminario de Investigación y Transferencia de Tecnología Agropecuaria en el Estado de Querétaro*. Santiago de Querétaro, 29 de Octubre de 2010. pp. 14-22.
- Pérez, U., A. Robredo, and A. Muñoz. 2012. Elevated CO₂ reduces stomatal and metabolic limitations on photosynthesis caused by salinity in *Hordeum vulgare*. *Photosynthesis Research*, 111(3):269.
- Pérez, M. 2013. Malvaceae. *Botánica y Jardines*. <http://www.botanicayjardines.com> (15 enero 2013).
- Pérez L., U., J. Miranda A., A. Muñoz R. y A. Mena P. 2013. Lettuce production and antioxidant capacity are differentially modified by salt stress and light intensity under ambient and elevated CO₂. *Journal of Plant Physiology*, 170(17):1517-1525.
- Persoglia, A. 2011. Cultivo de espinaca (*Spinacia oleracea*) para producción de semilla. *Agencia de Extensión Rural Gobernador Gregores*. INTA. Santa Cruz, Argentina. 10 p.
- Pertierra. R., J. Campos. and F. Carrasco. 2006. Characterization of asparagus (*Asparagus officinalis* L.) cultivar growth in pots in the first year. *Chilean Journal of Agricultural Research*.66(1):98-106.
- Pescie, M. A. y C. G. López. 2007. Inducción floral en arándano alto del sur (*Vaccinium corymbosum*), var. O'Neal. *RIA.*, 36(2):97-107.
- Phoenix, G.K., D. Gwynn J., T.V. Callaghan, D. Sleep and J.A. Lee. 2001. Effects of global change on a sub-Arctic heath: effects of enhanced UV-B radiation and increased summer precipitation. *Journal of Ecology*, 89(2):256-267.
- Pilbeam, C.J., J.K. Akastse, P.D. Hebblethwaite, and S.D. Wrighth. 1992. Yield production in two contrasting forms of spring-sown faba bean in relation to water supply. *Field Crops Research*, 29:273-287.
- Pimienta B., E., M.M. Loera y L.O. López. 1993. Estudio anatómico comparativo en colectas del subgénero *Opuntia*. *Agrociencia, Serie Fitociencia*, 4(3):7-22.
- Pimienta B., E. and P.S. Nobel. 1994. Pitaya (*Stenocereus* spp., Cactaceae): An ancient and modern fruit of Mexico. *Economic Botany*, 48(1):76-83.
- Pimienta B., E., C. Robles M. y A. Domínguez de la T. 1995. Estrategias fisiológicas y reproductivas de adaptación del pitayo a la aridez. *Ciencia*, 46:339-349.
- Pimienta B., E. y B.C. Ramírez H. 2004. Ecofisiología de la ciruela mexicana (*Spondias purpurea* L., Anacardiaceae). *Scientia-CUCBA*, 6(1):65-81.
- Pimienta B., E., J. Zañudo H., y J. García G. 2006. Fotosíntesis estacional en plantas jóvenes de *Agave tequilana*. *Agrociencia*, 40:699-709.
- Pimienta B., E., I. Castillo C., J. Zañudo H., L. Méndez M., y P.S. Nobel. 2007. Effects of shade, drought and daughter cladodes in the CO₂ uptake by cladodes of *Opuntia ficus-indica*. *Annals of Applied Biology*, 151(2):137-144.
- Plant Database (PD). 2012. *Prunus domestica* Opal. Plant database Ltd. Fact sheet. www.plantdatabase.co.uk/Prunus_domestica_Opal (26 octubre 2012).
- Poehlman, J.M. 1985. Adaptation and distribution. *In: Barley, Agronomy No. 26*. American Society of Agronomy. Crop Sci. Soc. of America Publishers. Madison, Wisconsin, USA.

- Poku, K. 2002. Small-scale palm oil processing in Africa. FAO Agricultural Services Bulletin 148. Food and Agriculture Organization of United Nations. Rome, Italy. 56p.
- Polowick, P.L. and V.K. Sawhney, 1988. High temperature induced male and female sterility in canola (*B. napus* L.). Ann. Bot. (London), 62: 83-86.
- Popenoe, W. 1920. Manual of tropical and subtropical fruits: excluding the banana, coconut, pineapple, citrus fruits, olive and fig. The MacMillan Co. New York, USA. 474 p.
- Porch, T.G. 2006. Application of stress indices for heat tolerance screening of common bean. J. Agronomy and Crop Science. 192:390-394.
- Porta, J., M. López A. y C. Roquero. 1999. Edafología para la agricultura y el medio ambiente. 2ª. Ed. Mundi-Prensa. Bilbao, España. 849 p.
- Pospišilová, J., H. Synková, D. Haisel, J. Čatský, N. Wilhelmová, and F. Šrámek. 1999. Effect of elevated CO₂ concentration on acclimation of tobacco plantlets to *ex vitro* conditions. J. Exp. Bot., 50 (330):119-126.
- Prabhavathi, V.R. and M.V. Rajam. 2007. Polyamine accumulation in transgenic eggplant enhances tolerance to multiple abiotic stresses and fungal resistance. Plant Biotechnology, 24:273-282.
- Prasad, P.V.V., K.J. Boote, L.H. Allen, and J.M.G. Thomas. 2003. Super-optimal temperatures are detrimental to peanut (*Arachis hypogaea* L.) reproductive processes and yield at both ambient and elevated carbon dioxide. Global Change Biology, 9:1775-1787.
- Preciado, RP.; A. Lara H., M.A. Segura C., E.O. Rueda P., J.A. Orozco V., C.P. Yescas, J.A. Montemayor T. 2007. Amonio y fosfato en el crecimiento de plántulas de chile jalapeño. Terra Latinoamericana, 26:37-42.
- Pressman, E. and M. Negbi. 1980. The effect of daylength on the response of celery to vernalization. J. Exp. Bot., 31:1291-1296.
- Pressman, E. and M. Sachs. 1985. *Apium graveolens*. In: CRC Handbook of flowering. Volume I (Abraham H. Halevy Ed.). CRC Press, Inc. Boca Raton, Florida, USA. pp. 485-491.
- Pressman, E., H. Moshkovith, K. Rosenfeld, R. Shaked, B. Gamaliel, and B. Aloni. 1998. Influence of low night temperatures on sweet pepper flower quality and de effect of repeated pollinations, with viable pollen, on fruit setting. Journal of Horticultural and Biotechnology, 73(1):131-136.
- Pretty, J., S. Ball, L. Xiaoyun, and L.H. Ravindranath. 2002. The role of sustainable agriculture and renewable-resource management I reducing greenhouse-gas emissions and increasing sinks in China and India. Philosophical Transactions of the Royal Society, A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences, 360(1797):1741-1761.
- Pröebsting, E.L. and H.H. Mills. 1978. Low temperature resistance of developinf flower buds of six deciduos fruit species. J. Am. Hortic. Sci., 103(2):192-198.
- Pröebsting, E.L., Jr. and J.E. Middleton. 1980. The behavior of peach and pear trees under extreme drought stress. JASHS, 105(3):380-385.
- Proyecto de Modernización de los Servicios de Tecnología Agrícola (PROMOSTA). 2005a. Guías Tecnológicas de Frutas y Vegetales: El cultivo de la carambola. Dirección de Ciencia y Tecnología Agropecuaria. La Lima, Cortés, Honduras. 11 p.
- Proyecto de Modernización de los Servicios de Tecnología Agrícola (PROMOSTA). 2005b. Guías Tecnológicas de Frutas y Vegetales: El cultivo de la guayaba. Dirección de Ciencia y Tecnología Agropecuaria. La Lima, Cortés, Honduras. 12 p.
- Proyecto de Modernización de los Servicios de Tecnología Agrícola (PROMOSTA). 2005c. Guías tecnológicas de frutas y vegetales: El cultivo de la yuca. Dirección de Ciencia y Tecnología Agropecuaria. La Lima, Cortés, Honduras. 12 p.

- Puccio, P. 2013. *Tagetes erecta*. <http://www.photomazza.com/?Tagetes-erecta&lang=es> (28 de noviembre 2013).
- Purdue University. 2011a. *Solanum tuberosum* L. Center for New crops and Plants. http://www.hort.purdue.edu/newcrop/duke_energy/Solanum_tuberosum. (10 agosto 2012).
- Purdue University. 2011b. *Daucus carota* L. Center for New crops and Plants. http://www.hort.purdue.edu/newcrop/duke_energy/Solanum_tuberosum. (5 agosto 2012).
- Purseglove, J.W. 1985. Tropical crops: Monocotyledons. Longman Scientific and Technical. N.Y., U.S.A. 607 p.
- Purseglove, J.W. 1987. Tropical crops: Dycotiledons. Longman Scientific and Technical. Singapore. 719 p.
- Putievsky, E. 1983. Effects of day length and temperature on growth and yield components of three seed spices. *Horticultural Abstracts*, (53)61:16.
- Qaderi, M.M., and D.M. Reid. 2005. Growth and physiological responses of canola (*Brassica napus*) to UV-B and CO₂ under controlled environment conditions. *Physiologia Plantarum*, 125: 247-259.
- Qaderi, M.M., L.V. Kurepin, and D.M. Reid. 2006. Growth and physiological responses of canola (*Brassica napus*) to three components of global climate change: temperature, carbon dioxide and drought. *Physiologia Plantarum*, 128: 710-721.
- Quagliotto, L., U. Franceschetti y P. Belletti. 1990. Prezemolo (*Petroselinum sativum* Hoffm.). Cap. 9. In: Horticultura. Bianco, V. e Pimpine. Pp. 187-191.
- Quintero D., R. 1995. Fertilización y nutrición. In: El cultivo de la caña en la zona azucarera de Colombia. Centro de Investigación de la caña de azúcar en Colombia (CENICAÑA). Cali, Colombia. pp. 153-177.
- Quispe S., M., A. Muñoz O., J. Velázquez M., A. Martínez G. 1994. Selección de genotipos de arroz (*Oriza sativa* L.) bajo el sistema de riego sequía. *Agrociencia, Serie Fitociencia*, 5(2):75-90.
- Rabinowitch, H.D. 1985. Onions and other edible Alliums. In: CRC Handbook of flowering. Volume I (Abraham H. Halevy Ed.). CRC Press, Inc. Boca Raton, Florida, USA. pp. 398-409.
- Racsó, J.; Z. Szabó, and J. Nyéki. 2005. Effect of nutrient supply on fruit quality of apple (*Malus domestica* Borkh.). *Journal Central European of Agriculture*, 6(1):35-42.
- Rahim, M.A. and R. Fordham. 1991. Effect of shade on leaf and cell size and number of epidermal cells in garlic (*Allium sativum*). *Ann. Bot.*, 67(2):167-171.
- Rahman K., K. Waseem, M. Kashif, M.S. Jilani, M. Riran, Ghazanfarullah, M. Mamoona-Ur-Rashid. 2012. Performance of different okra (*Abelmoschus esculentus* L.) cultivars under the agro-climatic conditions of Dera Ismail Khan. *Pakistan Journal of Science*, 64(4):316-319.
- Rahman, M.H., A.W. Holmes, A.G. McCurran, and S.J. Saunders. 2010. Carbon sequestration in kiwifruit soils of New Zealand. 19th World Congress of Soil Science, Soil Solutions for a Changing World 1-6 August 2010, Brisbane, Australia. Published on DVD. pp.66-69.
- Rai, R., and M. Agrawal. 2012. Impact of tropospheric ozone on crop plants. *Proceedings of the National Academy of Sciences, India Section B: Biological Sciences*, 82(2):241-257.
- Rajagopal, V., K.V. Kasturi B., and N. Kumar. 2005. Breeding for drought tolerance in coconut: Status a potentials. In: Pons Batugal, V. Ramanatha Rao and Jeffrey Oliver (Eds.). *Coconut Genetic Resources*. International Plant Genetic Resources Institute. pp. 282-331.
- Rallo, L. y J. Cuevas. 2008. Fructificación y producción. In: D. Barranco, R. Fernández Escobar y L. Rallo (Eds.): *El cultivo del olivo*. 6a. Ed. Mundiprensa-Consejería de Agricultura y Pesca. España. pp. 127-162.

- Ramesh, K., V. Singh, and N.W. Megeji. 2006. Cultivation of Stevia (*Stevia rebaudiana*): A comprehensive review. *Advances in Agronomy*, 89: 137-177.
- Ramírez A., J., B. Cárdenas G., V. Gutiérrez A., S. Blanco J. y J.G. Cerón B. 2013. Variación de las concentraciones de ozono en zonas agrícolas del Valle de México. BVSDE. <http://www.bvsde.paho.org/metaiah/search.php> (23 de septiembre de 2013).
- Ramírez G., J.A. 2004. Efecto del incremento de la concentración de dióxido de carbono atmosférico sobre la fotosíntesis en la planta de café *Coffea arabica* L. cv Caturra. Universidad de Caldas-Facultad de Ciencias Agropecuarias. Manizales, Colombia. 80 p.
- Ramírez J. 1999. Impacto del Ozono sobre las Especies Agronómicas Fundamentales. Proyecto concluido. Ministerio de Ciencias Tecnologías y Medio Ambiente. La Habana, Cuba.
- Ramírez T., C. Alix C., y A. Rafie. 2012. Manual para el cultivo y propagación de rambután en Honduras. Proyecto de Gestión sostenible de los recursos naturales y cuencas del corredor biológico mesoamericano en el Atlántico Hondureño.
- Rapčan, I., G. Bukvić, S. Grljušić, T. Teklić and M. Jurišić. 2006. Field pea (*Pisum sativum* L.) biomass production depended on seed age and agroecological growth conditions. *Poljoprivreda* 12(2):29-35.
- Rao, B.B., U. Triveni, N. Harisatyanarayana, P. Latha, N.V. Rao, and V.U.M. Rao. 2013. Influence of weather on the fibre yield of mesta (*Hibiscus sabdariffa*) in the north coastal zone of Andhra Pradesh, India. *Archives of Agronomy and Soil Science*, 59(7):989-999.
- Rawson, H.M., R.L. Dunstone, M.J. Long and J.E. Begg. 1984. Canopy development, light interception and seed production in sunflower as influenced by temperature and radiation. *Australian Journal of Plant Physiology*, 11:255-265.
- Raygadas Z., S. 2005. Manual técnico para el cultivo de la palma aceitera. Comisión Nacional para el Desarrollo y Vida sin Drogas- Proyecto de Desarrollo Alternativo To-cache-Uchiza. Lima Perú. pp. 27-35.
- Razo, C., C. Ludeña, A. Saucedo, S. Astete M., J. Hepp y A. Vildósola. 2007. Producción de biomasa para biocombustibles líquidos: el potencial de América Latina y el Caribe. CEPAL. Serie Desarrollo Productivo No. 181. Santiago de Chile, Chile. 85 p.
- Reche M., J. 2008. El cultivo de melón en invernadero. Junta de Andalucía. Consejería de Agricultura y Pesca. Colección Agricultura. Serie Horticultura. España. pp. 99-155.
- Reddy, A. R. and V.S. Das. 2000. Photosynthesis and kinetic characteristics of rubisco in *Hibiscus cannabinus* L. *Indian J. Exp. Biol.* 38(8):841-844.
- Reddy, D.V.S., A.K. Upadhyay, P. Gopaldasundaram, and H. Khan. 2002. Response of high yielding coconut variety and hybrids to fertilization under rainfed and irrigated conditions. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 62(2):131-132.
- Reekie, E.G., G. MacDougall, I. Wong, and P. R. Hicklenton. 1998. Effect of sink size on growth response to elevated atmospheric CO₂ within the genus *Brassica*. *Can. J. Bot.*, 76:829-835.
- Rees, A.E. 1961. Midday closure of stomata in the oil palm *Elaeis guineensis*. *Jaq. J. Exp. Botany*, 12(1): 129-146.
- Reich, P.B. and R.G. Amundson, R. G. 1985. Ambient levels of ozone reduce net photosynthesis in tree and crop species. *Science*, 230(4725):566-570.
- Reinert, R.A., G. Eason, and J. Barton. 1997. Growth and fruiting of tomato as influenced by elevated carbon dioxide and ozone. *New Phytologist*, 137(3):411-420.
- Reinke, R.F. 1993. Application to release YRM34 (Jarrah). Dep. Agric.: NSW, Australia.
- Reitz, S.R., D.N. Karowe, M.M. Diawara, and J.T. Trumble. 1997. Effects of elevated atmospheric carbon dioxide on the growth and linear furano coumarin content of celery. *J. Agric. Food Chem.*, 45:3642-3646.

- Rejab, M., C.S. Teck, K.M. Zain, and M. Muhamad. 2008. Mangosteen. *In*: Kwok, C.Y., Lian, T.S., Jamaluddin, S.H. (Eds.). *Breeding Horticultural Crops*. MARDI, Malaysia. pp. 155-174.
- Renquist, A.R., H.G. Hughes, M.K. Rogoyski. 1989. Combined high temperature and ultraviolet injury of red raspberry fruit. *HortSci.*, 24(4):597-599.
- Repellin, A., C. Daniel, and Y. Zuily-Fodil. 1994. Merits of physiological tests for characterizing the performance of different coconut varieties subjected to drought. *Oleagineux*, 49(4):155-169.
- Retzlaff, W. A., L. E. Williams, and T. M. DeJong. 1991. The effect of different atmospheric ozone partial pressures on photosynthesis and growth of nine fruit and nut tree species. *Tree Physiology*, 8:93-105.
- Reuther, W. 1973. Climate and citrus behavior. *In*: The citrus industry Vol. 3. W. Reuther (Ed.). Div. Agric. Sci., Univ. California. Berkeley, Cal. USA. pp. 280-337.
- Reveles H., M., R. Velázquez V. y A.G. Bravo L. 2009. Tecnología para cultivar ajo en Zacatecas. Libro Técnico No. 11. Campo Experimental Zacatecas-INIFAP. Calera de V.R., Zacatecas, México. pp. 74-87.
- Reyes R., E., L. E. Padilla B., O. Pérez V., y P. López J. 2008. Historia, naturaleza y cualidades alimentarias del frijol. *Revista Investigación Científica*, 4(3):1-21.
- Reyna T., T. 1986. Requerimientos climáticos para el cultivo del amaranto. *In*: Antonio Trinidad Santos, Federico Gómez Lorence y Guadalupe Suárez Ramos (Compiladores). *El Amaranto *Amaranthus* spp. (Alegria): Su cultivo y aprovechamiento*. Memoria del 1er. Seminario Nacional del Amaranto. Colegio de Postgraduados. pp. 81-89.
- Reynolds S., G. y E. Arias J. 2003. Introducción. *In*: Candelario Mondragón-Jacobo y Salvador Pérez-González (Ed.). *El nopal (*Opuntia* spp.) como forraje*. Estudio FAO Producción y Protección Vegetal, 169:1-6.
- Reynolds, M.P. and E.E. Ewing. 1989. Effects of high air and soil temperature stress on growth and tuberization in *Solanum tuberosum*. *Ann. Bot.*, 64(3):241-247.
- Reynoso S., R., A. J. García M., W. López B. y A. López L. 2012. Identificación taxonómica de las especies de agave utilizadas para la elaboración del licor Comiteco en Chiapas. Folleto Técnico Núm. 14. INIFAP-CIRPAS-C.E. Centro de Chiapas. Ocozocoautla de Espinosa, Chiapas, México. 24 p.
- Rezende, F.C., J.A. Frizzone, T.A. Botrel, and A.S. Pereira. 2002. Plantas de pimentão cultivadas em ambiente enriquecido com CO₂. I. Crescimento vegetativo. *Acta Scientiarum Agronomy*, 24(5):1517-1526.
- Rezende, F.C., J.A. Frizzone, T.A. Botrel, and A.S. Pereira. 2002a. Plantas de pimentão cultivadas em ambiente enriquecido com CO₂. III. Características dos frutos. *Acta Scientiarum Agronomy*, 24(5):1535-1540.
- Richardson, A.C., K.B. Marsh, H.L. Boldingh, A.H. Pickering, S.M. Bulley, N.J. Frearson, A.R. Ferguson, S.E. Thornber, K.M. Bolitho, and E.A. Macrae. 2004. High growing temperatures reduce fruit carbohydrate and vitamin C in kiwi fruit. *Plant, Cell and Environment* 27:423-435.
- Rincón L., C. Pellicer, J. Sáez, A. Pérez y A. Abadía. 2002. Crecimiento vegetativo y absorción de nutrientes del apio en fertirrigación. *Invest. Agr.: Prod. Prot. Veg.* Vol. 17 (2).
- Rivelli, A.R., P. Gherbin, S. De Maria, and S. Pizza. 2008. Field evaluation of *Amaranthus* species for seed and biomass yields in southern Italy. *Italian Journal of Agronomy/Riv. Agron.*, 3:225-229.
- Roberts, E.H., P. Hadley and R.J. Summerfield. 1985. Effects of temperature and photoperiod on flowering in chickpeas (*Cicer arietinum* L.). *Annals of Botany*, 55:881-892.

- Roberts, E.H., R.J. Summerfield, F.J. Muehlbauer and R.W. Short. 1986. Flowering in lentil (*Lens culinaris* Medic.): The duration of the photoperiodic inductive phase as a function of accumulated daylength above the critical photoperiod. *Annals of Botany*, 58:235-248.
- Robinson, M. 1983. Influence of Abscisic Acid and Ethylene on Assimilate Distribution in *Gladiolus grandiflorus*. *Annals of Botany*, 51(6):779-785.
- Robledo T., V., M.M. Ramírez G., M.E. Vázquez B., N.A. Ruiz T., V.M. Zamora V. y F. Ramírez G. 2010. Producción de semilla de calabacita italiana (*Cucurbita pepo* L.) con acolchados plásticos fotoselectivos. *Rev. Fitotec. Mex.*, 33(3):265-270.
- Robles S., R. 1991. Producción de oleaginosas y textiles. Editorial Limusa. México, D.F. 675 p.
- Rodrigo, J. and M. Herrero. 2001. Effects of pre-blossom temperatures on flower development and set in apricot. *Scientia Horticulturae*, 92(2):125-135.
- Rodríguez A., J. y E. Avitia. 1984. El cultivo de la frambuesa roja. Colegio de Postgraduados. Chapingo, Estado de México. 33 p.
- Rodríguez C., F. y D.J. Maldonado. 1983. Tecnología de producción. *In: Frijol en el Noroeste de México*. SARH-INIA-CIPAC. CAEVACU. CPIPEAS. Culiacán, Sinaloa, México. pp. 71-98.
- Rogers, D.H. 1997. Irrigation. *In: Soybean Production Handbook*. Kansas State University. Agricultural Experiment Station and Cooperastive Extension Service. Kansas State, U.S.A. pp. 15-19.
- Rogers, H.H., G.B. Runion, and S.V. Krupa, 1994. Plant responses to atmospheric enrichment with emphasis on roots and the rhizosphere. *Environmental Pollution*, 83:155-189.
- Rogers, R., E.A. Ainsworth, A.D.B. Leakey. 2009. Will elevated carbon dioxide concentration amplify the benefits of nitrogen fixation in legumes? *Plant Physiol.*, 151(3):1009-1016.
- Roh, R.M. 1984. Growth and flowering of gerbera (*Gerbera jamesonii*) influenced by temperatures, light and growth regulators. *HortScience*, 19(3):595.
- Rojas M., P. 1961. Aprovechamiento de las zonas áridas. Cultive nopal tierno. *Agronomía* 79. ITESM. Monterrey, N.L., México.
- Rojas, O.E. y M. Eldin. 1983. Zonificación agroecológica para el cultivo de caña de azúcar en Costa Rica. *Turrialba*, 33(2):151-160.
- Royo M., G. E., R. Martínez R. y J. Jasso M. 2011. El cultivo del hule en México. Libros técnicos: Serie Forestal. Universidad Autónoma Indígena de México-Colegio de Postgraduados. México, D.F. 334 p.
- Royo M., G. E., J.J. Mata., J.J. Vargas H., D.J. Palma L. 2005. Biomasa aérea en plantaciones comerciales de hule (*Hevea brasiliensis* Mull. Arg.) en el estado de Oaxaca. *Agrociencia*, 39(4):449-456.
- Romanova, A.K., V.A. Mudrik, N.S. Novichkova, R.N. Demidova and V.A. Polyakova. 2002. Physiological and biochemical characteristics of sugar beet plants grown at an increased carbon dioxide concentration and at various nitrate doses. *Russian Journal of Plant Physiology*, 49(2):204-210.
- Romanovskaja, D. and E. Bakšiene. 2009. Influence of climate warming on beginning of flowering of apple tree (*Malus domestica* Borkh.) in Lithuania. *Agronomy Research*, 7(1):87-96.
- Rondanini, D., A. Mantese, R. Savin and A.J. Hall. 2006. Responses of sunflower yield and grain quality to alternating day/night high temperature regimes during grain filling: effects of timing, duration and intensity of exposure to stress. *Field Crops Research*, 96(1):48-62.
- Roper, T.S. and L.E. Williams. 1989. Effects of ambient and acute partial pressures of ozone on leaf net CO₂ assimilation of field-grown *Vitis vinifera* L. *Plant Physiol*, 91: 1501-1506.
- Rosales S., R., P. Ramírez V., J.A. Acosta G., F. Castillo G., y J.D. Kelly. 2000. Rendimiento de grano y tolerancia a la sequía del frijol común en condiciones de campo. *Agrociencia*

- cia, 34(2):153-165.
- Rosenthal, D.M., A. M. Locke, M. Khozaei, C.A. Raines, S.P. Long, and D.R. Ort. 2011. Over-expressing the C₃ photosynthesis cycle enzyme Sedoheptulose-1-7 Bisphosphatase improves photosynthetic carbon gain and yield under fully open air CO₂ fumigation (FACE). *BMC Plant Biology*, 11(123):12 p.
- Ruehle, G.D. 1959. Growing guavas in Florida. *Agric. Ext. Serv. Grandville, Florida. Bull.* 170. pp. 3.
- Rugchati, O. and T. Thanacharoenchanaphas. 2011. Simulation of increased ambient ozone to estimate nutrient content and genetic change in two thai soybean cultivars. *World Academy of Science, Engineering and Technology*, 59:2599-2601.
- Ruiz C., J.A. 1984. Informe anual de investigación. Programa de Oleaginosas. Documento Inédito. INIA-CIANOC-C.E. Los Cañones. Jalpa, Zac. 35 p.
- Ruiz C., J.A. 1985. Informe anual de investigación. Programa de Agroclimatología. Documento inédito. INIA-CIANOC-C.E. Los Cañones. Jalpa, Zac. 55 p.
- Ruiz C., J.A. 1991. Caracterización fenológica del guayabo. Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados-Centro de Edafología. Montecillo, México. 78 p.
- Ruiz C., J.A., C. Ortiz, L. Aceves y E. Becerril. 1992. Caracterización fenológica del guayabo. *AGROCIENCIA Serie Agua-Suelo-Clima* 3(2):95-114.
- Ruiz C., J.A. 1993. Zonas con potencial agroclimático para el cultivo de guayaba en los Estados de Zacatecas y Aguascalientes. *FITOTECNIA* 16(1):69-78.
- Ruiz C., J.A. y G. Medina. 1993. Cómo pronosticar la fenología del guayabo en los Estados de Zacatecas y Aguascalientes. Folleto Técnico Núm. 6. INIFAP-C.E. Zacatecas. Calera de V.R., Zac. 23 p.
- Ruiz C., J.A. y L. Soltero D. 1993. Necesidades térmicas para la floración de sorgo en la Ciénega de Chapala. *FITOTECNIA* 16(1): 79-87.
- Ruiz C., J.A. 1996. Informe de inspección a parcelas de sorgo por daño aparente de frío. Documento inédito. CARGILL Co. Guadalajara, Jalisco, México.
- Ruiz C., J.A., H.E. Flores, R.A. Martínez, D.R. González y L. Nava. 1997. Determinación del potencial productivo de especies vegetales para el Distrito de Desarrollo Rural de Zapopan, Jalisco. Folleto Técnico Núm. 5. INIFAP-CIRPAC-C.E. Centro de Jalisco. Tlajomulco de Z., Jal. México. 60 p.
- Ruiz-Sánchez, R., R. Domingo, R. Savé, C. Bield and A. Torrecillas. 1997. Effects of water stress and rewatering on leaf water relations of lemon plants. *Biologia Plantarum*, 39(4):623-631.
- Ruiz C., J.A. 1998. Análisis de las condiciones ambientales de las regiones productoras de pitaya en Jalisco, México. Documento inédito. INIFAP-CIRPAC. C.E. Centro Altos de Jalisco. Guadalajara Jalisco.
- Ruiz C., J.A., J.J. Sánchez G., and M.M. Goodman. 1998. Base temperature and heat unit requirement of 49 mexican maize races. *Maydica*, 43:277-282.
- Ruiz C., J. A., G. Medina G., I.J. González A., C. Ortiz T., H.E. Flores L., R.A. Martínez P., y K.F. Byerly M. 1999. Requerimientos agroecológicos de cultivos. Libro Técnico Núm. 3. 1ª. Ed. INIFAP-Conexión Gráfica. Centro de Investigación Regional del Pacífico Centro, Campo Experimental Centro de Jalisco. Guadalajara, Jalisco, México. 324 p.
- Ruiz C., J.A., H.E. Flores L., J.L. Ramírez D., y D.R. González E. 2002. Temperaturas cardinales y duración del ciclo de madurez del híbrido de maíz H-311 en condiciones de temporal. *Agrociencia*, 36(5):569-577.
- Ruiz C., J.A. 2007. Requerimientos agroecológicos y potencial productivo del agave *Agave tequilana* Weber. pp. 11-36. *In: Pérez-Domínguez, J.F. y J.I. del Real Laborde, Editores. Conocimiento y prácticas agronómicas para la producción de Agave tequilana We-*

ber en la zona de denominación de origen del tequila. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias. Centro de Investigación Regional Pacífico Centro. Libro Técnico Núm. 4.

- Ruiz C., J.A., N. Durán P., J. de J. Sánchez G., G. Medina G., P. Zarazúa V., D. R. González E., J. Ron P., J. L. Ramírez D., L. de la Cruz L. y H. E. Flores L. 2009. Actual and potential geographical distribution of maize (*Zea mays* L.) landraces in México. Res. Adv. In Crop Science, (2):1-23.
- Rumayor R., A., J.A. Zegbe y G. Medina. 1998. Use of GIS to describe suitable production areas for peach. In: Proc. Fourth Inter. Peach Symposium. R. Monet (Editor) Acta Hort. 465, ISHS.
- Rumayor R., A., J.J. Llamas Ll., J. Mena C., A. Lara H. y M. Luna F. 2009. Efecto del cambio climático en Durazno: datos preliminares y propuestas. INIFAP. Campo Experimental Zacatecas.
- Runeckles, V.C. and S.V. Krupa. 1994. The impact of UV-B radiation and ozone on terrestrial vegetation. Environ. Pollut., 83: 191-213.
- Ruppenthal, V. and A.M. Conte C. 2005. Effect of urban waste compost on nutrition and yield of gladiolus. Revista Brasileira de Ciência do Solo, 29(1):145-150.
- Russelle, M.P., W.W. Wilhelm, R.A. Olson and J.F. Power. 1984. Growth analysis based on degree days. Crop Sci., 24:28-32.
- Rylski, I. 1985. Capsicum. In: CRC Handbook of flowering. Volume II (Abraham H. Halevy Ed.). CRC Press, Inc. Boca Raton, Florida, USA. pp. 140-146.
- Rylski, I. and M. Spiegelman. 1982. Effects of different diurnal temperature combinations on fruit set of sweet pepper. Sci. Hort. 17: 101-106.
- Rzedowski, J. 1983. Vegetación de México. Ed. LIMUSA. México, D.F. 432 p.
- Sage, R.F., T.D. Sharkey and J.R. Seemann. 1989. Acclimation of photosynthesis to elevated CO₂ in five C₃ species. Plant Physiol., 89:590-596.
- Sajjapongse, A., M.H. Wu and Y.C. Roan. 1988. Effect of planting date on growth and yield of sweet potatoes. HortScience, 23(4):698-699.
- Sakaguchi, M. e K. Tatsuiko. 1982. As pesquisas japonesas com *Stevia rebaudiana* (Bert.) Bertoni e o esteviosídeo. Ciencia e Cultura, 34(2):235-248.
- Salaya D., J.M., E. Carrillo A., O.L. Palacios V., L.A. Aceves N., y J.F. Juárez L. 2002. Respuesta del cultivo de sandía (*Citrullus vulgaris* Schrad) al potencial del agua en el suelo. Rev. Fitotec. Mex., 25(2):127-133.
- Salazar G., S. 2002. Nutrición del aguacate, principios y aplicaciones. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias e Instituto de la Potasa y el Fósforo. Querétaro, Querétaro, México. 165 p.
- Salazar J., F. y P. Juárez L. 2013. Requerimiento macronutricional en plantas de Chile (*Cap-sicum annuum* L.). Revista Bio Ciencias, 2(2):27-34.
- Salinero, C. y M. Sabarís. 2013. Arándanos *Vaccinium* sp. EFA 18/00. Estación Fitopatológica do Areeiro. Servicio Agrario. Diputación Provincial de Pontevedra. España. www. Efa-dip.org/es/publicaciones/FTecnicas (3 noviembre 2013).
- Sánchez P., J.V. y F.J. Caraveo. 1996. El sistema-producto piña en México: Situación, tendencias, problemática y alternativas. Colección Estructura y Dinámica de los Sistemas Agroindustriales. UACH. Chapingo, Méx. 107 p.
- Sánchez, P. 1996. Determinación del Centro de origen del frijol (*Phaseolus vulgaris* L) cultivado en España. Agronomía Mesoamericana, 7(1):74-79.
- Sánchez-Jiménez, F.J., M. Manzanares, E.F. de Andres, J.L. Tenorio, and L. Ayerbe. 1998. Tur-

- gor maintenance, osmotic adjustment and soluble sugar and proline accumulation in 49 pea cultivars in response to water stress. *Field Crops Research*, 59(3):225-235.
- Sánchez T., J. 1999. Uso consuntivo del cultivo aguacate: Metodología Blaney y Criddle modificada relacionando fenología y precipitación. *Rev. Chapingo Serie Horticultura*, 5:201-207.
- Sánchez E., P., A. Larqué S., T. Nava S. y C. Trejo. 2000. Respuesta de plantas de maíz y frijol al enriquecimiento de dióxido de carbono. *Agrociencia*, 34(3):311-320.
- Sánchez J., V. 2001. Xerojardinería y utilización de aguas no potables para riego de Parques y Jardines. *In: Jornadas internacionales de Xerojardinería Mediterránea*, WWF/Adena, España. pp. 32-49.
- Sánchez U., A. 2006. Respuesta del mangostán (*Garcinia mangostana* L.) a seis prácticas de poda en la región atlántica de Costa Rica. Tesis de Licenciatura. Universidad EARTH. Guácimo, Costa Rica. 56 p.
- Sánchez, T.M., R.M. de Troiani, y L.A. de Ferramola. 2007. Aplicación de nitratos y cloruros en *Amaranthus tricolor* L. Efecto sobre la producción de materia verde, materia seca, contenidos de nitratos y cloruros. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias UNCuyo*, 39(2):35-42.
- Sánchez O., P.M. 2008. Efecto de la época de trasplante sobre la acumulación de luteína en inflorescencias de cempaxúchil (*Tagetes erecta* L.). Tesis para obtener el grado de MCs en desarrollo de productos bióticos en el Instituto Politecnico Nacional. Yautepec, Morelos, México. 85 p.
- Sánchez G., P. 2009. Nutrición de zarzamora. Colegio de Postgraduados en Ciencias Agrícolas. Michoacán, México. 37 p.
- Sandoval E.A. 2011. Programa estratégico para el desarrollo rural sustentable de la región sur-sureste de México: Trópico Húmedo 2011. Paquete tecnológico de palma de aceite (*Elaeis guinnensis* Jacq.) establecimiento y mantenimiento. INIFAP- Centro de Investigación Regional Pacífico Sur- Campo Experimental Rosario Izapa. Ciapas, México. 21 p.
- Sandoval O., M.R. 2012. Aislamiento y caracterización de las proteínas de reserva de chíá (*Salvia hispanica* L.). Tesis de Maestría en Ciencia y Tecnología de los Alimentos. Universidad Autónoma de Querétaro. Santiago de Querétaro, Querétaro. 100 p.
- Sangakkara, U.R. 1994. Response of sweet potato (*Ipomoea battata* L.) to different planting times. *J. Agronomy and Crop Science*, 172: 113-118.
- Santacruz V., V. y C. Santacruz V. 2007. Cultivos poblanos y sus opciones de industrialización. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Editorial Universitaria. El Vedado, Ciudad de la Habana, Cuba. 148 p.
- Santamaría C., J.; M. del C. Medina M., M. Rivera G., y R. Faz C. 2002. Algunos factores de suelo, agua y planta que afectan la producción y alternancia del nogal pecanero. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 25(2):119-125.
- Santana A., S.E. 2013. Estudio de adaptabilidad y densidades de siembra del cultivo de chíá (*Salvia hispanica*), en la zona de Babahoyo, provincia de Los Ríos. Tesis de grado Universidad Técnica de Babahoyo. Babahoyo, Ecuador. 44 p.
- Santana B., N., A. Canto F., F. Barahona P., M.C. Montalvo P., P.Y. Zapata C., A. Solís R., A. Zaldívar C., O. Gutiérrez A. y M. L. Miranda H. 2005. Regeneration of Habanero pepper (*Capsicum chinense* Jacq.) via organogenesis. *HortScience*, 40(6): 1829-1831.
- Santibáñez, F. 1994. Crop requirements: Temperate crops. *In: Handbook of agricultural meteorology*. J. F. Griffiths Editor. Oxford Univ. Press. New York., USA. pp. 174-188.

- Sanz, M.J., C. Martín, E. Calvo, P.V. Cámara, A. Jiménez, J.L. Procuna. 2001. Daños visibles por ozono en distintos cultivos mediterráneos. *Phytoma*, 131: 14-26.
- Sarker, B.C. and M. Hara. 2009. Effects of elevated CO₂ and water stress on root structure and hydraulic conductance of *Solanum melongena* L. *Bangladesh J. Bot.*, 38(1):55-63.
- Sarker, B.C. and M. Hara. 2011. Effects of elevated CO₂ and water stress on the adaptation of stomata and gas exchange in leaves of eggplant (*Solanum melongena* L.). *Bangladesh J. Botany*, 40(1):1-8.
- Sarli, A. E. 1980. *Tratado de Horticultura*. 2ª Ed. Hemisferio Sur. Buenos Aires. pp. 264 - 272.
- Sauza S., M. y S.A. Delgado. 1979. Herramientas y consideraciones para la revisión del género *Phaseolus*. In: *Contribuciones al conocimiento del frijol en México*. Editor M. Engleman. Colegio de Postgraduados. Rama de Botánica. pp. 59-82.
- Sáyago A., S.G. e I. Goñi. 2010. *Hibiscus sabdariffa* L.: Fuente de fibra antioxidante. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 60(1):79-84.
- Sayed, O.H., M.J. Emes, M.J. Earnshaw and R.D. Butler. 1989a. Photosynthetic responses of different varieties of wheat to high temperature. I. Effect of growth temperature on development and photosynthetic performance. *Journal of Experimental Botany*, 40(215):625-631.
- Sayed, O.H., M.J. Earnshaw and M.J. Emes. 1989b. Photosynthetic responses of different varieties of wheat to high temperature. II. Effect of heat stress on photosynthetic electron transport. *Journal of Experimental Botany*, 40(215):633-638.
- Schaffer, B., A.W. Whitley, and C. Searle. 1999. Atmospheric CO₂ enrichment, root restriction, photosynthesis, and dry-matter partitioning in subtropical and tropical fruit crops. *Hortscience*, 34(6):1033-1037.
- Schaffer, B., A.W. Whitley, and J. Crane. 1994. Mango. In: *Environmental physiology of fruit crops*. B. Schaffer and P. Andersen (Eds.). Boca Ratón, Florida. pp. 165-197.
- Schaffer, B., C. Searle, A.W. Whitley, and R.J. Nissen. 1996. Effects of atmospheric CO₂ enrichment and root restriction on leaf gas exchange and growth of banana (*Musa* sp.). *Physiologia Plantarum*, 97(4):685-693.
- Schapaugh, W.T. 1997. Selection of soybean varieties. In: *Soybean Production Handbook*. Kansas State University. Agricultural Experiment Station and Cooperative Extension Service. Kansas State, U.S.A. pp. 4-8.
- Schönhof, I., H.P. Klaring, A. Krumbein and M. Schreiner. 2007. Interaction between atmospheric CO₂ and glucosinolates in broccoli. *Journal of Chemical Ecology* 33:105-114.
- Schlesinger, W.H. 2000. Carbon sequestration in soils: Some cautions amidst optimism. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 82: 121-127.
- Schwartz F., H. y E.G. Gálvez. 1980. Problemas de producción del frijol: Enfermedades, insectos, limitaciones edáficas y climáticas de *Phaseolus vulgaris*. CIAT. Cali, Colombia. pp. 344.
- Sebastian, P., H. Schaeferb, I.R.H. Telfordc, and S.S. Renner. 2010. Cucumber (*Cucumis sativus*) and melon (*C. melo*) have numerous wild relatives in Asia and Australia, and the sister species of melon is from Australia. *PNAS*, 107(32):14269-14273.
- Secretaría de Desarrollo Agropecuario y Recursos Hidráulicos (SDARH). 2008. Hechos en el Campo. Año 3, No. 3, Noviembre de 2008. Secretaría de Desarrollo Agropecuario y Recursos Hidráulicos, Gobierno del Estado de San Luis Potosí. 23 p.
- Secretaría de Educación Pública (SEP). 1986. Trigo, cebada, avena. Manuales para educación agropecuaria. Editorial Trillas. México D. F. 78 p.

- Secretaría de Educación Pública (SEP). 1990. Frijol y Chícharo. Manuales para educación agropecuaria. Editorial Trillas. México, D. F. 58 p.
- Sedgley, M. 1977. The effect of temperature on floral behavior pollen tube growth and fruit in the avocado. *J. Hort. Sci.*, 52:135-141.
- Seelley, E.J., W.C. Micke and R. Kammereck. 1980. "Delicious" apple fruit size and quality as influenced by radiant flux density in the immediate growing environment. *J. Am. Soc. Hortic. Sci.*, 105(5):645-657.
- Segura, M. y H.J. Andrade. 2008. ¿Cómo estimar rápidamente el carbono almacenado en la biomasa aérea de los sistemas agroforestales indígenas de Talamanca, Costa Rica? *Agroforestería en las Américas*, 46:97-103.
- Séraphin Z., A. 2003. Agronomic performance and genetic diversity of the root crop yam bean (*Pachyrhizus* spp.) under west african conditions. PhD Dissertation. Faculty of Agricultural Sciences Georg-August University Göttingen, Germany. pp. 26-31.
- Sergeeva, D. S. y V. M. Sill'Chenco. 1984. Resistance of coriander to low temperatures. *Fiziolo'iys, Biokhimyz ku'l tuinykn Rosteni. Ukranian*, 16(1): 52-55.
- Servicios y Almacigos S.A. (SYA). 2011. El cultivo de la Alcachofa. <http://allmacigos.cl/> (1 julio 2013).
- Shalhevet, J., A. Mantel, H. Bielorai, and D. Shimshi. 1981. Irrigation of field and orchard crops under semi-arid conditions. IIRC publication Num. 1. 2nd. Ed. International Irrigation Information Center. Bet Dagan, Israel. 132 p.
- Shands, H.L. and G.L. Cisar. 1985. Avena. *In: CRC Handbook of flowering. Volume I* (Abraham H. Halevy Ed.). CRC Press, Inc. Boca Raton, Florida, USA. pp. 523-535.
- Shaw, B., T.H. Thomas, and D.T. Cook. 2002. Responses of sugar beet (*Beta vulgaris* L.) to drought and nutrient deficiency stress. *Plant Growth Regulation*, 37:77-83.
- Shaw, R.H. 1975. Growing degree units for corn in the North Central region. North Central Regional Research Publication Num. 229. Iowa State Univ. IWRBRR (581):793-808.
- Shaw, R.H. 1977. Climatic requirement. *In: Corn and corn improvement* (Sprague, G.F. Editor). American Society of Agronomy, Inc., Publisher. Num. 18 Agronomy Series. Madison, Wisconsin, USA. pp. 591-623.
- Sheela, V. L. 2008. Horticulture Science Series-10 Flowers for trade. New India Publishing Agency. Pitam Pura, New Delhi, India. 379 p.
- Shehu, H.E., J.D. Kwari and M.K. Sandabe. 2010. Effects of N, P and K fertilizers on yield, content and uptake of N, P and K by sesame (*Sesamum indicum*). *Int. J. Agric. Biol.*, 12: 845–850.
- Shillo, R. and A.H. Halevy. 1976. The effect of various environmental factors on flowering of gladiolus. III. Temperature and moisture. *Scientia Horticulturae*, 4(2):147-155.
- Shock, C. 1982. Rebaudi's Stevia: Natural non-caloric sweetness. *Cal Agri.*, 36:4-5.
- Shock, C.C., E.B.G. Feibert, and L.D. Saunders. 2007. Short-duration water stress decrease onion single centers without causing translucent scale. *HortScience*, 42(6):1450-1455.
- Shoemaker, J.S. 1978. Small fruits culture. The AVI Publishing Co. Connecticut, USA. 357 p.
- Shu, Z. H. and T. H. Sheen. 1987. Floral induction in auxillary buds of mango (*Mangifera indica* L.) as affected by temperature. *Scientia Horticulturae* 31:81-87.
- Shuping, C. and S. Shizhen. 1995. Study on storage technique of *Stevia rebaudiana* seed. *Acta Agron Sinica*, 21:102-105.
- Sibbett, G.S. 1990. Pistachio orchard planning and design. *In: Pistachio production. A pomology shortcourse*. Univ. of Calif. California, USA.
- Sierra, A., E. Simonne y D. Treadwell. 2013. Principios y prácticas para el manejo de nutrientes en

- Silim, S.N. and M.C. Saxena. 1993. Yield and water use efficiency of faba bean sown at two row spacings and seed densities. *Expl. Agric.*, 29:173-181.
- Siller C., J. H., M. A. Báez S., A. Sañudo B. y R. Báez S. 2002. Manual de buenas prácticas agrícolas. CIAD. Unidad Culiacán en Fisiología y Tecnología Poscosecha de Frutas y Hortalizas. Culiacán, Sinaloa. 57 p.
- Silva, L.F. 1969. Solos bons para cacau. *Cacau Atualidades (Brasil)* 6(2):28-31.
- Simon, J.E. 1990. Essential oils and culinary herbs. *In: J. Janick and J.E. Simon (Eds.), Advances in new crops.* Timber Press, Portland, OR., USA. pp. 472-483.
- Simon, J.L., J. Schwarzenbach, M. Mischler, W. Eggenberg and W. Koblet. 1977. *Viticulture.* Editions Payot. Lausanne, Suisse. 195 p.
- Sims, W.L. and P.G. Smith. 1976. Growing peppers in California. Leaflet 2676. University of California. Div. of Agric. Sci. 12 p.
- Singh, A. K. 2006. Flower crops. Cultivation and management. New India Publishing agency. Pitam Pura, New Delhi, India. 463 p.
- Singh, G. and J.C. Dagar. 2009. Biosaline agriculture: perspective and opportunities. *Journal of Soil Salinity and Water Quality*, 1(1 and 2):41-49.
- Singh, P.M., J.R. Gilley and W.E. Splinter. 1976. Temperature thresholds for corn growth in a controlled environment. *Transactions of the ASAE*, 19(6):1152-1155.
- Singh, S. and L. Singh. 1966. Elongation of cane in relation to soil moisture during formative phase. *Proc. 34th Conv. ASTA. India:* pp. 25-29.
- Singh, V. and C. Singh. 1976. Note on influence of temperature on field emergence of sunflower seed. *Pantnagar Journal Research*, 1:75-76.
- Singh. H.P. 2013. Ongoing research in abiotic stress due to climate change in horticulture. Indian Council of Agriculture Research. 23 p. http://www.niam.res.in/pdfs/DDG_Hort_lecture.pdf (15 noviembre 2013).
- Sionit, N., B.R. Strain, and H.A. Beckford. 1981. Environmental controls on the growth and yield of okra. I. Effects of temperature and CO₂ enrichment at cool temperature. *Crop Sci.*, 21(6):885-888.
- Sirohi, P.S., A.D. Munshi, G. Kumar and T.K. Behera. 2005. Cucurbits. *In: B.S. Dhillon, R.K. Tyagi, S. Saxena and G.J. Randhawa (Eds).* Plant Genetic Resources: Horticultural crops. Narosa Publishing House. India. pp. 34-58.
- Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). 2012. Cierre de la producción agrícola por cultivo año 2011. <http://www.siap.gob.mx/index.php> (6 agosto 2012).
- Sistema Nacional Argentino de Vigilancia y Monitoreo de Plagas (SINAVIMO). 2009. *Manzano. Sistema Nacional de Vigilancia y Monitoreo de Plagas – Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria.* Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca. Argentina. 9 p.
- Slafer, G.A. and R. Savin. 1991. Developmental base temperature in different phenological phases of wheat (*Triticum aestivum*). *Journal of Experimental Botany*, 42(241):1077-1082.
- Smith, P.J., A. Bootsma and A.D. Gates. 1982. Heat units in relation to corn maturity in the Atlantic region of Canada. *Agric. Meteorol.*, 26:201-213.
- Smithson, J.B., J.A. Thompson and R.J. Summerfield. 1985. Chickpea (*Cicer arietinum* L.). pp. 312-390. *In: R.J. Summerfield and E.H. Roberts (eds.), Grain Legume Crops.* Collins, London, UK.
- Smyth, A.J. 1966. The selection of soil for cocoa. *FAO Soils Bull. No. 5.* FAO. Rome.
- Sofield, I., L.T. Evans, M.G. Cook and I.F. Wardlaw. 1977. Factors influencing the rate and

- duration of grain filling in wheat. *Australian journal of Plant Physiology*, 4:785-797.
- Sofo, A., V. Nuzzo, A.M. Palese, C. Xiloyannis, G. Celano G., P. Zukowskyj, and B. Dichio. 2005. Net CO₂ storage in mediterranean olive and peach orchards. *Scientia Horticulturae*, 107: 17-24.
- Soja, G., M. Eid, H. Gangl, and H. Redl. 1997. Ozone sensivity of grapevine (*Vitis vinifera* L.): Evidence for a memory effect in perennial crop plants. *Phyton*, 37(3):265-270.
- Soldevilla C., S., A. Peña L., F. Solís M., T.R. Vásquez R., y M. T. Colinas L. 2002. Aplicación al suelo de CO₂, uso de acolchados plásticos y sistemas de manejo en tomate de cáscara *Physalis ixocarpa* Brot. *Revista Chapingo Serie Horticultura*, 8(1):25-38.
- Soler, R. 1980. *Fruticultura*. Ed. Albatros. Argentina. 294 p.
- Solís M., F., J. Sahagún C., C. Villanueva V., M.T. Colinas L., y M.R. García M. 2012. Distribución de biomasa y acumulación de Plomo en calabacita (*Cucurbita pepo* L.) cultivada en suelo contaminado. *Revista Chapingo, serie horticultura*, 18(2):197-205.
- Solórzano V., E. 1981. Resúmenes analíticos de haba *Vicia faba* L. Departamento de Fitotecnia. Universidad Autónoma de Chapingo. Chapingo, Edo. de México, México. pp. 13.
- Solórzano V., E. 1993. El cultivo de la lenteja. Universidad Autónoma de Chapingo-Dpto. de Fitotecnia. Chapingo, Edo. de México, México. 56 p.
- Song, N., X. Zhang, F. Wang, C. Zhang, and S. Tang. 2012. Elevated CO₂ increases Cs uptake and alters microbial communities and biomass in the rhizosphere of *Phytolacca americana* Linn (pokeweed) and *Amaranthus cruentus* L. (purple amaranth) grown on soils spiked with various levels of Cs. *Journal of Environmental Radioactivity*, 112:29-37.
- Sønsteby, A., U. Myrheim, N. Heiberg, and O.M. Heide. 2009a. Production of high yielding red raspberry long canes in a northern climate. *Scientia Horticulturae*, 121:289-297.
- Sønsteby, A., N. Opstad, U. Myrheim, and O.M. Heide. 2009b. Interaction of short day and timing of nitrogen fertilization on growth and flowering of 'Korona' strawberry (*Fragaria ananassa* Duch.). *Scientia Horticulturae*, 123:204-209.
- Sorensen, J.N. and K. Grevsen. 2002. Nitrogen and water stress affects sprouting bulbs in onions stores over winter. *Acta Hort.*, 571:79-86.
- Sorensen, M., 1996. Yam bean *Pachyrhizus* DC. In: Promoting the conservation and use of underutilized and neglected crops. Promoting the conservation and use of underutilized and neglected crops. 2. Institute of Plant Genetics and Crop Plant Research, Gatersleben/ International Plant Genetic Resources Institute, Rome. 143 p.
- Sosa, A., G. Ruiz, I. Bazante, A. Mendoza, J.D. Etchevers, J. Padilla y J.Z. Castellanos. 2013. Absorción de nitrógeno, fósforo y potasio en zanahoria (*Daucus carota* L.) cultivada en el Bajío de México. IAH 11-Septiembre 2013. pp. 27-30.
- Sosof V., J.R., F.J. Fajardo y M.R. Oztzy R. 2005. Informe final del proyecto: Estudio de la variabilidad y preservación de cultivares de mamey (*Mammea americana* L.), en la región Sur Occidental de Guatemala. Informe Final. Universidad de San Carlos de Guatemala. 65 p.
- Sovero, M. 1993. Rapeseed, a new oilseed crop for the United States. p. 302-307. In: J. Janick and J.E. Simon (eds.), *New crops*. Wiley, New York.
- Sousa. J.A. and R. Maluf W. 2003. Diallel analyses and estimation of genetic parameters of hot pepper (*Capsicum chinense* Jacq.). *Scientia Agrícola*. 60(1):105-113.
- Southampton Center for Underutilized Crops (SCUC). 2006. Jackfruit *Artocarpus heterophyllus*, Field manual for extension workers and farmers. Southampton, UK. <http://www.scribd.com/doc/20042510/Jackfruit-Manual-pdf> (26 mayo 2012).

- Spina, P. 1983. El Pistacho. J. De la Iglesia y V. Sotes Traductores. Ed. Mundi-Prensa. Madrid. 93 p.
- Stafne, E.T. 2008. Indices for assessing site and winegrape cultivar risk for spring frost. *International Journal of Fruit Science*, 7(4):121-132.
- Stanciel, K., D.G. Mortley, D.R. Hileman, P.A. Loretan, C.K. Bonsi, and W.A. Hill. 2000. Growth, pod, seed yield, and gas exchange of hydroponically grown peanut in response to CO₂ enrichment. *Hort Science*, 35(1):49-52.
- Stevenson, A.C. 1963. Genetics and breeding of sugarcane. Longmans, Green and Co. London, England.
- Stock, W.D. and J. R. Evans. 2006. Effects of water availability, nitrogen supply and atmospheric CO₂ concentrations on plant nitrogen natural abundance values. *Functional Plant Biology*, 33(3): 219–227
- Storey, W.B. 1985. Carica papaya. *In: CRC Handbook of flowering*. Volume II (Abraham H. Halevy Ed.). CRC Press, Inc. Boca Raton, Florida, USA. pp. 147-157.
- Stout, M. 1946. Relation of temperature to reproduction in sugarbeets. *J. Agric. Res.*, 72:49-68.
- Strik, B. 2005. Growing kiwi fruit. Oregon State University, University of Idaho, Washington State University. PNW 507. 27 p.
- Suárez, R., A. Wong, M. Ramírez, A. Barraza, M. del C. Orozco, M.A. Cevallos, M. Lara, G. Hernández, and G. Iturriaga. 2008. Improvement of drought tolerance and grain yield in common bean by overexpressing trehalose-6-phosphate synthase in rizobia. *Molecular Plant-Microbe Interactions*, 21(7):958-966.
- Sudzuki, F. 1988. Cultivo de frutales menores. Editorial Universitaria. Chile. 184 p.
- Sullivan J.A., B.A. Hale, and D.P. Ormrod. 1994. Impact of seasonal ozone exposure on yield and vegetative growth of primocane-fruiting raspberry. *HortScience*, 29(9):1059–1061.
- Sumida, T. 1980. Studies on *Stevia rebaudiana* Bertoni as new possible crop for sweetening resource in Japan. *J. Cent. Agric. Exp. Sta.*, 31:1-71.
- Summerfield, R.J. and E.H. Roberts. 1985a. *Arachis hypogaea*. *In: CRC Handbook of flowering*. Volume I (Abraham H. Halevy Ed.). CRC Press, Inc. Boca Raton, Florida, USA. pp. 74-82.
- Summerfield, R.J. and E.H. Roberts. 1985b. *Phaseolus vulgaris*. *In: CRC Handbook of flowering*. Volume I (Abraham H. Halevy Ed.). CRC Press, Inc. Boca Raton, Florida, USA. pp. 139-148.
- Summerfield, R.J. and E.H. Roberts. 1985c. *Cicer arietinum*. *In: CRC Handbook of flowering*. Volume I (Abraham H. Halevy Ed.). CRC Press, Inc. Boca Raton, Florida, USA. pp. 92-99.
- Summerfield, R.J. and E.H. Roberts. 1985d. Vicia faba. *In: CRC Handbook of flowering*. Volume I (Abraham H. Halevy Ed.). CRC Press, Inc. Boca Raton, Florida, USA. pp. 155-164.
- Summerfield, R.J. and E.H. Roberts. 1985e. *Glycine max*. *In: CRC Handbook of flowering*. Volume I (Abraham H. Halevy Ed.). CRC Press, Inc. Boca Raton, Florida, USA. pp. 100-117.
- Summerfield, R.J., E.H. Roberts, W. Erskine and R.H. Ellis. 1985b. Effects of temperature and photoperiod on flowering in lentils (*Lens culinaris* Medik) *Annals of Botany*, 56:659-671.
- Summerfield, R.J., F.J. Muehlbauer and E.H. Roberts. 1985a. *Lens culinaris*. *In: CRC Handbook of flowering*. Volume I (Abraham H. Halevy Ed.). CRC Press, Inc. Boca Raton, Florida, USA. pp. 118-124.

- Sun, P., N. Mantri, H. Lou, Y. Hu, D. Sun, Y. Zhu, T. Dong, and H. Lu. 2012. Effects of elevated CO₂ and temperature on yield and fruit quality of strawberry (*Fragaria × ananassa* Duch.) at two levels of nitrogen application. *PlosOne*, 7(7):1-12. E41000.
- Sun, Y., H. Cao, J. Yin, L. Kang, and F. Ge. 2010. Elevated CO₂ changes the interactions between nematode and tomato genotypes differing in the JA pathway. *Plant, Cell and Environment*, 33:729-739.
- Surendar, K.K., D.D. Devi, I. Ravi, P. Jeyakumar, S.R. Kumar, and K. Velayudham. 2013. Studies on the impact of water deficit on plant height, relative water content, total chlorophyll, osmotic potential and yield of banana (*Musa* spp.,) cultivars and hybrids. *International Journal of Horticulture*, 3(11):1152-1160.
- Suruchi, S., K. Rima, A. Madhoolika, A. Shashi B. 2009. Modification of growth and yield responses of *Amaranthus tricolor* L. to sUV-B under varying mineral nutrient supply. *Scientia Horticulturae*, 120(2):173-180.
- Syen-Erik, J., K. Iteno, y A. Mujica. 2002. Amaranto como un cultivo nuevo en el norte de Europa. *Agronomía Tropical*, 52(1): 109-119.
- Szarek, S.R., P.A. Holthe, and I.P. Ting. 1987. Minor physiological response to elevated CO₂ by the CAM plant *Agave vilmoriniana*. *Plant Physiology*, 83:938-940.
- Tadashi, Y.J. 1995. Enfermedades: enfermedades provocadas por hongos. *In: El cultivo de la soja en los trópicos: mejoramiento y producción*. EMBRAPA-FAO. Roma, Italia. pp. 37-60.
- Takatori, F.H. 1985. *Asparagus officinalis*. *In: CRC Handbook of flowering*. Volume I (Abraham H. Halevy Ed.). CRC Press, Inc. Boca Raton, Florida, USA. pp. 517-520.
- Tan, D.K.Y., C.J. Birch, A.H. Wearing, and K.G. Rickert. 2000. Predicting broccoli development I. Development is predominantly determined by temperature rather than photoperiod. *Scientia Horticulturae*, 84(3-4):227-243.
- Tang, J., J. Chen, and X. Chen. 2006. Response of 12 weedy species to elevated CO₂ in low-phosphorus-availability soil. *Ecological Research*, 21:664-670.
- Tapia C., F., A. Ibacache G. y M. Astorga P. 2003. Requerimientos de clima y suelo. *In: F. Tapia et al. Manual del cultivo del olivo*. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Centro Regional de Investigación Intihuasi. La Serena, Chile. Boletín INIA Núm. 101. pp. 11-20.
- Tapia F., M.L., G. Toro A., B. Parra R., and A. Riquelme E. 2010. Photosensitivity of cucumber (*Cucumis sativus* L.) seedlings exposed to ultraviolet-b radiation. *Chilean Journal of Agricultural Research*, 70(1):16-25.
- Tarango, R.S.H. 1993. El cultivo del pistachero. Universidad Autónoma de Chihuahua. Chihuahua, Chih. 183 p.
- Taylor J. E., C.A. Whitelaw, and D.M. Lonsdale. 1994. Characterization of a tobacco gene coding a pollen-specific polygalacturonase. *Plant Molecular Biology* 25, 283-297.
- Tejacal, I.A., L. Arios C., A. Lugo A., R. Ariza F. 2011. Índice de cosecha en limón persa y naranja valencia en Morelos: I. Fenología e índice de cosecha en limón persa. Folleto Técnico No. 56. INIFAP, Morelos, México.
- Teskey, B.J.E. and J.S. Shoemaker. 1972. Tree fruit production. 2nd Ed. Teh Avi Publishing Co. Wesport, Conn., USA. 336 p.
- Thiagarajan, A. and R.R. Lada. 2007. Intrinsic changes in photosynthetic parameters of carrot leaves under increasing CO₂ concentrations and soil moisture regimes. *Photosynthetica*, 45(1):43-50.
- Thiagarajan, A., R.R. Lada, and P. Joy. 2007. Compensatory effects of elevated CO₂ concentration on the inhibitory effects of high temperature and irradiance on photosynthetic gas exchange in carrots. *Photosynthetica*, 45(3):355-362.

- Thomas, J.F. and C.D. Jr. Raper. 1981. Day and night temperature influence on carpel initiation and growth in soybean. *Bot. Gaz.*, 142:183-187.
- Thung, M., J. Ortega y O. Erazo. 1985. Tamizado para identificar frijoles adaptados a suelos ácidos. *In: Frijol, investigación y producción*. Compilado y editado por M. López, F. Fernández y A. Schoonhoven. CIAT. Cali, Colombia. pp. 313-346.
- Thuzar, M., A. B. Puteh, N.A.P. Abdullah, M.N. Mohd L., K. Jussoff. 2010. The effects of temperature stress on the quality and yield of soya bean *Glycine max* (L.) Merrill. *Journal of Agricultural Science*, 2(1): 172-179.
- Tinner, W. and A.F. Lotter. 2001. Central European vegetation response to abrupt climate change at 8.2 ka. *Geology*, 29(6):551-554.
- Tisserat, B. and S.F. Vaughn. 2001. Essential oils enhanced by ultra-high carbon dioxide levels from Lamiaceae species grown in vitro and in vivo. *Plant Cell Reports*.
- Tognetti, R., L. Sebastiani, C. Vitagliano, A. Raschi and A. Minnocci. 2001. Responses of two olive tree (*Olea europaea* L.) cultivars to elevated CO₂ concentration in the field. *Photosynthetica*, 39(3):403-410.
- Toledo, M. I., A. Manríquez L., G. Olivares C., A. Soto A. y L. González C. 2005. Aplicación del Tomillo (*Thymus vulgaris*) en el manejo de enfermedades de la salmonicultura. Pontificia Universidad Católica de Valparaíso. Escuela de Ciencias del Mar. Valparaíso, Chile. 63 p.
- Tollenar, M. and J. Wu. 1999. Yield improvement in temperate maize is attributable to greater stress tolerance. *Crop Sci.*, 39(6):1597-1604.
- Torun A. A., N. Erdem., Y. Aka-Kacar and S. Serce. 2013. Screening of wild strawberry genotypes against iron deficiency under greenhouse conditions. *Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 41(2):560-566.
- Torrecillas, A., M.C. Ruiz S., F. Del Amor, y A. León. 1988. Seasonal variations on water relations of *Aygdalus communis* under drip irrigated and non irrigated conditions. *Plant and Soil*, (106):215-220.
- Torres S., G., S. Trinidad, A. Reyna T., H. Castillo J., A. Escalante E., y F. de León G. 2006. Respuesta de genotipos de amaranto a densidades de población. *Rev. Fitotec. Mex.*, 29(4): 307-312.
- Tosco, U. 1970. *Diccionario de Botánica*. Instituto Geográfico de Agostini. Ed. Teide. Barcelona, España. 255 p.
- Toufiq, M. 2004. Yield and biomass in rice interactions of nitrogen, phosphorous and water application. *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 7(12):2115-2120.
- Touran M., N., G. Wijana, E. Guharja, A. Aswidinnoor, and S. Yahya. 2001. Response of oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq) to water stress. *Menara Perkebunan*, 69(2):29-45.
- Traore, S. B., R.E. Carlson, C.D. Pilcher, and M.E. Rice. 2000. Bt and Non-Bt Maize growth and development as affected by temperature and drought stress. *Agron. J.*, 92(5): 1027-1035.
- Traversaro, M.L., M. Rodríguez, y R.F. Torres. 2008. Evaluación de las condiciones térmicas en la localidad de La Plata para realizar el cultivo del kiwi (*Actinidia deliciosa* Chevalier, Liang and Ferguson). XII Reunión Argentina de Agroclimatología. 8-10 de Octubre de 2008. San Salvador de Jujuy, Argentina. <http://agro.unc.edu.ar/clima/AADA/Congresos/Jujuy/03biometeorologia/> (31 mayo 2012).
- Tremblay, N., S. Yelle, and A. Gosselin. 1987. Effects of CO₂ enrichment, nitrogen and phosphorus fertilization on growth and yield of celery transplants. *Hortscience*, 22:875-876.

- Tremblay, N., S. Yelle, A. Gosselin. 1988. Effects of CO₂ enrichment, nitrogen and phosphorus fertilization during the nursery period on mineral composition of celery. *Journal of Plant Nutrition*, 11(1):37-49.
- Trepino, J.C. and G.A. Murray. 1976. Vernalization of winter field pea. *Agron. J.*, 67(6):750-751.
- Tu, C., F.L. Booker, K.O. Burkey, and S. Hu. 2009. Elevated atmospheric carbon dioxide and O₃ differentially alter nitrogen acquisition in peanut. *Crop Sci.*, 48(5):1827-1836.
- Turner D.W. and D.S. Thomas. 1998. Measurements of plant and soil water status and their association with leaf gas exchange in banana (*Musa* spp.): a laticiferous plant. *Scientia Horticulturae*, 77:177-193.
- Ubaldo S., D. 2007. Efecto de la luz en el desarrollo y en la acumulación en lígulas de *Tagetes erecta* L. Tesis de Maestría en Ciencias. Instituto Politécnico Nacional. Yautepec, Morelos, México. 89 p.
- Ukrainetz, H., R.J. Soper, and M. Nyborg. 1975. Plant nutrient requirements of oilseed and pulse crops. In: J. T. Harapiak (Ed.), *Oilseed and pulse crops in western Canada: A symposium*. Western Cooperative Fertilizers Ltd. Calgary, AB. Canada. pp. 314-325.
- Ulukan, H. 2008. Agronomic adaptation of some field crops: A general approach. *J. Agron. Crop Sci.*, 194:169-179.
- Ulukan, H. 2011. Responses of cultivated plants and some preventive measures against climate change. *Int. J. Agric. Biol.*, 13(2):292-296.
- Unidad Técnica Nacional (UTN). 2010. Proyecto estratégico para la seguridad alimentaria. Región Altos de Chiapas. Cultivo del gladiolo (Notas técnicas para ADR y productos). Unidad Técnica Nacional. Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México. 36 p.
- Universidad de Sevilla. 2013. Indicadores de la Contaminación Atmosférica. <http://secundaria.us.es/sanlerrod/ctma/apuntes/bioindicadores.pdf> (20 noviembre 2013).
- Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM). 2000. Programa de hortalizas. UNALM. Perú. 14 p.
- Uprety, D.C., S. Sen and N. Dwivedi. 2010. Rising atmospheric carbon dioxide on grain quality in crop plants. *Physiol. Mol. Biol. Plants*, 16(3):215-227.
- Urbina, M. 1987. La chía y sus aplicaciones. *Geografía Agrícola*, 4:123-133.
- Usuda, H. and K. Shimogawara. 1998. The Effects of Increased Atmospheric Carbon Dioxide on Growth, Carbohydrates, and Photosynthesis in Radish, *Raphanus sativus*. *Plant Cell Physiol*, 39(1):1-7.
- Usuda, H. 2006. Effects of elevated CO₂ on the capacity for photosynthesis of a single leaf and a whole plant, and on growth in a radish. *Plant Cell Physiol.*, 47(2):262-269.
- Utumi, M.M., P.H. Monnerat, P.R.G. Pereira, P.C.R. Fontes, and P.C. Godinho V. De. 1999. Macronutrient deficiencies in *Stevia*: Visual symptoms and effects on growth, chemical composition, and stevioside production [Portuguese]. *Pesquisa Agropecuaria Brasileira*, 34(6): 1039-1043.
- Uvalle B., J.X. y C. Vélez G. 2007. Nutrición del agave tequilero (Agave tequilana Weber var. Azul). pp. 69-88. In: Pérez-Domínguez, J.F. y J.I. del Real Laborde (Editores). *Conocimiento y prácticas agronómicas para la producción de Agave tequilana Weber en la zona de denominación de origen del tequila*. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias. Centro de Investigación Regional Pacífico Centro. Libro Técnico Núm. 4.
- Uvalle B., J.X., C. Vélez G. y A. Ramírez F. 2007. Muestreo y análisis de suelo en plantaciones de agave. pp. 37-55. In: Pérez-Domínguez, J.F. y J.I. del Real Laborde (Editores). *Conocimiento y prácticas agronómicas para la producción de Agave tequilana Weber en*

la zona de denominación de origen del tequila. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias. Centro de Investigación Regional Pacífico Centro. Libro Técnico Núm. 4.

- Vadez V., L. Krishnamurthy, R. Serraj, P.M. Gaur, H.D. Upadhyaya, D.A. Hoisington, R.K. Varshney, N.C. Turner, and K.H.M. Siddique. 2007. Large variation in salinity tolerance in chickpea is explained by differences in sensitivity at the reproductive stage. *Field Crops Research*, 104: 123-129.
- Valadez L., A. 1992. Producción de hortalizas. Editorial Limusa. México, D.F. 298 p.
- Valdés B., S. Talavera y E. Fernández Galiano. 1987. Flora vascular de Andalucía Oriental. Volumen 3. Ketres, Barcelona. 442 p.
- Valdés H., R., E. Pozo V., M. Cárdenas M., L. Jiménez F., C. Pérez, y R. Rodríguez R. 2012. Efecto del ozono sobre el vigor de semillas de garbanzo (*Cicer arietinum* L.). *Centro Agrícola*, 39(4):21-26.
- Valenzuela M., L. y C. Muñoz E. 2011. Daño por sol y color rojo en manzano: diagnóstico y orientación óptima de los huertos. *Revista Frutícola* No. 2. Agosto 2011. pp. 10-19.
- Valerio, M., M.B. Tomecek, S. Lovelli, and L.H. Ziska. 2011. Quantifying the effect of drought on carbon dioxide-induced changes in competition between a C₃ crop (tomato) and a C₄ weed (*Amaranthus retroflexus*). *Weed Research*, 51:591-600.
- Valero P., J. 2010. *Jatropha curcas* para la producción de biodiesel en Chiapas: agricultores participantes, tierras empleadas y sustitución de cultivos. Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de la Frontera Sur. San Cristóbal de las Casas, Chiapas. 153 p.
- Valle M., J.C. 2010. Acumulación de biomasa, crecimiento y extracción nutrimental en pimiento morrón (*Capsicum annuum* L.). Tesis de Maestro en Ciencias en Horticultura. Departamento de Fitotecnia. Universidad Autónoma de Chapingo. Chapingo, Edo. de México, México. 90 p.
- Vallejo C., F. A. y E. I. Estrada S. 2004. Producción de hortalizas de clima cálido. Universidad Nacional de Colombia. Sede Palmira. Palmira, Valle del Cauca, Colombia. 347 p.
- Vanaja, M., M. Jyothi, P. Ratnakumar, P. Vagheera, P. Raghuram Reddy, N. Jyothi Lakshmi, S.K. Yadav, M. Maheshwari, B. Venkateswarlu. 2008. Growth and yield responses of castor bean (*Ricinus communis* L.) to two enhanced CO₂ levels. *Plant Soil Environ.*, 54(1):38-46.
- Vanaja, M., S.K. Yadav, G. Archana, N. Jyothi Lakshmi, P.R. Ram Reddy, P. Vagheera, S.K. Abdul Razak, M. Maheshwari, B. Venkateswarlu. 2011. Response of C₄ (maize) and C₃ (sunflower) crop plants to drought stress and enhanced carbon dioxide concentration *Plant Soil Environ.*, 57(5):207-215.
- Van der Putten, E., Y. Jan F. y J. de Jongh. 2007. Datos generales de la jatropha. *In: Manual de Jatropha*. Versión en Español. FACT. Holanda. 230 p.
- Van Heemst, H.D.J. 1986. Physiological principles. *In: Modelling of agricultural production: weather, soils and crops* (van Keulen, H. y J. Wolf. Editors). Centre for Agricultural Publishing and Documentation. Wageningen, Netherlands. pp. 13-26.
- Van Heemst, H.D.J. 1988. Plant data values required for simple crop growth simulation models: review and bibliography. Simulation Report CABO-TT num. 17. A joint publication of Centre for Agrobiological Research (CABO) and Department of Theoretical Production Ecology, Agricultural University. Wageningen, Netherlands. 100 p.
- Van Lersel, M. and L. Seymour. 2003. Temperature effects on photosynthesis, growth respiration, and maintenance respiration of marigold. *Acta Hort.* 624:549-554.
- Van Schoonhoven, A. y O. Voysest. 1989. Common bean in Latin America and their constraints. pp. 33-57. *In: Schwartz, H.F. y M.A. Pastor C. (Eds.). Bean production prob-*

- lems in tropics. Centro Internacional de Agricultura Tropical. Cali, Colombia.
- VanderHeyden, D., J. Skelly, J. Innes, C. Hug, J. Zhang, W. Landolt, and P. Bleuler. 2001. Ozone exposure thresholds and foliar injury on forest plants in Switzerland. *Environmental Pollution*, 111:321-331.
- Vargas, E. 1991. Chayote *Sechium edule* (Jacq.) Swartz, Cucurbitaceae. *In: Aspectos técnicos sobre cuarenta y cinco cultivos agrícolas de Costa Rica*. Ministerio de Agricultura y Ganadería. Dirección General de Investigación y Extensión Agrícola. San José de Costa Rica. pp. 327-336.
- Varshney, C. and C. Rout. 2008. Ethylenediurea (EDU) protection against ozone injury in tomato plants at Delhi. *Journal of Environmental Contamination and Toxicology*, 61(2):188-193.
- Vavilov, N.I. 1951. The origin, variation, immunity and breeding of cultivated plants. *Chronica Botanica*. USA.
- Vázquez A., A. 1996. Guía para interpretar el análisis químico del agua y suelo. 2da. Ed. Departamento de Suelos. Universidad Autónoma de Chapingo. Chapingo, México.
- Vázquez, Y. C., A. I. Batis M., M. I. Alcocer S., M. Gual D. y C. Sánchez D. 1999. Árboles y arbustos potencialmente valiosos para la restauración ecológica y la reforestación. Reporte técnico del proyecto J084. CONABIO - Instituto de Ecología, UNAM. México D. F. 266 p.
- Velarde B., A.M. 2009. Modulación del transporte iónico por poliaminas y especies reactivas de oxígeno y su posible impacto en la respuesta de plantas al estrés salino. Tesis de Maestría en Ciencias, Universidad de Colima, Colima. pp. 3.
- Verdugo R., G. 1999. Informe final proyecto "Desarrollo de la producción de plantas medicinales y aromáticas". Fundación para la Innovación Agraria. Universidad Católica de Valparaíso. Valparaíso, Chile. 85 p.
- Verheij, E.W.M. 1992. *Garcinia mangostana*. *In: Edible Fruits and Nuts*. PROSEA No. 2. Verheij, E.W.M. and R.E. Coronel (Eds). Bogor, Indonesia. pp. 175-187.
- Verheye, W.H. 2009. Agro-climate-based land evaluation systems. *In: Land Use, land cover and soil sciences: Vol. 2* (Verheye, W.H., Editor). Encyclopedia of Life Support Systems (EOLSS).
- Vibrans, H. 2009a. Malezas de México. Ficha *Tagetes erecta* L. <http://www.conabio.gob.mx/malezas-de-mexico>. (30 octubre 2013).
- Vibrans, H. 2009b. *Malezas de México*. Ficha *Physalis philadelphica* Lam. <http://www.conabio.gob.mx/malezasdemexico/solanaceae/physalis-philadelphica/fichas/> (17 septiembre 2013).
- Vidal P., I. 2007. Fertirriego en Berries. Universidad de Concepción. Concepción, Chile. 15 p.
- Vidalie, H. 2001. Producción de flores y plantas ornamentales. 3ª. Ed. Grupo Mundi-Prensa. Madrid, España. 269 p.
- Viega, L. 1988. Fisiología del cultivo de girasol. *In: Molestina, C.J. (Ed.)*, Diálogo XXII: Manejo del cultivo, control de plagas y enfermedades del girasol. Programa Cooperativo de Investigación Agrícola del Cono Sur IICA/BBID/PROCISUR. IICA. Montevideo, Uruguay. pp. 211-215.
- Villa, M.P. y C. Chifa. 2006. Contribución al comportamiento de la "Yerba dulce" *Stevia rebaudiana* (Bertoni) Bertoni (Asteraceae) en el Chaco argentino. Universidad Nacional del Nordeste. Comunicaciones Científicas y Tecnológicas. Resumen: A-056, 3 p.
- Villalobos, E., E. Chinchilla, C.H. Umaña, y H. León. 1990. Deficit Hídrico en palma de aceite (*Elaeis guineensis* Jacq) en Costa Rica. Irrigación y fertilización con potasio. *Turrialba*, 40 (4):421-427.

- Villalobos, F.J., L. Testi, J. Hidalgo, M. Pastor and F. Orgaz. 2006. Modelling potential growth and yield of olive (*Olea europea* L.) canopies. *Europ. J. Agronomy*, 296-303.
- Villalpando I., J.F. 1986. Informe anual de investigación. Programa de Agroclimatología. Documento Inédito. INIA-CIAB-C.E. Zapopan. Zapopan, Jalisco, México.
- Villalpando I., J.F., B.C. Biswas, A. Coulibaly, Z. Gat, B.S. Lomoton, K.B. Perry and E.S. Ulanova. 1991. Practical use of agrometeorological data and information for planning and operational activities in all aspects of agriculture, including farming systems. WMO. Commission for Agricultural Meteorology. Geneva. 131 p.
- Villarreal Q., J. A. 2003. Compositae. Tribu Tageteae. *In*: Rzedowski, G. C. de y J. Rzedowski (Eds.). Flora del Bajío y de regiones adyacentes. Fascículo 113. Instituto de Ecología-Centro Regional del Bajío. CONACYT-CONABIO. Pátzcuaro, Michoacán, México.
- Villaseca C., S. 2007. El Nogal: Una especie exigente en suelo y clima. INIA Tierra Adentro. Mayo-Junio. pp. 33-35.
- Virguez, G., E. Chacón y E. González. 2006. Morfología fenológica y producción de biomasa aérea de *Malpighia glabra* en una zona de monte espinoso tropical. XIII Congreso Venezolano de Producción e Industria Animal. AVPA. San Juan de los Morros, Edo. Guárico, Venezuela.
- Vivin, M., M. Castelan E. and J.P. Gaudillere. 2003. Seasonal changes in chemical composition and construction costs of grapevine tissues. *Vitis*, 42(1):5-12.
- Vollenweider P., M. Ottiger, and M.S. Gunthardt G. 2003. Validation of leaf ozone symptoms in natural vegetation using microscopical methods. *Environmental Pollution*, 124:101-118.
- Voltas, J., F.A. van Eeuwijk, J.L. Araus, and I. Romagosa. 1999. Integrating statistical and eco-physiological analyses of genotype by environment interaction for grain filling of barley grain growth. *Field Crops Research*, 62(1):75-84.
- Voyses, O. 1985. Mejoramiento del frijol por introducción y selección. *In*: Frijol, investigación y producción. Compilado y editado por M. López, F. Fernández y A. Schoonhoven. CIAT. Cali, Colombia. pp. 89-107.
- Vuorinen, T., G.V.P. Reddy, A.M. Nerg and J.H. Holopainen. 2004. Monoterpene and herbivore-induced emissions from cabbage plants grown at elevated atmospheric CO₂ concentration. *Atmospheric Environment*, 38(5):675-682.
- Vyas, S.P., S. Kathju, B.K. Garg and A.N. Lahiri, 1996. Response of Cluster-bean genotypes to shade. *Indian J. Plant Physiol.*, 1:234-238.
- Walters, M.B. and C.B. Field. 1987. Photosynthetic light acclimation in two rainforest *Piper* species with different ecological amplitudes. *Oecologia*, 72(3):449-456.
- Wang, S.Y. and J.A. Bunce. 2004. Elevated carbon dioxide affects fruit flavor in field-grown strawberries (*Fragaria × ananassa* Duch). *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 84(12):1464-1468.
- Wang J., Y.T. Gan, F. Clarke, and C.L. McDonald. 2006. Response of chickpea yield to high temperature stress during reproductive development. *Crop Sci.*, 46:2171-2178.
- Wang, C.Y. 1990. Chilling injury of horticultural crops. CRC Press. Boca Raton, Florida, USA.
- Wang, F.L., H. Wang and G. Wang. 2007. Photosynthetic responses of apricot (*Prunus armeniaca* L.) to photosynthetic photon flux density, leaf temperature and CO₂ concentration. *Photosynthetica*, 45(1):59-64.
- Wang, Y., S.T. Du, L. Li, L.D. Huang, P. Fang, X.Y. Lin, Y.S. Zhang and H.L. Wang. 2009. Effect of CO₂ elevation on root growth and its relationship with indole acetic acid and ethylene in tomato seedlings. *Pedosphere*, 19(5): 570-576.

- Warner, D.J. 1998. A history and description of the *Prunus persica* plan introduction collection. HortScience, 33(5):787-793.
- Warrington, I.J. and E.T. Kanemasu. 1983. Corn growth response to temperature and photoperiod. I. Seedling emergence, tassel initiation and anthesis. Agron. J., 75:749-754.
- Watson, B.J., H.R. Bosworth and J.R. Marshall. 1983. Mangosteen: (Purple). Factsheet No. 3. Australia. CAIRNS. 4 p.
- Weaver, R.J. 1976. Grape growing. John Wiley and Sons. New York, USA. 371 p.
- Webb, L.B. 2006. The impact of greenhouse gas-induced climate change on the Australian wine industry, PhD Thesis. School of Agriculture and Food Systems, University of Melbourne, Parkville Victoria, 277 pp.
- Webb, L.B., P.H. Whetton, and E.W.R. Barlow 2007. Modelling impact of future climate change on the phenology of winegrapes in Australia. Australian Journal of Wine and Grape Research, 13:165-175.
- Weber, J.A., R. L. Myers and H.C. Minor. 1993. Canola: A promising oilseed. Agricultural Publication G4280. Department of Agronomy, University of Missouri-Columbia. USA.
- Weibel, J., D. Eamms, E.K. Chacko, W.J.S. Downton and P. Ludders. 1993. Gas exchange characteristics of mangosteen (*Garcinia mangostana* L.) leaves. Tree Physiology, 13: 55-69.
- Weiss, E.A. 1971. Castor, sesame and safflower. Leonard Hill Books, London. pp. 311-525.
- Weiss, I., Y. Mizrahi, and E. Raveh. 2010. Effect of elevated CO₂ on vegetative and reproductive growth characteristics of the CAM plants *Hylocereus undatus* and *Selenicereus megalanthus*. Scientia Horticulturae, 123:531-536.
- Weisz, R., J. Kaminski and Z. Smilowitz. 1994. Water deficit effects on potato leaf growth and transpiration: utilizing fraction extractable soil water for comparison with other crops. Am. Potato Journal, 71(12):829-840.
- West, T. 2008. Net Sequestration Carbon in Agriculture: A national Assessment. Environmental Sciences Division, Oak Ridge National Laboratory. pp. 1 – 6.
- Westwood, M.N. 1978. Temperate-zone pomology. W.H. Freeman and Co. San Francisco, CA., USA. 428 p.
- Whalley, W.R., J. Lipiec, W.E. Finch S., R.E. Cope, L.J. Clark and H.R. Rowse. 2001. Water stress can induce quiescence in newly germinated onion (*Allium cepa* L.) seedlings. Journal of Experimental
- Wheeler, T.R., A.J. Daymond, J. Morison, R.H. Ellis, and P. Hadley 2004. Acclimation of photosynthesis to elevated CO₂ in onion (*Allium cepa*) grown at a range of temperatures. Annals of Applied Biology, 144(1): 103-111.
- Wheeler, T.R., J.I.L. Morison, R.H. Ellis, and P. Hadley. 1994. The effects of CO₂, temperature and their interaction on the growth and yield of carrot (*Daucus carota* L.). Plant, Cell and Environment, 17(12):1275-1284.
- Whiley, A. W. and E.C. Winston. 1987. Effect of temperature at flowering on varietal productivity in some avocado-growing areas in Australia Yearbook. Proceedings of the World Avocado Congress. South African, 10:45-47.
- Whiley, A.W, J.B. Saranah, T.S. Rasmussen, E.C. Winston, and B.N. Wolstenholme. 1988. Effect of temperature on 10 mango cultivars with relevance to production in Australia. Proceedings 4th Australasian Conference on Tree and Nut Crops. ACOTANC, Lismore. pp. 176-185.
- Whiley, A.W. 1993. Environmental effects on phenology and physiology of mango: a review. Acta Hort. (ISHS), 341:168-176.

- Whiley, A.W., T.S. Rasmussen, B.N. Wolstenholme, J.B. Saranah, and B.W. Cull. 1991. Interpretation of growth responses of some mango cultivars grown under controlled temperature. *Acta Horticulturae*, 291:22-31.
- Whiley, A.W., T.S. Rasmussen, J.B. Saranah, and B.N. Wolstenholme. 1989. Effect of temperature on growth, dry matter production and starch accumulation in ten mango (*Mangifera indica* L.) cultivars. *Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 64: 753-765.
- White, W.J. 1985. Conceptos básicos de fisiología en frijol. *In: Frijol, investigación y producción*. Compilado y editado por M. López, F. Fernández y A. Schoonhoven. CIAT. Cali, Colombia. pp. 43-60.
- Whitney, D.A. 1997. Fertilization. *In: Soybean Production Handbook*. Kansas State University. Agricultural Experiment Station and Cooperastive Extension Service. Kansas State, U.S.A. pp. 11-12.
- Wichmann, W. 1992. World Fertilizer Use Manual. BASF AG, Germany. <http://www.fertilizer.org/ifa/HomePage/LIBRARY/Our-selection2/World-Fertilizer-Use-Manual/by-type-of-crops> (4 agosto 2012).
- Williams, L.E. 1987. Growth of "Thompson Seedless" Grape-Vines: I. Leaf area development and dry weight distribution. *J. Am. Soc. Hortic. Sci.*, 112(2):325-330.
- Wilsie, C.P. 1970. Cultivos: aclimatación y distribución. Traductor: Manuel Serrano García. Ed. Revolucionaria Institucional del Libro. La Habana, Cuba.
- Winkler, A.J., J.A. Cook, W.M. Kliewer, and L.A. Lider. 1974. General viticulture. University of California Press. Berkeley, Calif. USA.
- Wittwer, S.H., 1995. Food, climate and carbon dioxide. CRC Press, Boca Raton, FLA, USA. 236 p.
- Wolf, S., A.A. Olesinski, J. Rudich, and A. Marani. 1990. Effect of high temperature on photosynthesis in potatoes. *Ann. Bot.*, 65(2):179-185.
- Wolf, T.K. and J.D. Boyer. 2003. Vineyard site selection. Publication 463-020. Virginia Cooperative Extension, Virginia Polytechnic Institute and Virginia State University, Virginia, USA. 32 p.
- Wooldridge, J. 2007. *A perspective on climate change II. Implications for global and South African viticulture*. Wynboer octubre 2007. <http://www.wineland.co.za/index.php>. (5 octubre 2013).
- Wong, S.C. 1979. Elevated atmospheric partial pressure of CO₂ and plant growth. *Oecologia (Berl.)* 44:68-74.
- Xoconostle C., B. y R. Ruíz M. 2002. Impacto de la biotecnología agrícola en cultivos: el caso de las micorrizas. *Avance y Perspectivas*, 21:263-266.
- Xoconostle C., B., F.A., Ramírez O., L. Flores E. and R. Ruíz M. 2011. Drought tolerance in crop plants. *American Journal of Plant Physiology*, doi:10.3923/ajpp.2011.
- Yaacob, O. and H.D. Tindall. 1995. Mangosteen cultivation. *Plant Production and Protection Paper No. 129*. FAO. Rome, Italy. 100 p.
- Yadav, S.Y., R. Redden, J.L. Hatfield, H. Lotze C. and A. Hall. 2011. Crop adaptation to climate change. Wiley-Blackwell. West Sussex, UK. pp. 4.
- Yamada, M., T. Hidaka and H. Fukamachi. 1996. Heat tolerance in leaves of tropical fruit crops as measured by chlorophyll fluorescence. *Scientia Horticulturae*, 67(1-2):39-48.
- Yang, X., X. Wang, and M. Wei. 2010. Response of photosynthesis in the leaves of cucumber seedlings to light intensity and CO₂ concentration under nitrate stress. *Turk J. Bot.*, 34:303-310.
- Yáñez G. M.S. 2004. Óptimos de fertilización en plantas de nanche (*Byrsonima crassifolia* L.)

- bajo condiciones de vivero. Universidad de Chapingo. Estado de México, México. 33 p.
- Ye, L., X. Fu and F. Ge. 2010. Elevated CO₂ alleviates damage from Potato Virus Y infection in tobacco plants. *Plant Science*, 179(3):219-224.
- Yelenosky, G. 1985. Environmental factors affecting *Citrus*. *Fruit Varieties Journal*, 39(2):51-57.
- Yesilcimen A., M. and M. Ozdemir. 2006. Effect of different ozone treatments on aflatoxin degradation and physicochemical properties of pistachios. *Journal of The Sci. Food Agr.* 86(13):2099-2104.
- Ynag, L.X., S.F. Li, Y.L. Wang, J.Y. Huang, H.J. Yang, G.C. Dong, J.G. Zhu, and G. Liu. 2007. Effects of free-air CO₂ enrichment (FACE) on yield formation of wheat. *Ying Yong Sheng Tai Xue Bao*, 18(1):75-80.
- Young, E.F., R.M. Taylor and H.D. Petersen. 1980. Day-degree units and time in relation to vegetative development and fruiting for three cultivars of cotton. *Crop Sci.*, 20:370-374.
- Yu, M., Q. Gao, and M.J. Shaffer. 2002. Simulating interactive effects of symbiotic nitrogen fixation, carbon dioxide elevation, and climatic change on legume growth. *Journal of Environmental Quality*, 31(2):634-641.
- Yuste P., M.P. 1997a. *Horticultura. In: Biblioteca de la agricultura.* Idea Books. Barcelona, España. pp. 531-768.
- Yuste P., M.P. 1997b. *Los frutales. In: Biblioteca de la agricultura.* Idea Books. Barcelona, España. pp. 121-264.
- Zaag, D.E. 1990. *La patata y su cultivo en los países bajos.* Instituto Consultivo Holandés sobre la Patata. Ministerio de Agricultura y Pesca. La Haya, Holanda. pp. 1-76.
- Zaccari, F. 2002. Una breve revisión de la morfología y fisiología de las plantas de zapallos (*Cucurbita* sp.). *In: Seminario de actualización en el cultivo de zapallo. Mesa Nacional de Cucurbitáceas.* Carballo, S. (Ed.). pp. 14-20. 2 de octubre de 2002. INIA-Las Brujas, Canelones. Uruguay.
- Zaheri, A. and S. Bahraminejad. 2012. Assessment of drought tolerance in oat (*Avena sativa*) genotypes. *Annals of Biological Research*, 3(5):2194-2201.
- Zapiain E., G. 1999. Evaluación de la naranja *Citrus sinensis* (L.) Osbeck en el trópico. Tesis de Maestría. Universidad de Guadalajara. Zapopan, Jalisco, México.
- Zamet, D.N., 1990. The effect of minimum temperature on avocado yield. *Yearbook California Avocado Society.* USA. 247-256.
- Zayton, A.M. 2007. Effect of soil water stress on onion yield and quality in a sandy soil. *Misr Journal of Agriculture Engineering*, 24(1):141-160.
- Zee, F.T. 1995. Rambután. *New Crop Factsheet.* Purdue University – Center for New Crops and Plant Products. <http://www.hort.purdue.edu/newcrop/cropfactsheets/> (14 julio 2013).
- Zegbe D., J.A., J. Mena C. A.F. Rumayor R., L.R. Reveles T. y G. Medina G. 2005. Prácticas culturales para producir durazno criollo en Zacatecas. *Publicación Especial No. 15.* Centro de Investigación Regional Norte Centro. Campo Experimental Zacatecas. 80 p.
- Zegbe D., J.A., S. Rubio, R. Valdez, F.J. Flores y J.L. Chan. 1988. Establecimiento de huertas de duraznero. *In: El durazno.* J.L. Chan (Editor). INIFAP-UAZ. Zacatecas, Zacatecas, México. 117 p.
- Zhang L.L., Z. Yu, and X. Gao. 2005. Preservation fresh-cut celery by treatment of ozonated water. *Food Control*, 16:279-83.
- Zhao, X.Z., G.X. Wang, Z.X. Shen, H.Z., y M.Q. Qiu. 2006. Impact of elevated CO₂ concentration under three soil water levels on growth of *Cinnamomum*. *J. Zhejiang Univ. Sci. B.*, 7(4):283-290.

- Zhu, J., D.P. Bartholomew and G. Goldstein. 1997. Effect of elevated carbon dioxide on the growth and physiological responses of pineapple, a species with crassulacean acid metabolism. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 122(2):233-237.
- Zhu, J., D.P. Bartholomew, and G. Goldstein. 2005. Photosynthetic gas exchange and water relations during drought in 'smooth cayenne' pineapple (*Ananas comosus* (L.) Merr.) grown under ambient and elevated CO₂ and three day/night temperatures. *Acta Hort.*, 666:161-173.
- Ziska, L.H. and J.A. Bunce. 1997. Influence of increasing carbon dioxide concentration on the photosynthetic and growth stimulation of selected C₄ crops and weeds. *Photosynthesis Research*, 54:199-208.
- Ziska, L.H., K.P. Hogan, A.P. Smith, and B.G. Drake. 1991. Growth and photosynthetic response of nine tropical species with long-term exposure to doubled carbon dioxide. *Oecologia*, 86:383-389.

COORDINADORES DE LA INFORMACIÓN

Dr. Gerardo Salazar Gutiérrez
M.C. Ramón Hernández Virgen

REVISIÓN TÉCNICA

M.C. Ruben Ortega Arreola
Dr. José Joaquín Velázquez Monreal
Dra. María Guadalupe Hernández Arenas
M.C. Faustino García Pérez
M.C. Horacio Espinosa Paz
Dr. Jorge Artemio Zegbe Domínguez
M.C. Adriana Mellado Vázquez
M.C. Claudia Pérez Domínguez

GRUPO COLEGIADO EDITORIAL C.E. CENTRO ALTOS DE JALISCO

Dr. Juan de Dios Benavides Solorio
M.C. Javier Ireta Moreno
Dr. Juan Francisco Pérez Domínguez
M.C. Ramón Hernández Virgen

EDICIÓN

Dr. José Ariel Ruiz Corral

DISEÑO Y FORMACIÓN

Daniel Martín López Gallegos

Código INIFAP

MX-0-310301-52052506-3

La presente publicación se terminó de imprimir en el mes de noviembre de 2013 en los Talleres Gráficos de Prometeo Editores, S. A. de C. V. Libertad 1457. Col. Americana, Guadalajara, Jalisco. CP. 44160 Tel. 01 (33)38262726.

Su tiraje consta de 2000 ejemplares
Impreso en México | Printed in Mexico

Campo Experimental Centro Altos de Jalisco

M.C. Ramón Hernández Virgen
Jefe de Campo

Lic. Sandra Lucía Vega Íñiguez
Jefe Administrativo

Personal Investigador

MC. Luis Eduardo Arias Chávez	Leche
Dr. Rodolfo Barretero Hernández	Carne de Rumiantes
Dr. Juan de Dios Benavides Solorio	Manejo Forestal Sustentable y Servicios Ambientales
M.C. Álvaro Agustín Chávez Durán	Incendios Forestales
Dra. Celia de la Mora Orozco	Manejo Integral de Cuencas
M.C. Gerardo Domínguez Araujo	Carne de Cerdo
M.C. Eliab Estrada Cortes	Leche
Dr. José Germán Flores Garnica	Incendios Forestales
Dr. Hugo Ernesto Flores López	Manejo Integral de Cuencas
M.C. Alberto Jorge Galindo Barboza	Carne de Cerdo
M.C. Laura Patricia Gómez Murillo	Incendios Forestales
M.C. Javier Ireta Moreno	Trigo y Avena
M.C. Alejandro Ledesma Miramontes	Maíz
M.C. David Liceaga Rivera	Carne de Rumiantes
Dr. Miguel Luna Luna	Pastizales y Cultivos Forrajeros
MVZ. Raúl Martínez López	Leche
M.C. David Arturo Moreno González	Manejo Forestal Sustentable y Servicios Ambientales
M.C. Luis Alberto Najera Calvo	Maíz
M.C. Aída Liliana Peña Cisneros	Leche
Dr. Juan Francisco Pérez Domínguez	Hortalizas
Dr. José Luis Ramírez Díaz	Maíz
Biol. Gabriela Ramírez Ojeda	Agrometeorología y Modelaje
Dr. José Ariel Ruiz Corral	Agrometeorología y Modelaje
M.C. Santiago Ruiz Ramírez	Maíz
Ing. Ernesto Alonso Rubio Camacho	Manejo Forestal Sustentable y Servicios Ambientales
Dr. Agustín Rueda Sánchez	Plantaciones y Sistemas Agroforestales
Ing. José Martín Ruvalcaba Gómez	Leche
Ing. Mario Antonio Vega Loera	Pastizales y Cultivos Forrajeros
Ing. Jorge Humberto Villareal Rodas	Leche
MVZ. Fernando Villaseñor González	Leche
Biol. Jaqueline Xelhuantzi Carmona	Incendios Forestales

Centros Nacionales de Investigación Disciplinaria, Centros de Investigación Regional y Campos Experimentales





WWW.INIFAP.GOB.MX

El desarrollo social y económico de las sociedades modernas, y entre ellas de la española, ha inducido en décadas pasadas un proceso de cambios agrarios y rurales que no tienen precedentes en épocas anteriores. La agricultura y el medio rural han sufrido profundas modificaciones sociológicas, culturales, tecnológicas, económicas e institucionales. Fruto de esta evolución histórica ha sido la modernización técnica y empresarial de la actividad agraria que han promovido los poderes públicos y protagonizado los agricultores.