

REDUCCION DE EVAPORACION DESDE SUPERFICIES LIQUIDAS

Reducción de la Superficie

Cubiertas artificiales

Capas Superficiales Monomoleculares: película de 1 molécula de espesor que pueden reducir evaporación hasta en 50%. Hidrocarburos de cadenas largas: hexadecanol (se obtiene de la esperma de la ballena) $e=10^{-8}$ mm

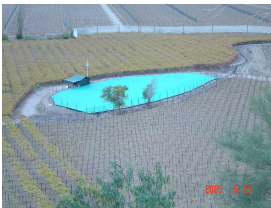
Minimizar A/Vol

1 embalse grande ? Varios pequeños

Operación superficial + embalse subterráneo



Techos artificiales (radiación)



Superficies deflectoras



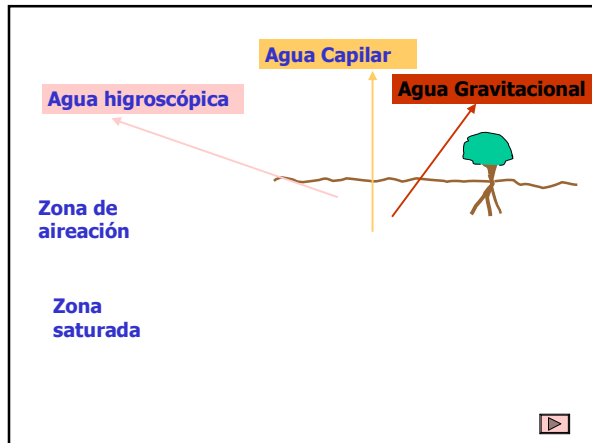
En Chile: 70% hexadecanol
30% octadecanol
reducción E en 40%

EVAPORACION DESDE SUELO

Fuerzas de atracción ente moléculas de agua y suelo es mayor que entre moléculas de agua



PARA ESCAPAR DESDE SUELO MOLECULAS DEBEN VENCER RESISTENCIA MAYOR QUE DESDE LAS SUPERFICIES LIQUIDAS.



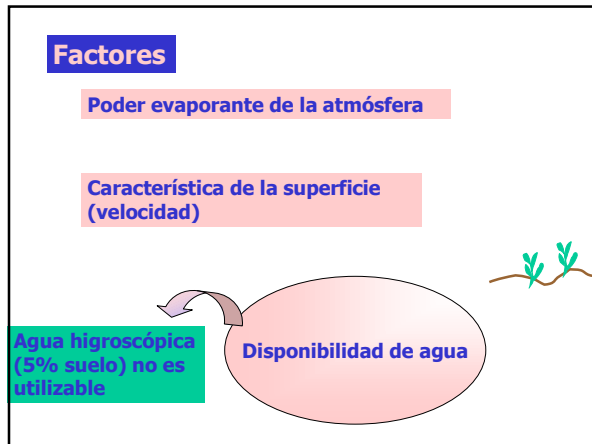
Delgada película alrededor de la partícula de suelo.

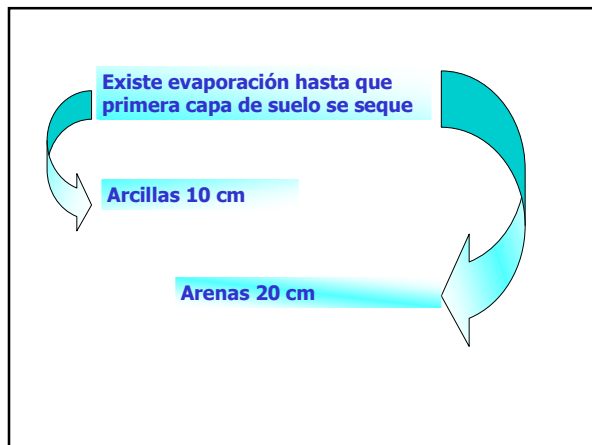
Gran fuerza de adherencia por lo que no es utilizable por la planta

Película continua alrededor de la partícula, sobre agua higroscópica. Adherencia menor; la fuerza a vencer es la de tensión superficial



Exceso que drena por efecto de la gravedad





Suelos Saturados		
E arcilla	75 a 85%	E agua libre
E limos	90%	E agua libre
E arenas finas	100%	E agua libre

Suelos No Saturados

Agua contenida en el suelo susceptible de evaporarse

Precipitación

TURC

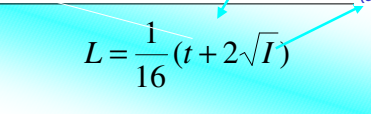
$$E_{10\text{ días}} = \frac{P + a}{\sqrt{1 + \left(\frac{P + a}{L}\right)^2}}$$

mm

Temperatura media en 10 días °C

Radiación solar global media (cal/cm²/día)

$$L = \frac{1}{16} (t + 2\sqrt{I})$$



Transpiración Vegetal



Proceso mediante el cual el agua escapa de una planta, incorporándose a la atmósfera

Cuticular, estomatal y gutación

Según disponibilidad de agua:

xerofitos - meso.... - freato.....-hidrofitos

Déficit de agua, gran evaporación

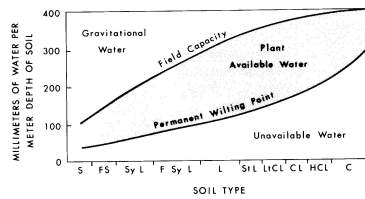
Plantas sumergidas

Superficie evaporante: hojas

Fuente del agua: humedad del suelo

CAPACIDAD DE CAMPO : Porcentaje de humedad, en peso, que tiene el suelo después de drenar por acción de la gravedad

PUNTO DE MARCHITEZ PERMANENTE: Porcentaje de humedad, en peso, en el momento en que una planta se marchita por deficiencia de agua y sin posibilidad de recuperarse si se la coloca en atmósfera saturada



3.8. Typical water-holding characteristics of different textural soils (re-drawn from U.S. Forest Service 1961). C = clay; F = fine; H = heavy; L = loam; Lt = light; S = Sand; St = silt; Sy = sandy.

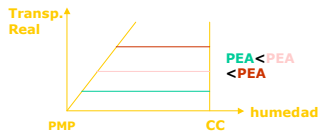
Fuente: Brooks et al 1991 "Hydrology and the management of watersheds"

Factores

Fisiológicos y Ambientales

Tipo de Planta (magnitud de sistema radicular, cobertura vegetal, variedad, etapa de desarrollo), densidad y comportamiento de los estomas, tipo y características de elementos protectores en las hojas, estructura de la hoja, enfermedades

Poder Evaporante de la atmósfera; tipo de suelo; disponibilidad de agua; presencia de compuestos químicos y microorganismos

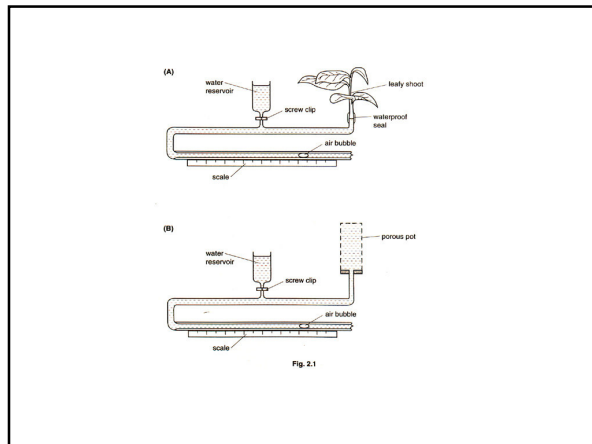


Absorción higroscópica e higrómetros: planta se coloca dentro de campana o cilindro hermético. Variación de humedad en el interior=transpiración planta



Fitómetro: estanque o recipiente con suelo dentro del cual se hace crecer la planta. Superficie de suelo se sella de modo que variaciones del peso del estanque indiquen cantidad de agua transpirada por la planta

Estudios hidrológicos: Balance en zona antes y después de remover completamente la vegetación



Depende de los mismos factores que controlan la evaporación desde superficies líquidas, es decir la disponibilidad de energía y el transporte de vapor aunque además incide la disponibilidad de humedad en la superficie evaporante. A medida que el suelo se seca, la tasa de evapotranspiración disminuye en relación a la que existiría si el suelo continuara mojado.

EVAPOTRANSPIRACION POTENCIAL: Máxima ET que podrá ocurrir para un determinado PEA si existe una reserva de agua suficiente en el suelo en todo momento

MEDICION

Estanques cilíndricos o rectangulares (l=3m; D=75 cm; h=0,7 a 3 m) dentro de los cuales se hace crecer vegetación

$ET = \text{Lluvia} + \text{Riego} + \Delta H$

Parcelas y Superficies Naturales < 1/2 ha

$ET = \text{Lluvia} + \text{Riego} - \text{Escorrentía} + \Delta H$

Balance Hidrológico

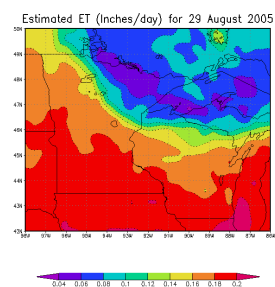
LISIMETROS



$$ET = \text{Lluvia} + \text{Riego} + \Delta H - \text{Percolación}$$



<http://www.soils.wisc.edu/wimnext/et/wimnet.html>



Varios métodos para predecir la evapotranspiración (ET) en función de variables climáticas. Doorembos y Pruitt (1986) establecen los parámetros de 4 fórmulas ampliamente utilizadas contrastándolas con datos medidos de ET en diferentes zonas geográficas y condiciones climáticas.

evapotranspiración de un cultivo de referencia ET₀ definida como: la tasa de ET de una superficie extendida de gramíneas verdes de 8 a 15 cm de altura, uniforme, de crecimiento activo, que cubren totalmente el suelo y que no escasean de agua.

Coefficiente de cultivo

Métodos de Estimación

Método	T	R	v	HR	n	E	Observ.
Blaney-Criddle	*		(+)	(+)	(+)		
Evaporímetro			(+)	(+)		*	Cond. Ubic.
Radiación	*	*	(+)	(+)		*	Cond. Ubic.

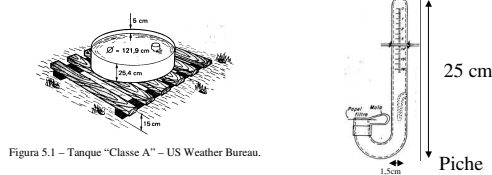
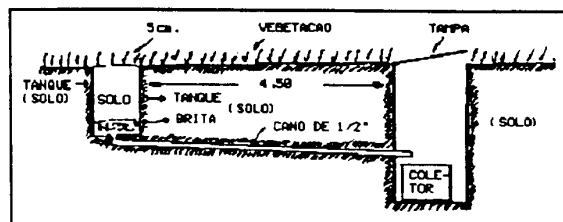


Figura 5.1 – Tanque “Clase A” – US Weather Bureau.



Lisímetro 1,5m de diámetro por 1,0m de altura

La evaporación real mensual de una región es del orden de 100 mm. Suponiendo consumo per cápita de 200 l/hab/día, con el agua perdida por evaporación en un embalse de 6 km² de área, podría abastecer, durante un mes, una ciudad de:

- a) 10.000 habitantes;
- b) 100.000 habitantes;
- c) 30.000 habitantes;
- d) 300.000 habitantes.

Método de Blaney y Criddle.

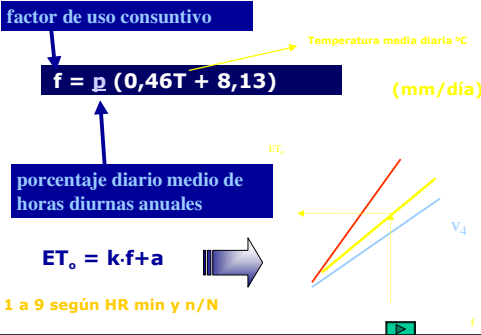


TABLA 5.1: PORCENTAJE DIARIO MEDIO (p) DE HORAS DIURNAS ANUALES A DIFERENTES LATITUDES

Latitud Norte Par. (°)	Ene. Ene.	Feb. Feb.	Mar. Mar.	Abr. Abr.	May. May.	Jun. Jun.	Jul. Jul.	Ago. Ago.	Sep. Sep.	Oct. Oct.	Nov. Nov.	Dic. Dic.
40	15	20	26	32	38	41	40	34	28	22	17	13
30	16	21	26	32	37	40	39	34	29	23	18	14
20	17	21	26	32	36	39	38	34	29	24	19	15
10	18	22	26	31	35	38	37	33	28	23	18	14
0	19	22	27	31	35	37	36	32	28	24	19	15
10	19	23	27	31	34	36	35	32	28	24	19	15
20	20	23	27	31	34	35	34	31	28	24	19	15
30	21	24	27	30	33	35	34	31	28	24	19	15
40	22	24	27	30	33	34	33	30	27	23	19	15
50	23	25	27	30	33	33	32	29	26	22	19	15
60	24	25	27	30	33	32	31	28	25	21	18	14
70	24	26	27	30	33	31	30	27	24	20	17	14
80	25	26	27	30	33	30	29	26	23	19	16	13
90	26	26	27	30	33	29	28	25	22	18	15	12
100	27	27	27	30	33	28	27	24	21	17	14	11
110	27	27	27	30	33	27	26	23	20	16	13	10
120	27	27	27	30	33	26	25	22	19	15	12	9
130	27	27	27	30	33	25	24	21	18	14	11	8
140	27	27	27	30	33	24	23	20	17	13	10	7
150	27	27	27	30	33	23	22	19	16	12	9	6
160	27	27	27	30	33	22	21	18	15	11	8	5
170	27	27	27	30	33	21	20	17	14	10	7	4
180	27	27	27	30	33	20	19	16	13	9	6	3

(1) Latitud Sur: Se deduce 6 meses, según se indica

PARAMETROS k Y a DEL METODO DE BLANEY Y CRIDDLE

>5 m/s

n/N BAJA 0,3 a 0,6

20 a 50%

HR min ALTA

	HR min BAJA		HR min MEDIA		HR min ALTA	
	k	a	k	a	k	a
V. DIURNO- FUERTE	1,53	-1,36	1,23	-1,38	1,00	-1,40
V. DIURNO MODER.	1,37	-1,43	1,20	-1,50	0,96	-1,54
V. DIURNO DEBIL	1,27	-1,80	1,13	-1,79	0,94	-1,97

	n/N MEDIA 0,6 a 0,8		HR min MEDIA		HR min ALTA	
	k	a	k	a	k	a
V. DIURNO FUERTE	1,80	-1,58	1,50	-1,64	1,12	-1,30
V. DIURNO MODER.	1,60	-1,80	1,38	-1,71	1,03	-1,32
V. DIURNO DEBIL	1,38	-1,71	1,24	-1,77	0,96	-1,44


<2m/s

n/N ALTA >0,8


HR min BAJA

	HR min BAJA		HR min MEDIA		HR min ALTA	
	k	a	k	a	k	a
DIURNO FUERTE	1,97	-1,54	1,72	-1,81	1,28	-1,48
DIURNO MODER.	1,78	-1,91	1,58	-1,97	1,23	-1,65
DIURNO DEBIL	1,71	-2,55	1,46	-2,11	1,14	-1,71


Calcular para cada mes de cada año de la estadística




No usar en regiones ecuatoriales




No usar en islas pequeñas



Incierto a grandes alturas por bajas temperaturas mínimas



Método puede ser engañoso en climas con gran variación de horas de insolación (climas monzónicos y en latitudes medias en primavera)

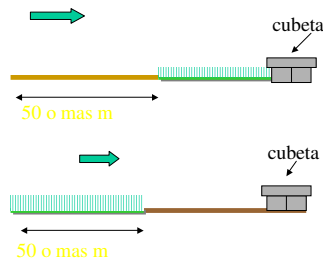


Método del evaporímetro



$$E_t = K_p E_p$$

Depende de condiciones de instalación de la cubeta, tipo de cubeta y condiciones meteorológicas (HR,v)



Cuadro 20. COEFICIENTE K_p , EN EL CASO DE UNA CUBETA IRREGULAR DEL COLORADO, PARA DEFERENTES QUERIENTES Y NIVELES DE HUMEDAD RELATIVA MEDIA Y VIENTOS TRÓPICOS LAS 24 HORAS

Cubeta humedad del Colorado	Caso A Cubeta rodeada de cubetas verde				Caso B 1/ Cubeta rodeada de barbecho de secano			
	media %	baja < 60	media 60-70	alta > 70	media %	baja < 60	media 60-70	alta > 70
Vientos km/h/a	Distancia a barbecho de cubeta verde (en m)				Distancia a barbecho de secano(en m)			
Débiles <175	0	.75	.75	.8	0	1.1	1.1	1.1
	10	1.0	1.0	1.0	10	.85	.85	.85
	>100	1.1	1.1	1.1	100	.75	.75	.8
Moderados 175-425	0	.65	.7	.7	0	.95	.95	.95
	10	.85	.85	.9	10	.75	.75	.75
	>100	.95	.95	.95	100	.65	.65	.70
Fuertes 425-700	0	.55	.6	.65	0	.8	.8	.8
	10	.75	.75	.75	10	.65	.65	.65
	>100	.8	.8	.8	100	.55	.6	.65
Muy fuertes >700	0	.5	.55	.6	0	.7	.75	.75
	10	.65	.7	.7	10	.55	.6	.65
	>100	.7	.75	.75	100	.5	.55	.6

1/ En el caso de superficies extensas de barbecho después y con un desarrollo agrícola nulo, se deben reducir los valores de K_p en un 20% en condiciones de mucho calor y vientos fuertes y en un 5-10% tratándose de una temperatura, una humedad y unos vientos moderados.

Caso B 1/ Cubeta rodeada de barbecho de secano			
	baja < 40	media 40-70	alta > 70
Distancia a barbecho (dist. barbecho de secano en m)			
0	0,70	0,80	0,85
10	0,60	0,70	0,80
100	0,35	0,65	0,75
1000	0,30	0,60	0,70
0	0,65	0,75	0,80
10	0,55	0,65	0,70
100	0,30	0,60	0,65
1000	0,45	0,55	0,60
0	0,60	0,65	0,70
10	0,50	0,55	0,65
100	0,45	0,50	0,60
1000	0,40	0,45	0,55
0	0,50	0,60	0,65
10	0,45	0,50	0,55
100	0,40	0,45	0,50
1000	0,35	0,40	0,45

lo agrícola uilo, se deben reducir los valores de K_p en un 20% en
a una temperatura, una humedad y unos vientos moderados.

Tabla 10 RELACION ENTRE LA EVAPORACION EN LAS CUBETAS MUESTRAS QUE SE CITA Y LA CUBETA
HERRERA DEL COLABORADOR, EN DIFERENTES CONDICIONES CLIMATICAS Y TIPOLOGIAS
DIFERENTES DE LAS CUBETAS. LOS RESULTADOS INDICADOS ENTRE PARÉNTESIS
FACTORES MULTIPLICADORES PARA CORREGIR LA EVAPORACION ESTIMADA DE LA CUBETA DEL
COLABORADOR.

Clima		Clima húmedo templado		Arida y semidesértica (estación seca)	
Cubeta muestra más cercana a la cubeta 150 ó más m)		Cubeta verde baja	Barbecho de secano	Cubeta verde baja	Barbecho de secano
COI 70: diám. 5 m profundidad 7 m (HLSU)	Sup. cubeta (m²)	1,0	1,1	1,05	1,25 ^a
Cubeta humida de 3,6 m de diám. y 1 m de profundidad (Taraol)	10,5				
Cubeta Symon, de 0,56 m² y 60 cm de profundidad (Reino Unido)	2,3				
BSI diám. 1,80 m, prof. 60 cm (HLSU)	2,6				
Cubeta de Enlas diám. 1,20 m, prof. 30,5 cm	1,2				
Cubeta supralitoral diám. 90 cm prof. 30 cm	0,7		1,0		1,0
Cubeta Aalyng de 0,33 m² x 1 m de prof. (Dinamarca)	0,3			1,0	
COI 3000 diám. 61,8 cm prof. 60-80 cm	0,3				
Cubeta humida de 50 cm de diám. y 25 cm prof. (Taraol Basso)	0,2	1,0	0,95	1,0	0,95

Método de Radiación



$$E_{To} = a + b W R_s$$

Función de temperatura
y altitud

$$R_s = (0,25 + 0,5 n/N) R_a$$

Duración astronómica Media
Diaria de horas de insolución

VALORES DEL FACTOR DE PONDERACION W

t°C	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34
A una altura de 0 m																	
0,43	0,46	0,49	0,52	0,55	0,58	0,61	0,64	0,66	0,68	0,71	0,73	0,75	0,77	0,78	0,80	0,82	0,84
500	0,44	0,48	0,51	0,54	0,57	0,60	0,62	0,65	0,67	0,70	0,72	0,74	0,76	0,78	0,79	0,81	0,82
1.000	0,46	0,49	0,52	0,55	0,58	0,61	0,64	0,66	0,69	0,71	0,73	0,75	0,77	0,79	0,80	0,82	0,83
2.000	0,49	0,52	0,55	0,58	0,61	0,64	0,66	0,69	0,71	0,73	0,75	0,77	0,79	0,81	0,82	0,84	0,85
3.000	0,52	0,55	0,58	0,61	0,64	0,66	0,69	0,71	0,73	0,75	0,77	0,79	0,81	0,82	0,84	0,85	0,86
4.000	0,54	0,58	0,61	0,64	0,66	0,69	0,71	0,73	0,75	0,77	0,79	0,81	0,82	0,84	0,85	0,86	0,87

Latitud Norte	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Sept.	Octubre	Nov.	Dic.
Latitud Sur	Julio	Agosto	Sept.	Octubre	Nov.	Dic.	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio
20°	8,3	10,1	11,8	13,8	15,4	16,5	15,9	14,3	12,7	10,8	9,1	8,1
40°	8,3	10,2	11,8	13,5	15,2	16,9	15,9	13,9	12,2	10,9	9,3	8,3
25°	9,1	10,4	12,2	13,7	14,9	15,7	14,5	12,2	10,7	9,2	7,7	6,7
45°	9,3	10,4	12,2	13,5	14,7	15,4	14,0	12,2	11,0	9,7	8,2	7,2
42°	9,4	10,5	11,9	13,4	14,8	15,7	14,9	13,9	12,4	11,1	9,8	8,1
40°	9,6	10,7	11,9	13,3	14,4	15,0	14,7	13,7	12,4	11,2	10,0	9,3
22°	10,1	12,2	13,5	14,4	14,2	14,5	14,3	13,7	12,1	11,3	10,3	9,3
30°	10,1	11,7	12,0	12,9	13,8	14,0	13,9	13,2	12,1	11,5	10,6	10,2
28°	10,7	11,3	12,0	12,7	13,3	13,7	13,5	12,0	12,3	11,6	10,9	10,4
30°	11,0	11,5	12,0	12,6	13,1	13,4	13,7	12,4	12,5	11,7	11,2	10,9
15°	11,1	11,5	12,0	12,4	12,8	13,1	13,4	12,6	12,5	12,1	11,4	11,1
10°	11,6	11,8	12,0	12,3	12,6	12,7	12,9	12,1	12,1	11,8	11,6	11,5
5°	11,8	11,9	12,0	12,2	12,3	12,4	12,5	12,3	12,1	12,0	11,9	11,8
0°	12,1	12,1	12,1	12,1	12,1	12,1	12,1	12,1	12,1	12,1	12,1	12,1

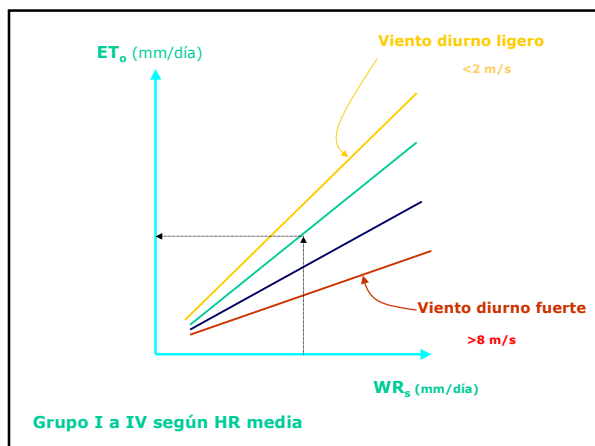
Oración Astronómica Media Diaria de horas de insolación

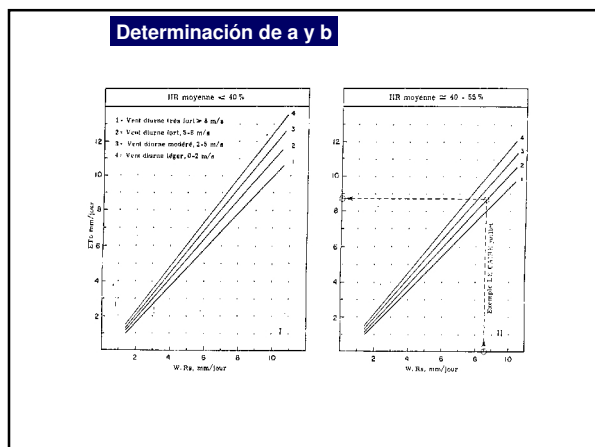
Duración Astronómica Media Diaria de horas de insolación

Radiación Extraterrestre en evaporación equivalente (mm/día)												
Lat.	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
50°	17,5	14,7	10,9	7,0	4,2	3,1	3,3	5,5	8,9	12,9	16,5	18,2
48°	17,6	14,9	11,2	7,3	4,7	3,5	4,0	6,0	9,3	13,2	16,6	18,2
46°	17,7	15,1	11,5	7,9	5,2	4,0	4,6	6,5	9,7	13,4	16,7	18,3
44°	17,8	15,3	11,9	8,4	5,7	4,4	4,9	6,9	10,2	13,7	16,7	18,3
42°	17,9	15,5	12,2	8,8	6,1	4,9	5,6	7,4	10,6	14,0	16,8	18,3
40°	17,9	15,7	12,5	9,2	6,6	5,3	5,9	7,9	11,0	14,2	16,9	18,3
38°	17,9	15,8	12,8	9,6	7,1	5,8	6,3	8,3	11,4	14,4	17,0	18,3
36°	17,9	16,0	13,2	10,1	7,5	6,2	6,8	8,8	11,7	14,6	17,0	18,2
34°	17,8	16,1	13,5	10,5	8,0	6,8	7,2	9,2	12,0	14,9	17,4	18,2
32°	17,8	16,2	13,8	10,9	8,5	7,3	7,7	9,6	12,4	15,1	17,2	18,1
30°	17,8	16,4	14,0	11,3	8,9	7,8	8,1	10,1	12,7	15,3	17,3	18,1
28°	17,7	16,4	14,3	11,6	9,3	8,2	8,6	10,4	13,0	15,6	17,2	17,9
26°	17,6	16,4	14,4	12,0	9,7	8,7	9,1	10,9	13,2	15,5	17,2	17,8
24°	17,5	16,5	14,6	12,3	10,2	9,1	9,5	11,2	13,4	15,6	17,1	17,7
22°	17,4	16,5	14,8	12,6	10,6	9,6	10,0	11,6	13,7	15,7	17,0	17,5
20°	17,3	16,5	15,0	13,0	11,0	10,0	10,4	12,0	13,9	15,8	17,0	17,4
18°	17,1	16,5	15,1	13,2	11,4	10,4	10,8	12,3	14,1	15,8	16,8	17,1
16°	16,9	16,4	15,2	13,5	11,7	10,8	11,2	12,6	14,3	15,8	16,7	16,8
14°	16,7	16,4	15,2	13,7	12,1	11,2	11,6	12,9	14,5	15,8	16,5	16,6
12°	16,6	16,3	15,4	14,0	12,5	11,6	12,0	13,2	14,7	15,8	16,4	16,5
10°	16,4	16,3	15,5	14,2	13,8	12,6	13,4	13,5	14,8	15,9	16,2	16,2
8°	16,1	16,1	15,5	14,5	13,1	12,4	12,7	13,7	14,9	15,8	16,0	16,0
6°	15,8	16,0	15,6	14,7	13,6	12,8	13,1	14,0	15,0	15,7	15,8	15,7
4°	15,5	15,8	15,6	14,9	13,8	12,9	13,2	14,1	14,9	15,1	15,6	15,4
2°	15,3	15,7	15,3	15,1	14,1	13,5	13,7	14,5	15,2	15,5	15,3	15,1
0°	15,0	15,2	15,7	15,3	14,4	13,9	14,1	14,8	15,3	15,4	15,1	14,8

Rs/Ra						
Nubosidad (octas)	0	1	2	3	4.....	8
Zonas Montañosas						
húmedas ecuato.	0,66	0,62	0,59	0,52	0,49	0,39
Climas semiáridos	0,70	0,67	0,64	0,61	0,58	0,46

Cielo despejado: 1 octa	➔	Tabla de n/N
nubosidad parcial: 3 octas		Nub. 0 ,2 ,4...
nubes: 6 octas		0 ,90 ,90 ,90...
cielo cubierto: 8 octas		1 ,85 ,85 ,80...
		.
		.
		.
		7 ,15 ,15 -





COEFICIENTE DE CULTIVO K_c

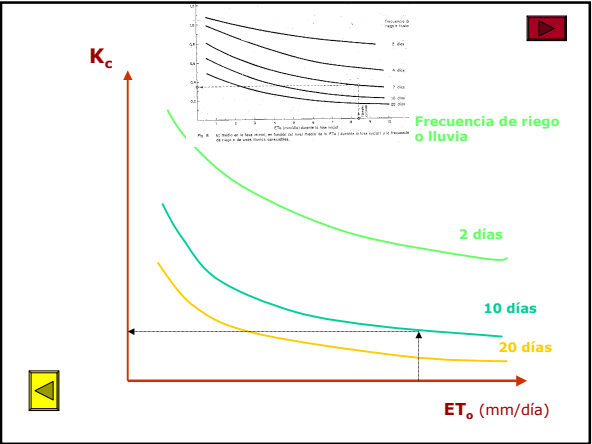
Fase Inicial: desde siembra hasta que el cultivo cubre parcialmente el suelo

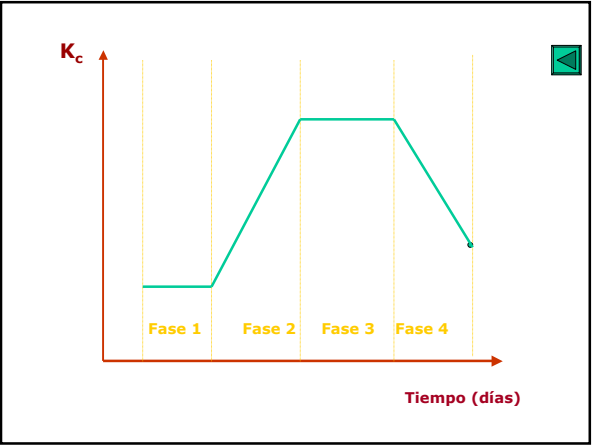
Fase de Desarrollo del cultivo: desde fin fase inicial hasta cobertura total del terreno

Fase de Medios del periodo: desde fin fase anterior hasta maduración

Fase Recolección: desde maduración hasta recolección







FASE 3

Según condiciones climáticas predominantes HR_{min} y velocidad de viento

Fase 4

Cultivo	Iniciado (m/seg)	HR_{min}		HR_{min}	
		0-3	3-8	0-3	3-8
Berenjena	1	0.95	1.0	1.05	1.1
	4	0.8	0.85	0.95	0.9
Fino	1	1.0	1.05	1.1	1.15
	4	0.75	0.25	0.2	0.2
Granos	1	1.05	1.1	1.15	1.2
	4	0.3	0.3	0.25	0.25
Lentisco	1	1.05	1.1	1.15	1.05
	4	0.1	0.3	0.25	0.25
Lechuga	1	0.25	0.25	1.0	1.05
	4	0.2	0.9	0.9	1.0
Heliconia	1	0.95	0.95	1.0	1.5
	4	0.65	0.65	0.75	0.75
Aliso	1	1.0	1.05	1.1	1.15
	4	0.1	0.3	0.25	-

Periodo Vegetativo: duración de cada fase

Primeros meses <i>Leguminosas</i>	En climas continentales plantación a finales de la primavera 29/04/20 y (110); plantación en junio en el centro de California y en el Pacífico occidental 15/25/25/20 y (95); variedades de alto tiempo 12/25/20/20 y (110).
Verano <i>[de mayo]</i>	Plantación en primavera en el Mediterráneo 15/25/20/10 y (70); plantación a principios de la primavera en climas mediterráneos y antes del frío en los climas desérticos 29/02/20/10 y (90).
Desarrollo	Plantación en climas continentales o fríos 20/10/10/20 y (100), en la estación fría hasta 20/10/00/20 y (160); plantación a principios de la primavera en climas mediterráneos 21/31/40/20 y (120) hasta 30/00/00/20 y (150) en los casos de plantación a finales del invierno.
Frío	Climas templados y fríos, plantación en primavera 29/00/00/20 y (100).
Frío	Plantación antes del frío en climas templados 21/00/00/20 y (160), estación fría 30/00/00/20 y (180); variedades de otoño en climas mediterráneos húmedos 30/00/00/15 y (125).
Frío dulce	En Filipinas, plantación a principios de marzo (final de la estación seca) 20/20/20/10 y (10); plantación a finales de la primavera en el Mediterráneo 20/25/25/10 y (80); plantación al final de la estación fría en climas desérticos 30/30/30/10 y (90); plantación a principios de la estación fría en climas desérticos 20/30/30/10 y (110).

NECESIDADES DE RIEGO

$$TR = (ET - P_u - H) / \eta$$

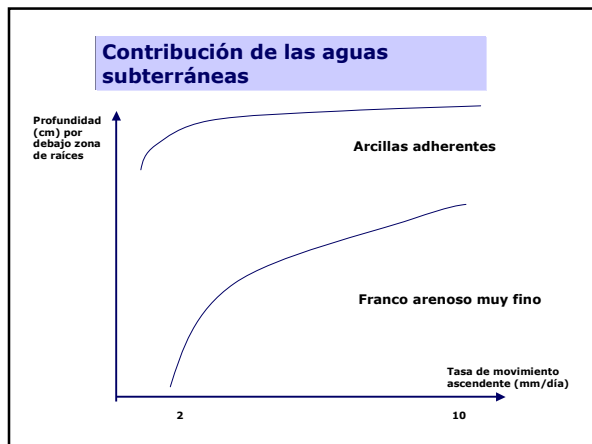
F(P, H inicial)

Eficiencia de riego

Lluvias anuales media (mm)		12.5	25	37.5	50	62.5	75	87.5	100	112.5	125	137.5	150	162.5	175	187.5	200
		Lluvia efectiva mensual media 1/															
m(cultivo) mensual media (mm)	25	8	16	24													
	50	8	17	25	32	39	46										
	75	9	18	27	34	41	48	56	62	69							
	100	9	19	28	35	43	52	59	66	73	80	87	94	100			
	125	10	20	30	37	46	54	62	70	78	85	92	99	107	116	120	
	150	10	21	31	39	49	57	66	74*	81	89	97	104	112	119	121	125
	175	11	23	32	42	52	61	69	78	86	95	103	111	118	126	131	131
	200	11	24	33	44	54	64	73	82	91	100	109	117	125	134	142	150*
	225	12	25	35	47	57	68	78	87	96	106	115	124	132	141	150	150
	250	13	26	38	50	61	72	83	92	102	112	121	132	140	150	150	160

1/ Cuando el agua almacenada en el suelo en el momento del riego (ΔS) es mayor o menor que 75 mm, el factor de corrección pertinente es:

ΔS , mm	20	25	27.5	50	62.5	75	100	125	150	175	200
Factor	0.73	0.77	0.86	0.93	0.97	1.00	1.02	1.04	1.06	1.07*	1.07*



Variación agua almacenada en el suelo (humedad)

Entre CC y PMP

VOLUMEN DE AGUA DISPONIBLE EN EL SUELO (%)				
Tensión de humedad (atm)	0,2	0,5	2,5	16
Arcillosos pesados	18	15	8	0
Franco-Limosos	25	19	7	0
Franco arcillo-arenosos	14	11	6	0
Franco-arenosos	13	8	3	0
Arenosos finos medios	6	3	2	0

Capacidad de almacenamiento de agua en el suelo para tensión de humedad dada:

$$\Delta S_i = \Sigma (S_{cc} - S_i) D_i / 100$$

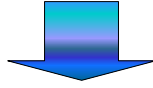
Humedad del suelo en % volumen de la capacidad de campo
 Humedad del suelo en % volumen para tensión de humedad dada
 Profundidad del suelo

Ejemplo

D: profundidad de raíces = 140 cm; D₁ > 140 cm, suelo franco arenoso 60 cm (S_{cc} = 13% en vol) y franca arcilla-arenosa 80 cm (S_{cc} = 14% en vol)
 Tensión de humedad = 1,5 atmósferas

Para tensión de humedad de 1,5 atm

$S_i = 5\%$ suelo franco arenoso
 $S_i = 8\%$ suelo franco arcillo arenoso



$$\Delta S_i = (13-5) \cdot 60/100 + (14-8) \cdot 80/100 = 9,6 \text{ cm} = 96 \text{ mm}$$

S en % volumen = γ_{sap} * S en % ponderado

Métodos de Riego

- Gravedad: surcos $\eta = 55$ a 70%
- Aspersión $\eta = 60$ a 80% (clima)
- Goteo
- Infiltración Subterránea $\eta = 80\%$

Pérdidas en canales:

- no revestidos
 - 10% en suelos arcillosos
 - 25 % en suelos arenosos
- de tierra en mal estado de conservación 50%
- revestidos 5 a 10%

Pérdidas de operación de un sistema de riego predial y zonal pueden llegar a 25%

F(tipo de suelo, topografía, método de riego, costo (directo o alternativo) del agua e idoneidad del regador) = 45 a 50% en suelos arenosos y arcillosos a 60% en suelos franco-limosos, con sistemas tradicionales de riego; Sistemas no tradicionales η 80 a 85%

η a nivel predial engloba η de potrero y las pérdidas en el predio:

35% en terrenos arenosos
55% en terrenos franco-limosos



**Derrames o
Recuperaciones**



***Profe! Profe!
Acuérdese que
iba a mostrar el
programa!***

Fin Capítulo 4
