



FACULTAD DE CIENCIAS
AGRONÓMICAS
UNIVERSIDAD DE CHILE

Elementos del Diseño de Experimento

Erika Kania Kuhl
Ing. Agr. Dr.



FACULTAD DE CIENCIAS
AGRONÓMICAS
UNIVERSIDAD DE CHILE

PARTE 1

Elementos del Diseño de Experimento

Erika Kania Kuhl
Ing. Agr. Dr.





FACULTAD DE CIENCIAS
AGRONÓMICAS
UNIVERSIDAD DE CHILE

En las Ciencias Agropecuarias es frecuente conducir ensayos con el fin de evaluar comparativamente dos o mas tratamientos.

Experimento

Se define a un experimento como la acción de aplicar uno o más tratamientos a un conjunto de **unidades experimentales** para valorar sus **respuestas.**

3



FACULTAD DE CIENCIAS
AGRONÓMICAS
UNIVERSIDAD DE CHILE

Unidad Experimental (UE)

Es el elemento o **unidad básica del ensayo** o la **mínima porción del material experimental** sobre el cual se aplica un tratamiento

....y sobre la que, posteriormente, se evalúan **una o más variables respuestas** para evaluar el efecto de los tratamientos



4



FACULTAD DE CIENCIAS
AGRONÓMICAS
UNIVERSIDAD DE CHILE

Unidad Experimental

La UE es propia de cada ensayo.



En las Ciencias Agropecuarias en particular se suele usar el término "parcela experimental" por trabajarse efectivamente con parcelas de tierra como unidad experimental

5



FACULTAD DE CIENCIAS
AGRONÓMICAS
UNIVERSIDAD DE CHILE

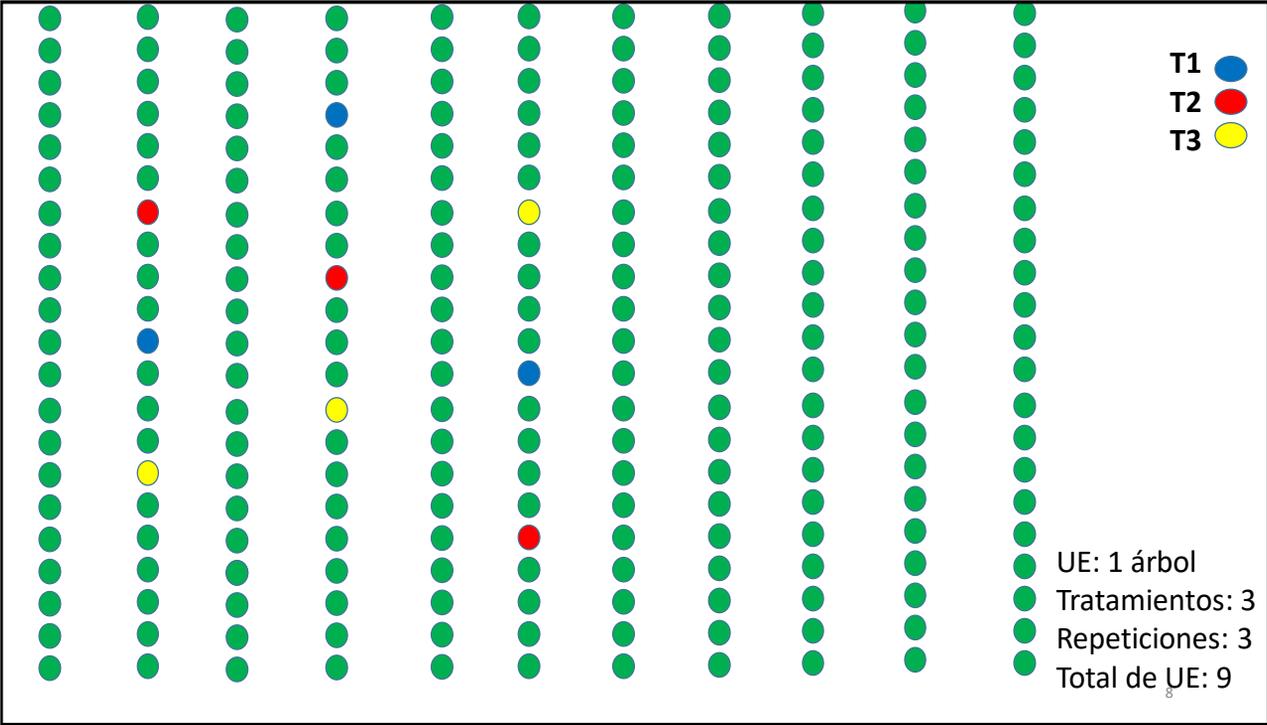
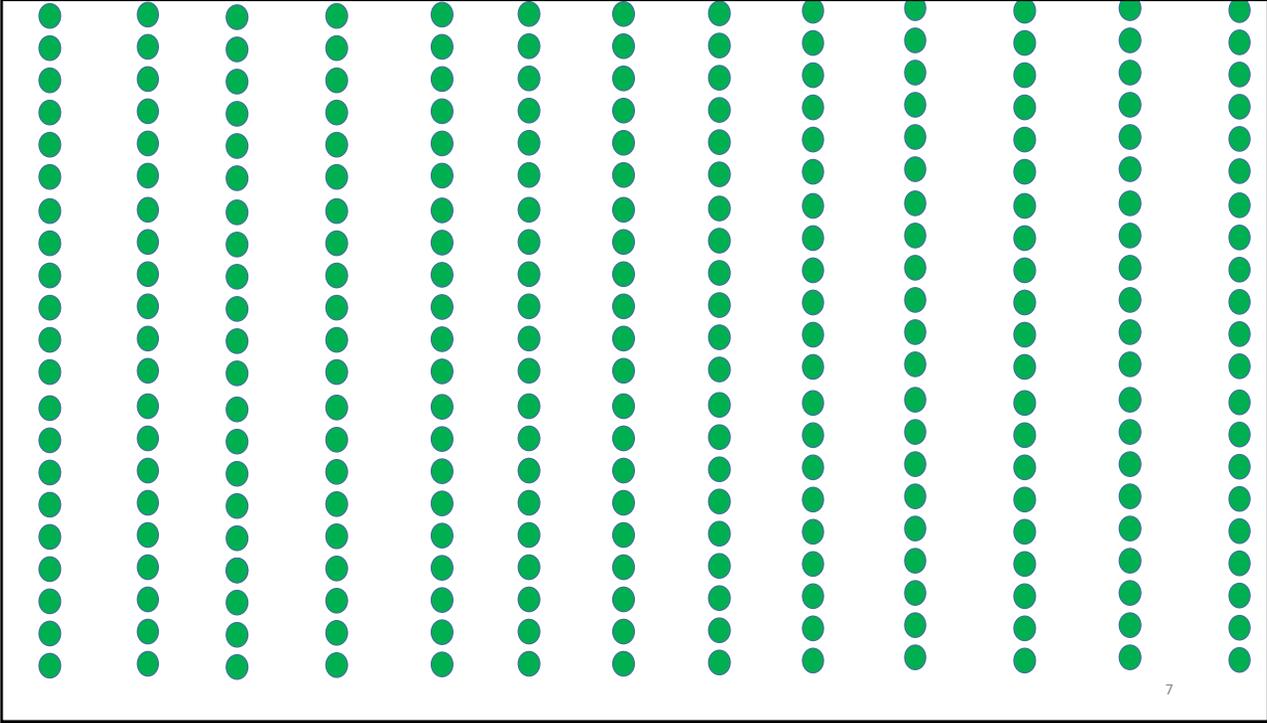
Unidad Experimental

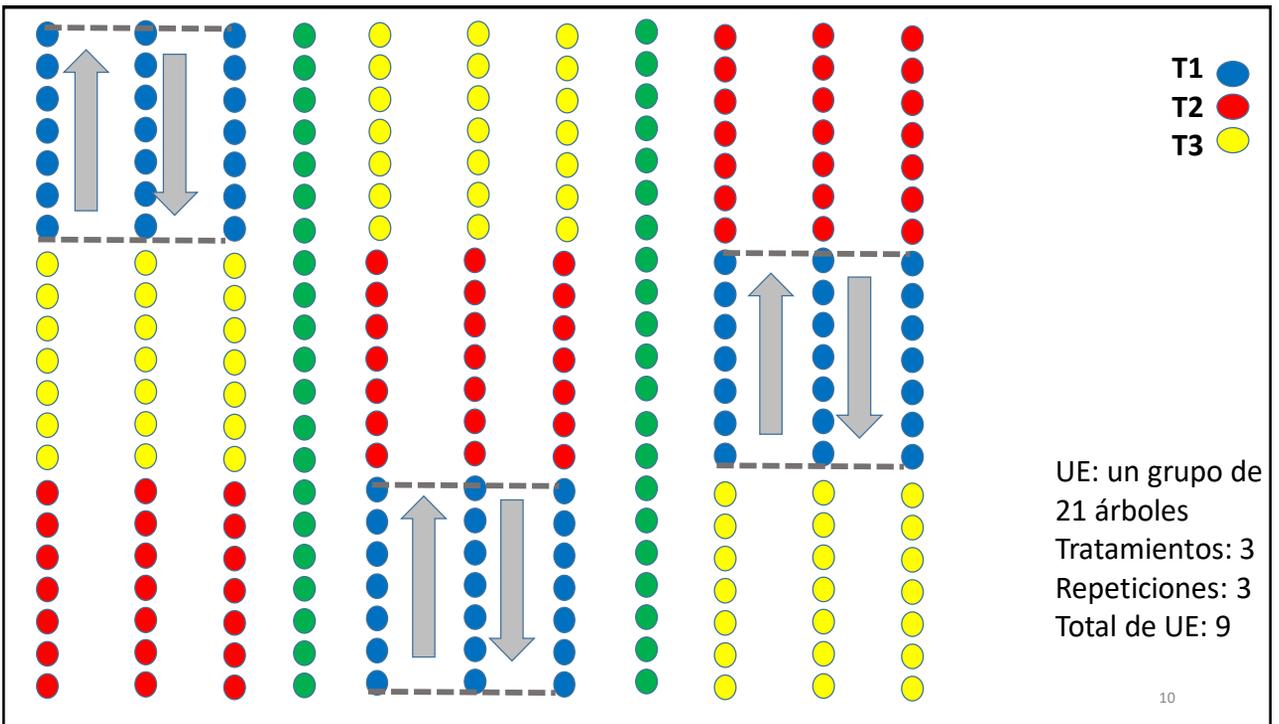
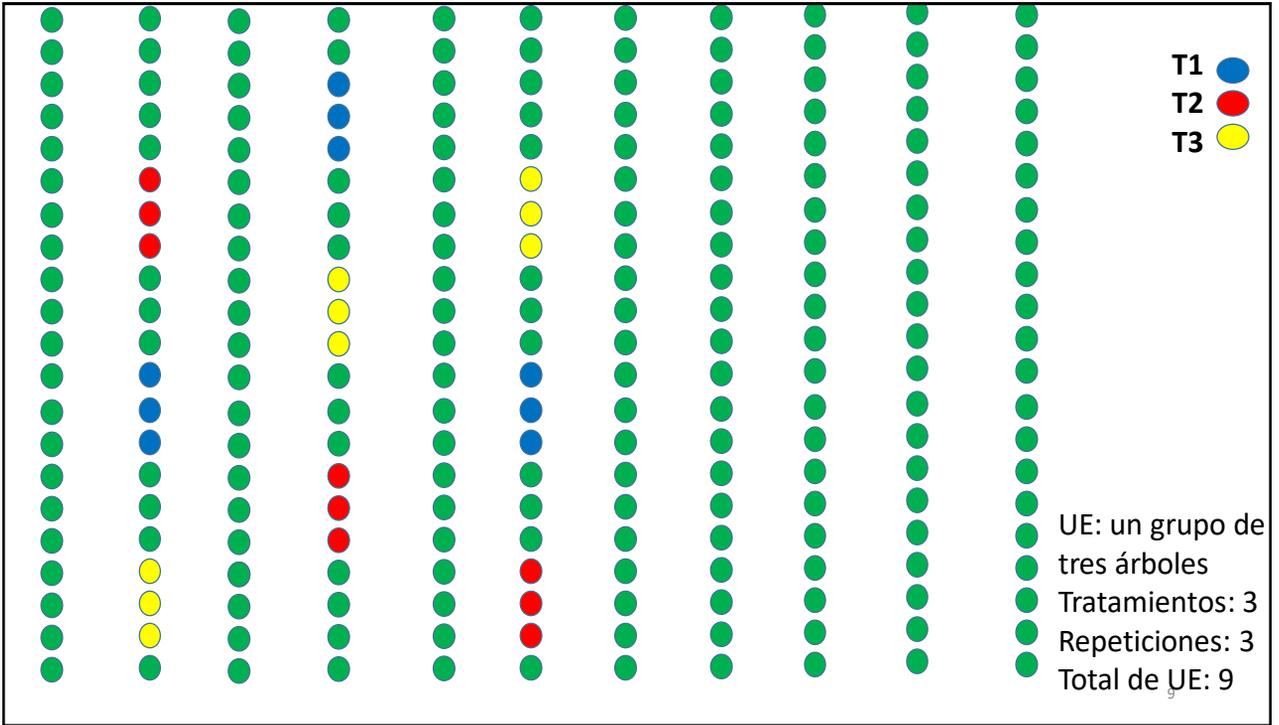
La UE es propia de cada ensayo.

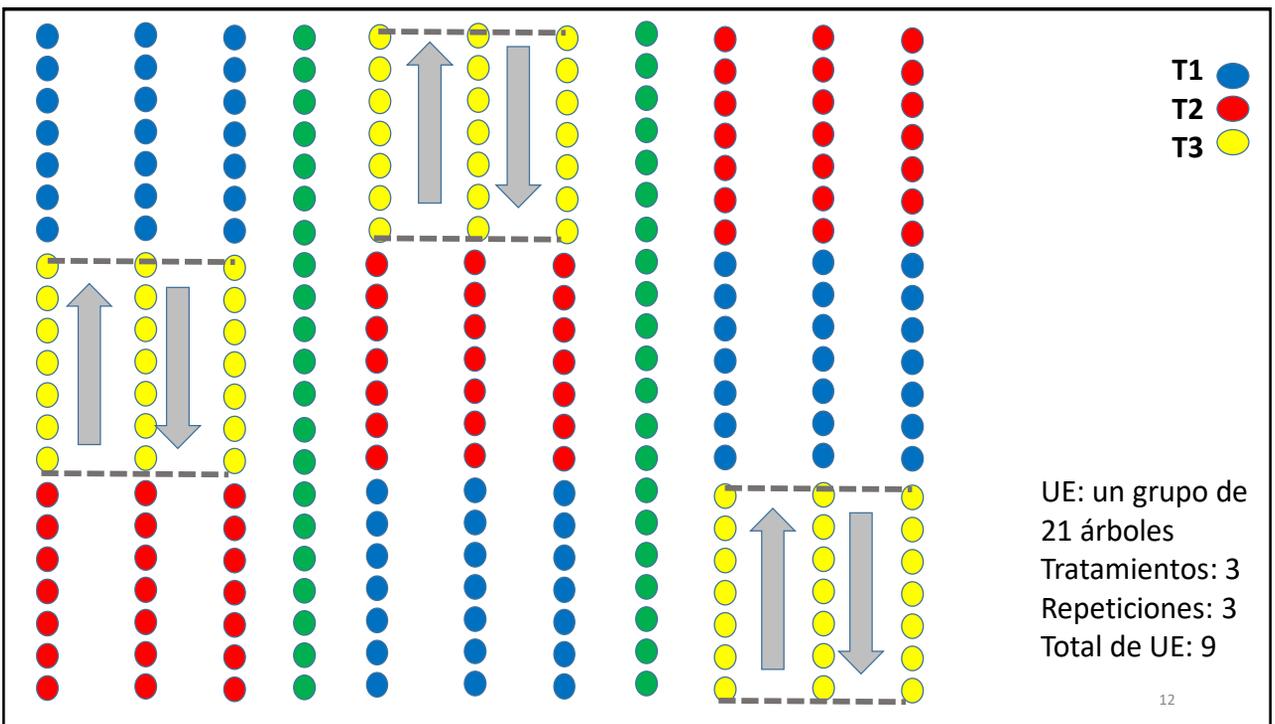
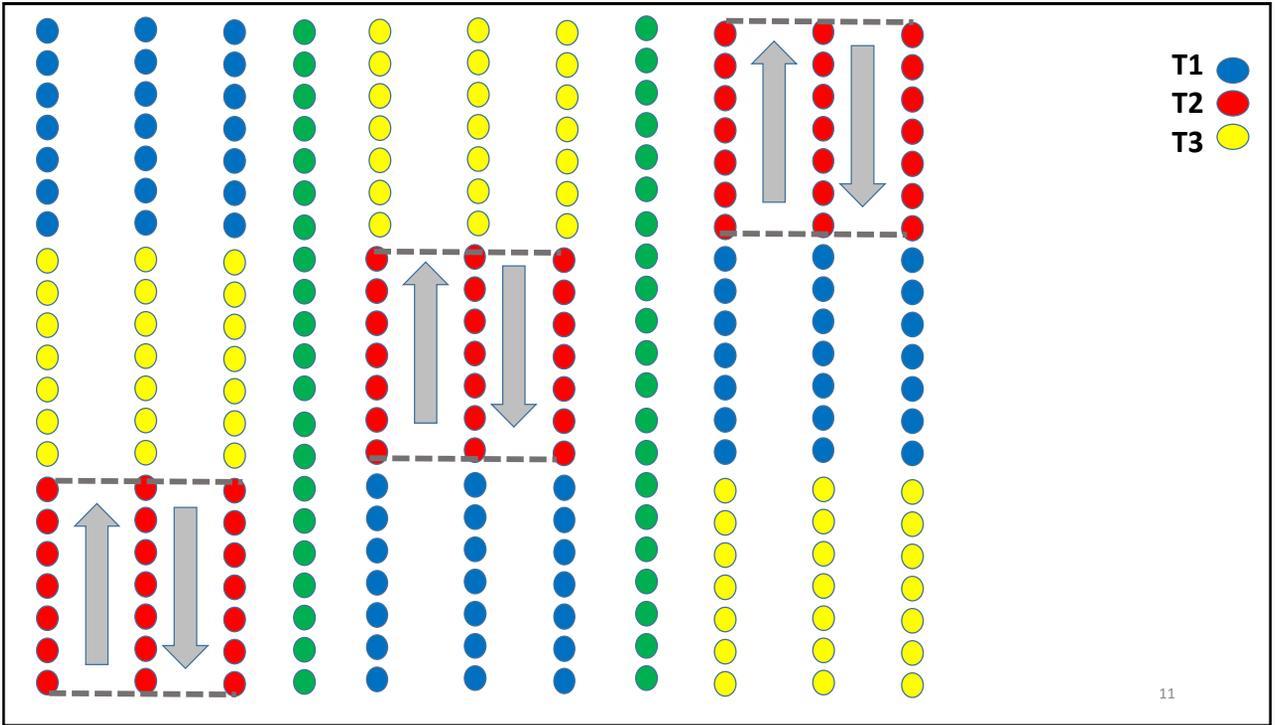


Formas de aplicación

6









FACULTAD DE CIENCIAS
AGRONÓMICAS
UNIVERSIDAD DE CHILE

Unidad Experimental

La UE es propia de cada ensayo.



13



FACULTAD DE CIENCIAS
AGRONÓMICAS
UNIVERSIDAD DE CHILE

Unidad Experimental

La UE es propia de cada ensayo.



14



FACULTAD DE CIENCIAS
AGRONÓMICAS
UNIVERSIDAD DE CHILE

Unidad Experimental

La UE es propia de cada ensayo.



15



FACULTAD DE CIENCIAS
AGRONÓMICAS
UNIVERSIDAD DE CHILE

Unidad Experimental

La UE es propia de cada ensayo.



16



FACULTAD DE CIENCIAS
AGRONÓMICAS
UNIVERSIDAD DE CHILE

Unidad Experimental

La UE es propia de cada ensayo.



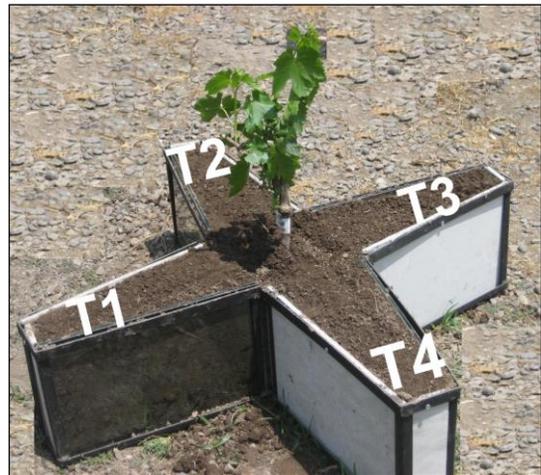
17



FACULTAD DE CIENCIAS
AGRONÓMICAS
UNIVERSIDAD DE CHILE

Unidad Experimental

La UE es propia de cada ensayo.



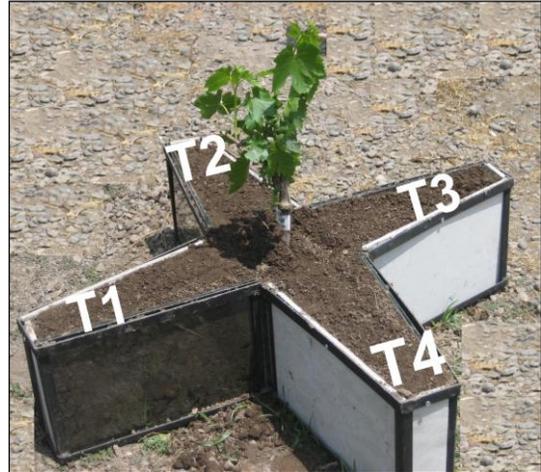
18



FACULTAD DE CIENCIAS
AGRONÓMICAS
UNIVERSIDAD DE CHILE

Unidad Experimental

La UE es propia de cada ensayo.



19



FACULTAD DE CIENCIAS
AGRONÓMICAS
UNIVERSIDAD DE CHILE

Unidad Experimental

La UE es propia de cada ensayo.



20



FACULTAD DE CIENCIAS
AGRONÓMICAS
UNIVERSIDAD DE CHILE

Unidad Experimental

La UE es propia de cada ensayo.



21



FACULTAD DE CIENCIAS
AGRONÓMICAS
UNIVERSIDAD DE CHILE

Unidad Experimental

La UE es propia de cada ensayo.



22



FACULTAD DE CIENCIAS
AGRONÓMICAS
UNIVERSIDAD DE CHILE

Unidad Experimental (UE)

La UE es propia de cada ensayo.

- Una parcela de terreno de 10 x 10 mt.
- Una planta en maceta
- Una planta en terreno
- Un grupo de plantas
- Un racimo
- Una caja de fruta
- Un animal
- Un grupo de Insectos en una placa Petri
- Una cuba
- Una piscina con 100 peces.
- Etc.

23



FACULTAD DE CIENCIAS
AGRONÓMICAS
UNIVERSIDAD DE CHILE

Unidad Experimental (UE)

Es importante conducir ensayos de forma tal que las **UE generen información independiente entre sí**

La respuesta de una UE debe ser independiente a la respuesta de otra UE

(Supuesto de independencia)



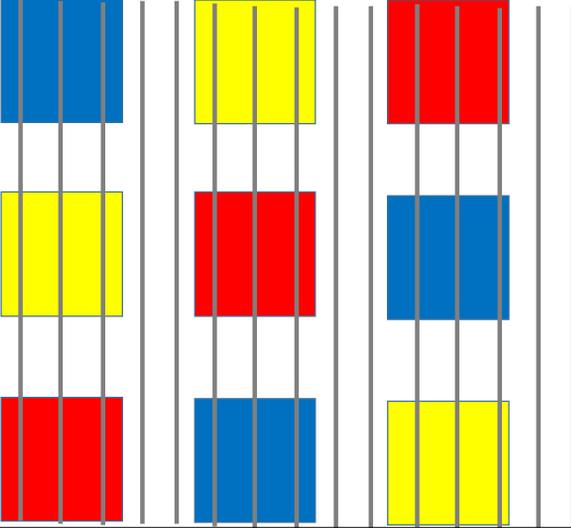
24

Ejemplo ensayo herbicida



FACULTAD DE CIENCIAS
AGRONÓMICAS
UNIVERSIDAD DE CHILE

Unidad Experimental



Es común en la investigación agropecuaria:

Dejar espacio suficiente entre una unidad experimental y otra para evitar derivas de producto,

UE: una parcela de terreno de 8 x 8 metros
Tratamientos: 3
Repeticiones: 3
Total de UE: 9 25

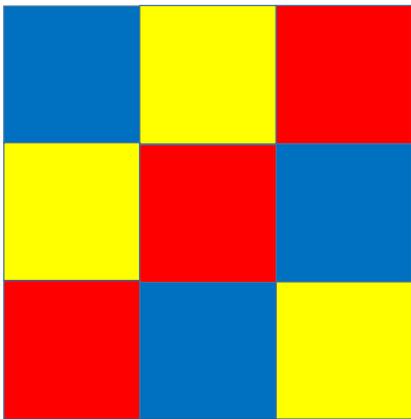
T1 ●
T2 ●
T3 ●

Ejemplo ensayo herbicida



FACULTAD DE CIENCIAS
AGRONÓMICAS
UNIVERSIDAD DE CHILE

Unidad Experimental



O no dejar espacios libres, con el fin de simular mejor las condiciones reales del cultivo, y luego evaluar el sector central de cada parcela. La superficie de la parcela que no producirá datos para el análisis se suele denominar **bordura**

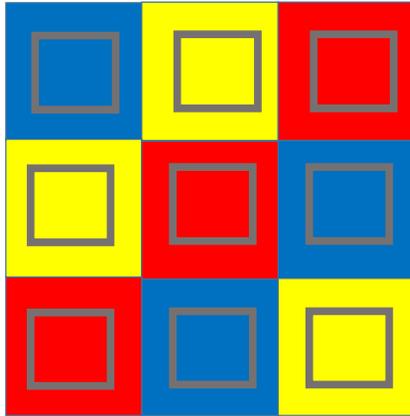
UE: una parcela de terreno de 8 x 8 metros
Tratamientos: 3
Repeticiones: 3
Total de UE: 9 26

T1 ●
T2 ●
T3 ●



FACULTAD DE CIENCIAS
AGRONÓMICAS
UNIVERSIDAD DE CHILE

Ejemplo ensayo herbicida



O no dejar espacios libres, con el fin de simular mejor las condiciones reales del cultivo, y luego evaluar el sector central de cada parcela. La superficie de la parcela que no producirá datos para el análisis se suele denominar **bordura**

T1 ●
T2 ●
T3 ●

UE: una parcela de terreno de 8 x 8 metros
Tratamientos: 3
Repeticiones: 3
Total de UE: 9 ²⁷



FACULTAD DE CIENCIAS
AGRONÓMICAS
UNIVERSIDAD DE CHILE

Preguntas que deben realizarse para ejecutar y analizar un experimento comparativo.

- ✓ ¿Cuál es la unidad experimental?
- ✓ ¿Son las unidades experimentales homogéneas o heterogéneas?
- ✓ ¿Cual es o cuáles son las unidades de observación?
- ✓ ¿El ensayo contempla submuestreo?



FACULTAD DE CIENCIAS
AGRONÓMICAS
UNIVERSIDAD DE CHILE

Preguntas que deben realizarse para ejecutar y analizar un experimento comparativo.

- ✓ ¿Cuáles son y cuantos tratamientos se desea comparar? Si corresponde, indicar número de Factores y Niveles
- ✓ ¿Cómo se asignan los tratamientos a las unidades experimentales?
- ✓ ¿Cuántas repeticiones por tratamiento se realizaron?
- ✓ Identificar si hay un factor de bloqueo
- ✓ Identificar si corresponde el uso de alguna covariable.

29



FACULTAD DE CIENCIAS
AGRONÓMICAS
UNIVERSIDAD DE CHILE

Elementos del Diseño de Experimento

Erika Kania Kuhl
Ing. Agr. Dr.





FACULTAD DE CIENCIAS
AGRONÓMICAS
UNIVERSIDAD DE CHILE

PARTE 2

Elementos del Diseño de Experimento

Erika Kania Kuhl
Ing. Agr. Dr.



FACULTAD DE CIENCIAS
AGRONÓMICAS
UNIVERSIDAD DE CHILE

Preguntas que deben realizarse para ejecutar y analizar un experimento comparativo.

- ✓ Unidad de observación
- ✓ **Variable respuesta**
- ✓ Error Experimental
- ✓ Tratamiento
- ✓ Tratamiento Control
- ✓ Tratamiento Testigo
- ✓ Factores y Niveles



FACULTAD DE CIENCIAS
AGRONÓMICAS
UNIVERSIDAD DE CHILE

Unidad Observacional (UO)

Es la porción de la unidad experimental que se mide u observa

En muchos estudios, la unidad experimental coincide con la unidad de observación, pero en otros, una unidad experimental puede representar un conjunto de unidades observacionales.

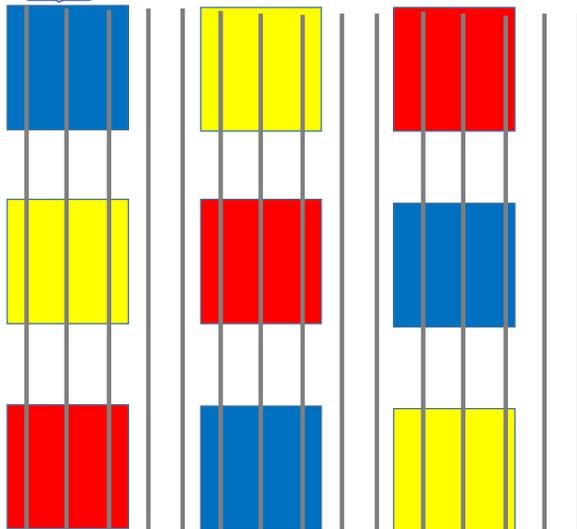
Cuando en un estudio se registran dos o más variables, la unidad observacional puede ser distinta para cada una de ellas

33



FACULTAD DE CIENCIAS
AGRONÓMICAS
UNIVERSIDAD DE CHILE

Ejemplo ensayo herbicida



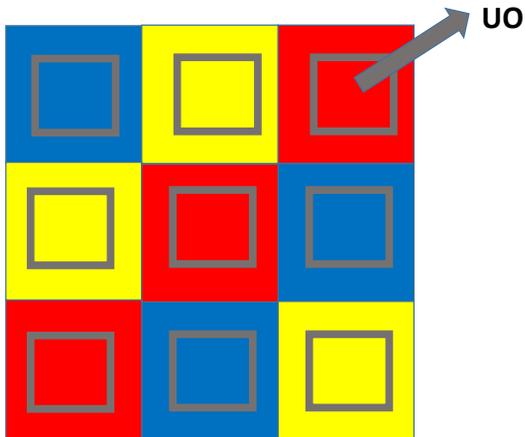
UE: una parcela de terreno de 8 x 8 metros
UO: igual que la UE
Tratamientos: 3
Repeticiones: 3
Total de UE: 9

34



FACULTAD DE CIENCIAS
AGRONÓMICAS
UNIVERSIDAD DE CHILE

Ejemplo ensayo herbicida



UE: una parcela de terreno de 8 x 8 metros
UO: parcela central de cada UE
Tratamientos: 3
Repeticiones: 3
Total de UE: 9

T1 ●
T2 ●
T3 ●

35



FACULTAD DE CIENCIAS
AGRONÓMICAS
UNIVERSIDAD DE CHILE

Unidad Observacional

Ejemplo Trigo

Se realizó un ensayo en que se evaluaron tres variedades de trigo

Unidad experimental: parcela de 10 x 10 mt con plantas de trigo

Variables evaluadas:

- Rendimiento sobre toda la parcela
- Número de espigas por planta en un grupo de 10 plantas por parcela



¿Unidad de Observación?

36



FACULTAD DE CIENCIAS
AGRONÓMICAS
UNIVERSIDAD DE CHILE

Variable respuesta

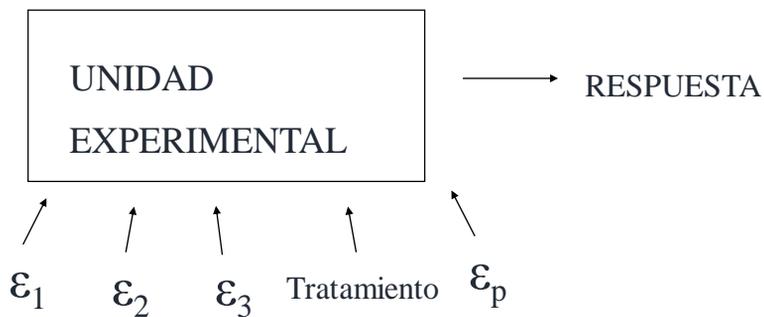
Medida u observación que se obtiene de cada una de las unidades experimentales

37



FACULTAD DE CIENCIAS
AGRONÓMICAS
UNIVERSIDAD DE CHILE

Modelo para la variable respuesta





FACULTAD DE CIENCIAS
AGRONÓMICAS
UNIVERSIDAD DE CHILE

Error Experimental

Si dos unidades experimentales son tratadas de igual manera (es decir pertenecen al mismo tratamiento), sería de esperar que su respuesta (el dato recolectado desde cada unidad) sea el mismo.

Sin embargo, en la práctica se observan diferencias entre las respuestas de unidades experimentales tratadas de igual manera

Archivo⁹Soja



FACULTAD DE CIENCIAS
AGRONÓMICAS
UNIVERSIDAD DE CHILE

Una empresa agrícola necesita establecer si le conviene fertilizar sus cultivos de soja y si es así, seleccionar el mejor fertilizante. Para este propósito se realizó un ensayo en un lote de 5 hectáreas, dividido en parcelas de $\frac{1}{4}$ ha. cada una asignando los tratamientos en forma aleatoria. Los rendimientos obtenidos fueron (qq/ha):

InfoStat/P

Archivo Edición Datos Resultados Estadísticas Gráficos Ventanas

Soja

Caso	Tratamiento	Repetición	Rendimiento Ensayo 1	Rendimiento Ensayo 2
1	Control	1	23	16
2	Control	2	20	35
3	Control	3	22	18
4	Control	4	20	17
5	Control	5	21	22
6	Fert. A	1	30	38
7	Fert. A	2	32	34
8	Fert. A	3	29	22
9	Fert. A	4	35	37
10	Fert. A	5	33	28
11	Fert. B	1	28	29
12	Fert. B	2	36	35
13	Fert. B	3	31	19
14	Fert. B	4	32	37
15	Fert. B	5	34	39
16	Fert. C	1	27	25
17	Fert. C	2	25	26
18	Fert. C	3	24	38
19	Fert. C	4	28	17
20	Fert. C	5	26	22
21				

Archivo⁰Soja



FACULTAD DE CIENCIAS
AGRONÓMICAS
UNIVERSIDAD DE CHILE

Archivo Soja

Tratamiento	Rendimiento Ensayo 1 (qq/ha)	
Control	21	A
Fert.C	26	B
Fert. A	32	C
Fert. B	32	C

Promedios unidos por letras distintas en sentido vertical indican diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos, según la prueba de LSD($p < 0,05$)

Tratamiento	Rendimiento Ensayo 2 (qq/ha)	
Control	22	A
Fert.C	26	A
Fert. B	32	A
Fert. A	32	A

Promedios unidos por letras distintas en sentido vertical indican diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos, según la prueba de LSD($p < 0,05$)

41



FACULTAD DE CIENCIAS
AGRONÓMICAS
UNIVERSIDAD DE CHILE

Error Experimental

El error experimental es el responsable de la variación observada entre unidades experimentales tratadas de la misma forma.

42



FACULTAD DE CIENCIAS
AGRONÓMICAS
UNIVERSIDAD DE CHILE

Tratamiento

Se denomina tratamiento al conjunto de acciones que se aplican a las unidades experimentales con la finalidad de observar como responden a éstas

43



FACULTAD DE CIENCIAS
AGRONÓMICAS
UNIVERSIDAD DE CHILE

Control y Testigo

Control: nivel del factor tratamiento que representa ausencia de “tratamiento”

Ej. Evaluar varias dosis de un fertilizante N sobre el rendimiento en una especie

Control: “sin fertilizar”

44



FACULTAD DE CIENCIAS
AGRONÓMICAS
UNIVERSIDAD DE CHILE

Control y Testigo

Testigo: tratamiento tradicional que se desea comparar con nuevos tratamientos.

Ej. Evaluar tres variedades nuevas de trigo en cuanto a su rendimiento,

Testigo: “variedad tradicional”

.....comparar el rendimiento de las nuevas variedades versus el testigo bajo las mismas condiciones experimentales

45



FACULTAD DE CIENCIAS
AGRONÓMICAS
UNIVERSIDAD DE CHILE

Tratamiento

- Distintas dosis de un fungicida
- Cantidades variables de agua.
- Distintos tipos de insecticidas.
- Distintas dosis de N.
- Diferentes dietas a animales.
- Distintas densidades de siembra
- Etc.



**Experimento
unifactorial**

46



FACULTAD DE CIENCIAS
AGRONÓMICAS
UNIVERSIDAD DE CHILE

Tratamiento

- Distintas dosis de un **fungicida**
- Cantidades variables de **agua**.
- Distintos tipos de **insecticidas**.
- Distintas dosis de **N**.
- Diferentes **dietas a animales**.
- Distintas **densidades de siembra**
- Etc.



Experimento unifactorial

Los tratamientos consisten en aplicar
distintos niveles de un mismo factor

47



FACULTAD DE CIENCIAS
AGRONÓMICAS
UNIVERSIDAD DE CHILE

Ejemplo de un experimento unifactorial:

Se ensayan distintos niveles de N.....

La combinación de niveles evaluados para un conjunto de factores recibe el nombre de **tratamiento**

FACTOR	NIVELES
N	10
	15
	30



Los distintos estados o valores de los **factores** se designan **niveles**

48



FACULTAD DE CIENCIAS
AGRONÓMICAS
UNIVERSIDAD DE CHILE

Tratamiento

- Tres variedades de una especie en dos fechas de siembra
- Tres dosis de N y dos dosis de P
- Tres dosis de un fungicida en dos momentos de aplicación



Experimento con
estructura factorial de
tratamientos

49



FACULTAD DE CIENCIAS
AGRONÓMICAS
UNIVERSIDAD DE CHILE

Tratamiento

- Tres **variedades** de una especie en dos **fechas de siembra**
- Tres dosis de **N** y dos dosis de **P**
- Tres dosis de un **fungicida** en dos **momentos de aplicación**



Los tratamientos consisten en aplicar la
**combinación de niveles de 2 o más
factores**

Experimento con
estructura factorial de
tratamientos

50



FACULTAD DE CIENCIAS
AGRONÓMICAS
UNIVERSIDAD DE CHILE

Ejemplo de un experimento multifactorial:

Se ensayan distintos niveles de N y P.....

FACTOR	NIVELES
N	10
	15
	30
P	5
	15

51



FACULTAD DE CIENCIAS
AGRONÓMICAS
UNIVERSIDAD DE CHILE

Ejemplo de un experimento multifactorial:

Aquí el tratamiento es una combinación de 2 Factores:

FACTOR A: N con 3 niveles

FACTOR B: P con 2 niveles

Tratamiento	FACTOR N	FACTOR P
T1	10	5
T2	10	15
T3	15	5
T4	15	15
T5	30	5
T6	30	15

En este ensayo se tienen 6 tratamientos
(Tratamiento con estructura factorial 3 x 2)

52



FACULTAD DE CIENCIAS
AGRONÓMICAS
UNIVERSIDAD DE CHILE

Factores - Niveles

Las potenciales fuentes de variación de la respuesta en un sistema experimental identificadas a priori por el investigador son llamadas **factores**. (Factor Riego, Factor Insecticida, Factor Fertilizante, etc).

Los distintos estados o valores de los factores se designan **niveles**

La combinación de niveles evaluados para un conjunto de factores recibe el nombre de **tratamiento**

53



FACULTAD DE CIENCIAS
AGRONÓMICAS
UNIVERSIDAD DE CHILE

Archivo Ajo virosis

En un experimento sobre la incidencia de una virosis sobre el perímetro de las cabezas de ajo blanco, se comparó el perímetro medio de las cabezas obtenidas de plantas libre de virus y de plantas enfermas, bajo dos frecuencias de riego: cada 15 días y cada 30 días. El experimento se realizó siguiendo un diseño completamente aleatorizado con estructura factorial de tratamientos 2x2 (Factor Tipo de planta con 2 niveles, y Factor Riego con 2 niveles) con tres repeticiones por tratamiento, donde la unidad experimental fue una parcela de 3 surcos de 5 metros cada uno y de los cuales sólo se tomó el surco central para evitar efectos de bordura.

54



FACULTAD DE CIENCIAS
AGRONÓMICAS
UNIVERSIDAD DE CHILE

Archivo Variedades Fertilizantes Arveja

Se realiza un ensayo con el fin de evaluar el efecto de tres diferentes dosis de un fertilizante nitrogenado (10 kg/ha; 50 Kg/ha; 75 kg/ha), sobre el rendimiento de dos variedades de arveja (1 y 2). Se presentan los rendimientos por unidad experimental

55



FACULTAD DE CIENCIAS
AGRONÓMICAS
UNIVERSIDAD DE CHILE

Elementos del Diseño de Experimento

Erika Kania Kuhl
Ing. Agr. Dr.





FACULTAD DE CIENCIAS
AGRONÓMICAS
UNIVERSIDAD DE CHILE

PARTE 3

Elementos del Diseño de Experimento

Erika Kania Kuhl
Ing. Agr. Dr.



FACULTAD DE CIENCIAS
AGRONÓMICAS
UNIVERSIDAD DE CHILE

Preguntas que deben realizarse para ejecutar y analizar un experimento comparativo.

- ✓ Repetición
- ✓ Submuestreo
- ✓ Aleatorización
- ✓ Bloque
- ✓ Covariable



FACULTAD DE CIENCIAS
AGRONÓMICAS
UNIVERSIDAD DE CHILE

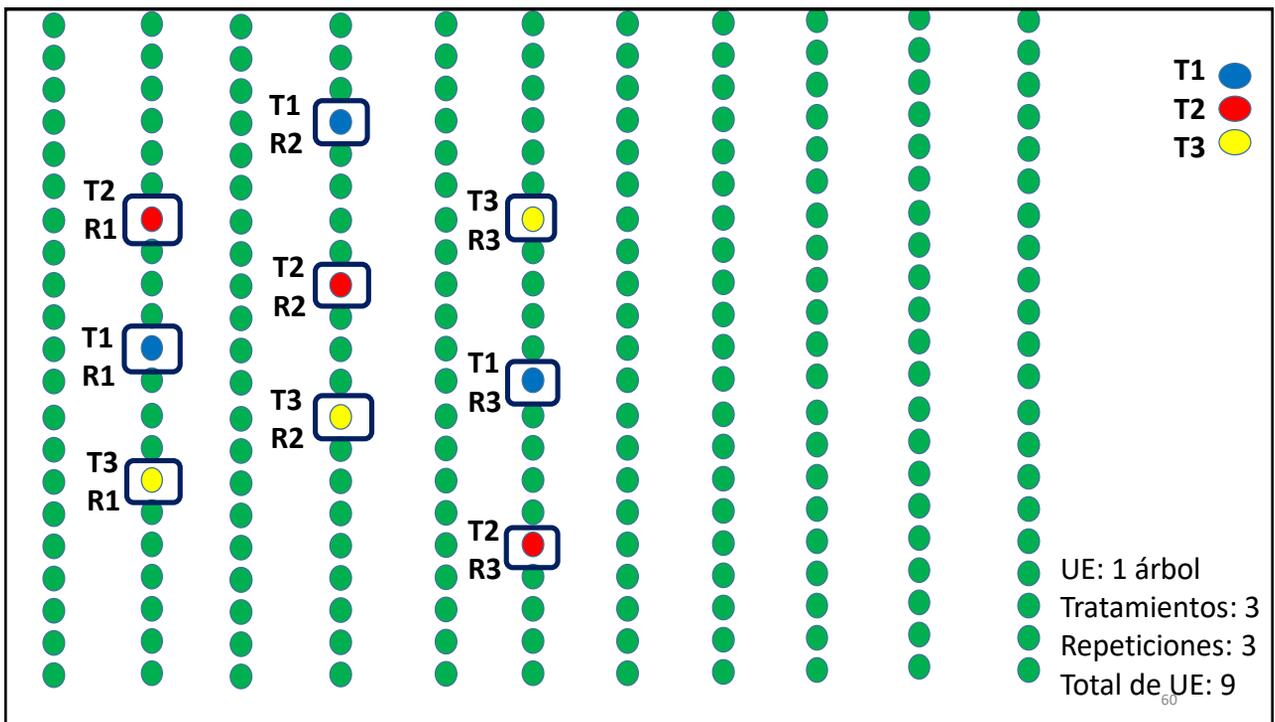
Repetición

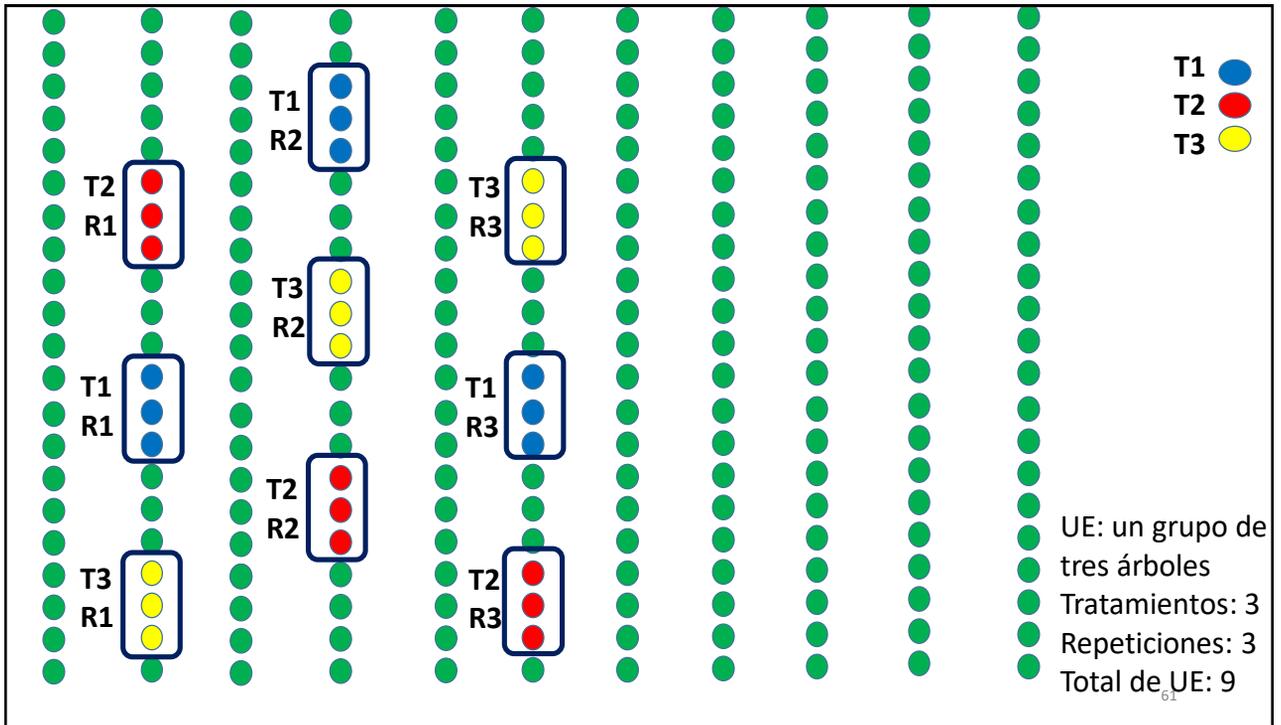
Se llama repetición a cada una de las realizaciones independientes de un tratamiento a una nueva unidad experimental

Cada una de las “n” unidades experimentales que reciben un mismo tratamiento y que permiten generar “n” datos independientes conforman las repeticiones

Juegan un rol importante ya que permiten evaluar la variabilidad de los datos registrados dentro de cada tratamiento o dicho de otra manera entre las repeticiones del mismo tratamiento.

59





FACULTAD DE CIENCIAS
AGRONÓMICAS
UNIVERSIDAD DE CHILE

Submuestreo

Se llama submuestreo a cada observación realizada dentro de una unidad experimental

Submuestreo no implica replicación

Si a 50 gallinas se las enjaula juntas y se les alimenta con la misma ración, la UE son las 50 gallinas

(Se mide el peso individual de cada gallina)

Se necesitan otras jaulas de 50 gallinas alimentadas con la misma ración, para poder medir la variación entre UE tratadas con la misma ración





FACULTAD DE CIENCIAS
AGRONÓMICAS
UNIVERSIDAD DE CHILE

Submuestreo

Se llama submuestreo a cada observación realizada dentro de una unidad experimental

Estas observaciones están correlacionadas entre sí, es decir no son independientes.

De tener un submuestreo, juegan un rol importante ya que permiten evaluar la variabilidad de los datos registrados dentro de cada unidad experimental, variabilidad que suele compararse con la variabilidad existente entre las repeticiones del mismo tratamiento.



FACULTAD DE CIENCIAS
AGRONÓMICAS
UNIVERSIDAD DE CHILE



T1 ●
T2 ●
T3 ●

UE: una jaula con 50
gallinas
Tratamientos: 3
Repeticiones: 3
Total de UE: 9

64



FACULTAD DE CIENCIAS
AGRONÓMICAS
UNIVERSIDAD DE CHILE

Submuestreo

Ejemplo Hormonas - Manzano

Se quiere realizar un ensayo para evaluar el efecto de tres hormonas sobre el peso del fruto en un huerto de manzanos.

La aplicación de las hormonas se realizará con bomba de espalda

Unidad experimental: Una planta

Variable a evaluar: peso del fruto



65



FACULTAD DE CIENCIAS
AGRONÓMICAS
UNIVERSIDAD DE CHILE

Submuestreo

Ejemplo Hormonas - Manzano



Opción A

Tratamientos: 3

Repeticiones: 5 árboles por tratamiento

Tot UE: 15 árboles

100 frutos por árbol

Total frutos evaluados: 1500

Opción B

Tratamiento: 3

Repeticiones: 20 árboles por tratamiento

Tot UE: 60 árboles

25 frutos por árbol

Total frutos evaluados: 1500

66



FACULTAD DE CIENCIAS
AGRONÓMICAS
UNIVERSIDAD DE CHILE

Ejemplo Hormonas - Manzano



Unidad experimental: Una planta

Diseño experimental

- En cada UE se recolecta **un dato**.
- Si se evalúan muchos frutos por planta sacar el promedio.

InfoStat/P - N

Archivo Edición Datos Resultados Estadísticas Gráficos Ventanas Aplicaciones Ayuda [F

Nueva tabla

Caso	Tratamiento	Repetición	Peso fruto
1		1	200
2		2	250
3		3	220
4		4	260
5		

67



FACULTAD DE CIENCIAS
AGRONÓMICAS
UNIVERSIDAD DE CHILE

Ejemplo Hormonas - Manzano



Unidad experimental: Una planta

Diseño experimental con submuestreo:

- En cada UE se recolecta **mas de un dato** y se mantiene el dato de cada fruto para el análisis
- Toma en cuenta la correlación que hay entre los frutos de la misma planta
- El modelo considera el efecto planta

InfoStat/P -

Archivo Edición Datos Resultados Estadísticas Gráficos Ventanas Aplicaciones Ayuda

Nueva tabla

Caso	Tratamiento	Repetición	Fruto	Peso fruto
1		1	1	180
2		1	2	250
3		1	3	230
4		1	4	260
5		1	5	190
6		1	6	250
7		1	7	220

68



FACULTAD DE CIENCIAS
AGRONÓMICAS
UNIVERSIDAD DE CHILE

Archivo Duraznero

En un huerto de duraznero se condujo un ensayo bajo un Diseño Completamente aleatorizado con cuatro tratamientos (hormonas A, B, C y D) y 5 repeticiones por tratamiento, siendo la unidad experimental una planta. En cada planta se seleccionaron al azar 5 frutos en los cuales se evaluó el diámetro del fruto



69



FACULTAD DE CIENCIAS
AGRONÓMICAS
UNIVERSIDAD DE CHILE

Ensayo fertilizantes



F1



F2



F1



F2

Tratamientos: 2 (dos fertilizantes foliares)

4 árboles en total

De cada árbol se cortaron tres ramas y se midió su largo

¿Cual es la UE?

¿Cuántas UE hay en total?

¿Cuántas repeticiones por tratamiento hay?

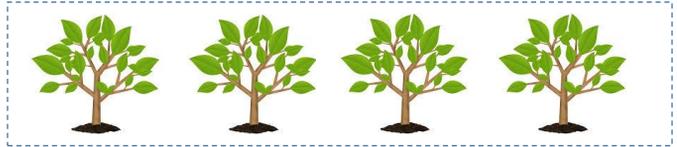
70



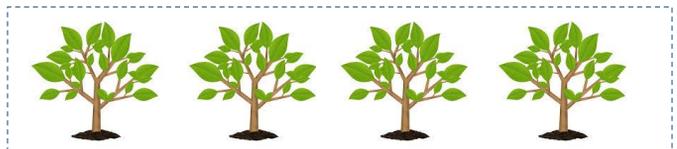
FACULTAD DE CIENCIAS
AGRONÓMICAS
UNIVERSIDAD DE CHILE

Ensayo invernadero

Con malla



Sin malla



Tratamientos: 2 (con y sin malla)

8 árboles en total

De cada árbol se cortaron tres ramas y se midió su largo

¿Cual es la UE?

¿Cuántas UE hay en total?

¿Cuántas repeticiones por tratamiento hay?

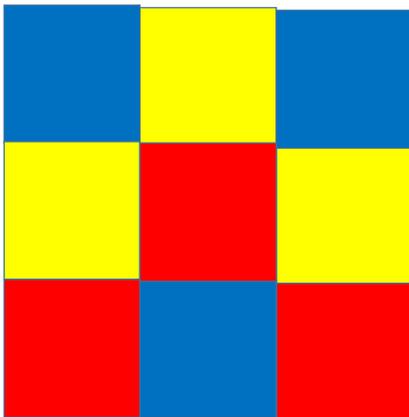
71



FACULTAD DE CIENCIAS
AGRONÓMICAS
UNIVERSIDAD DE CHILE

¿De que forma se establece cuál unidad experimental va a recibir cuál tratamiento?

Aleatorización



- Debe existir independencia entre los errores de las unidades experimentales
- Evitar la presencia de datos correlacionados experimentalmente

T1 ●
T2 ●
T3 ●

UE: una parcela de terreno de 8 x 8 metros
Tratamientos: 3
Repeticiones: 3
Total de UE: 9

72



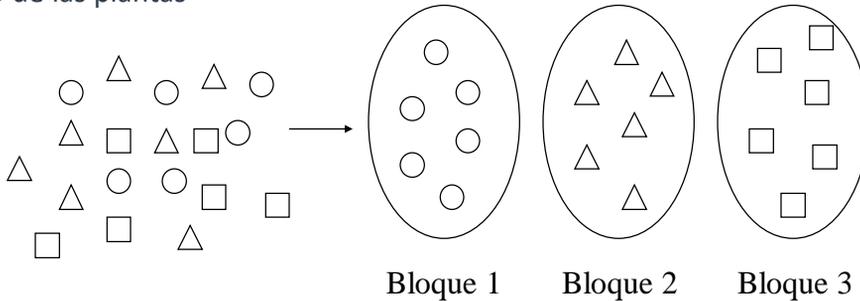
FACULTAD DE CIENCIAS
AGRONÓMICAS
UNIVERSIDAD DE CHILE

Bloque

- 18 plantas de cerezo en maceta de diferente tamaño
- Se pueden agrupar en tres grupos de acuerdo a su vigor o tamaño inicial
- Se quiere evaluar el efecto de 6 dosis de un fertilizante sobre el crecimiento de las plantas



Ejemplo:



73



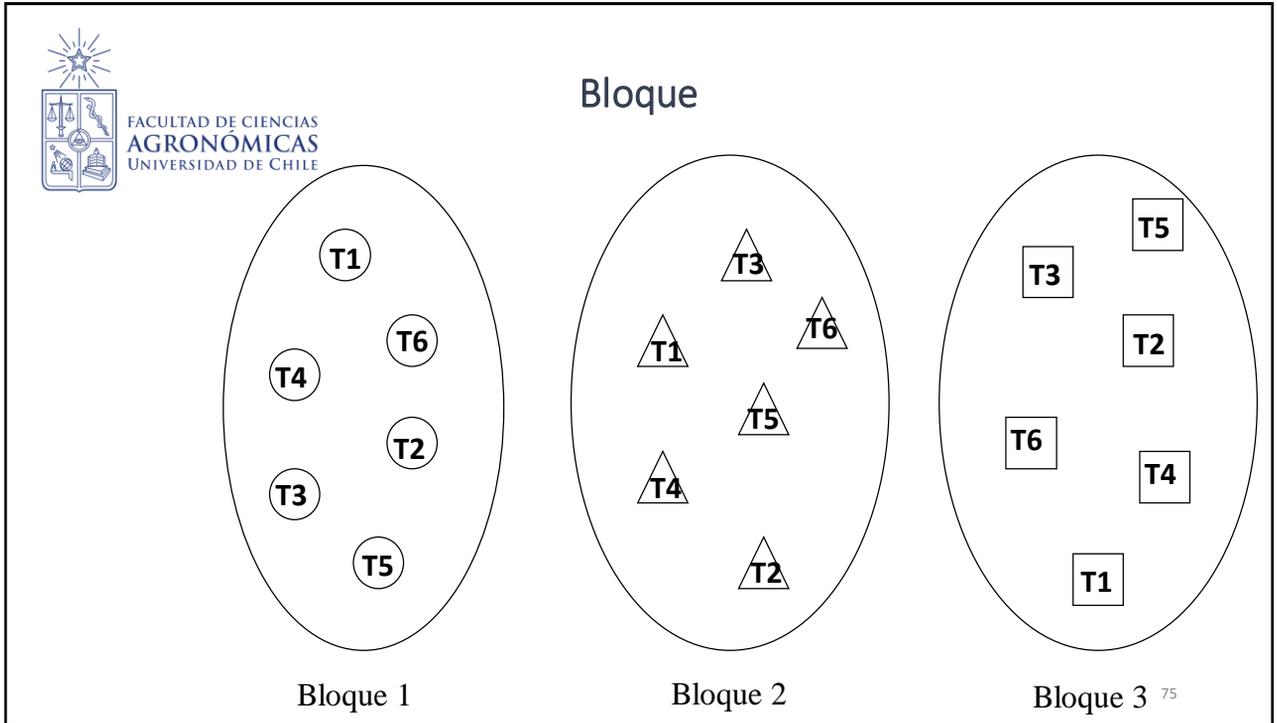
FACULTAD DE CIENCIAS
AGRONÓMICAS
UNIVERSIDAD DE CHILE

Bloque

Conjunto de unidades experimentales homogéneas
entre si pero heterogéneas a los demás bloques

Dentro de cada bloque se asignan aleatoriamente los
tratamientos a las unidades experimentales

74



Factor de Bloqueo

Cuando se puede reconocer **A PRIORI** una **fuentes de variación** que no tiene importancia interpretativa (no es de interés del investigador), y que puede afectar los resultados de la variable respuesta, esta fuente de variación debe ser considerada

76



FACULTAD DE CIENCIAS
AGRONÓMICAS
UNIVERSIDAD DE CHILE

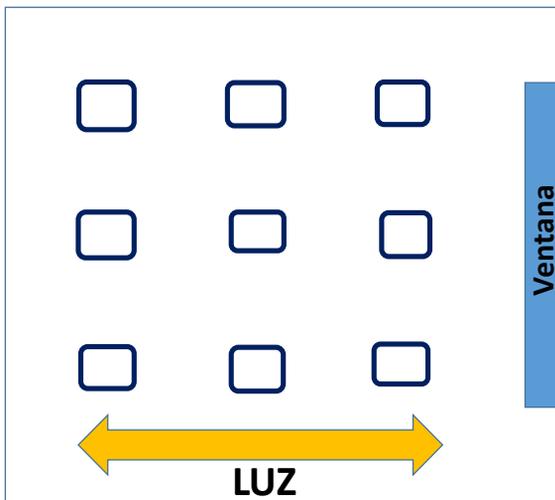
Diseño en Bloques

- 9 plantas de cerezo en maceta todas del mismo tamaño
- Se quiere evaluar el efecto de tres dosis de un fertilizante sobre el crecimiento de las plantas
- Dentro del invernadero se identifica una fuente de variación (Luz), que puede afectar los resultados de la variable respuesta a evaluar

Ejemplo invernadero



77

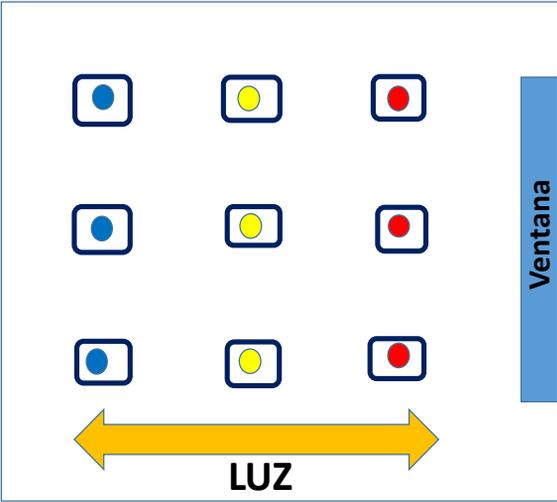


T1 ●
T2 ●
T3 ●

¿ Cómo llevamos a cabo el ensayo?

UE: una planta en maceta
Tratamientos: 3
Repeticiones: 3
Total de UE: 9

78

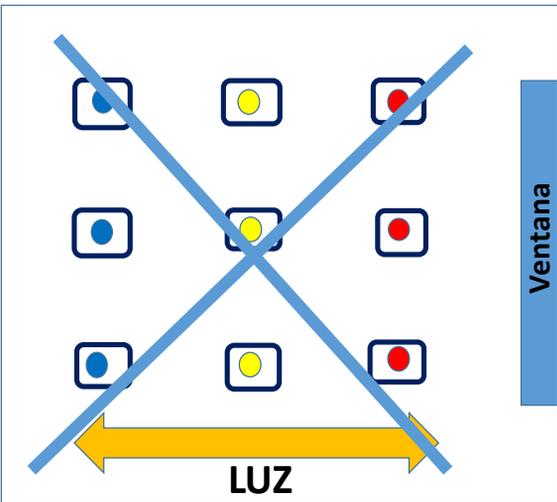


T1 ●
T2 ●
T3 ●

¿ Cómo llevamos a cabo el ensayo?

UE: una planta en maceta
Tratamientos: 3
Repeticiones: 3
Total de UE: 9

79

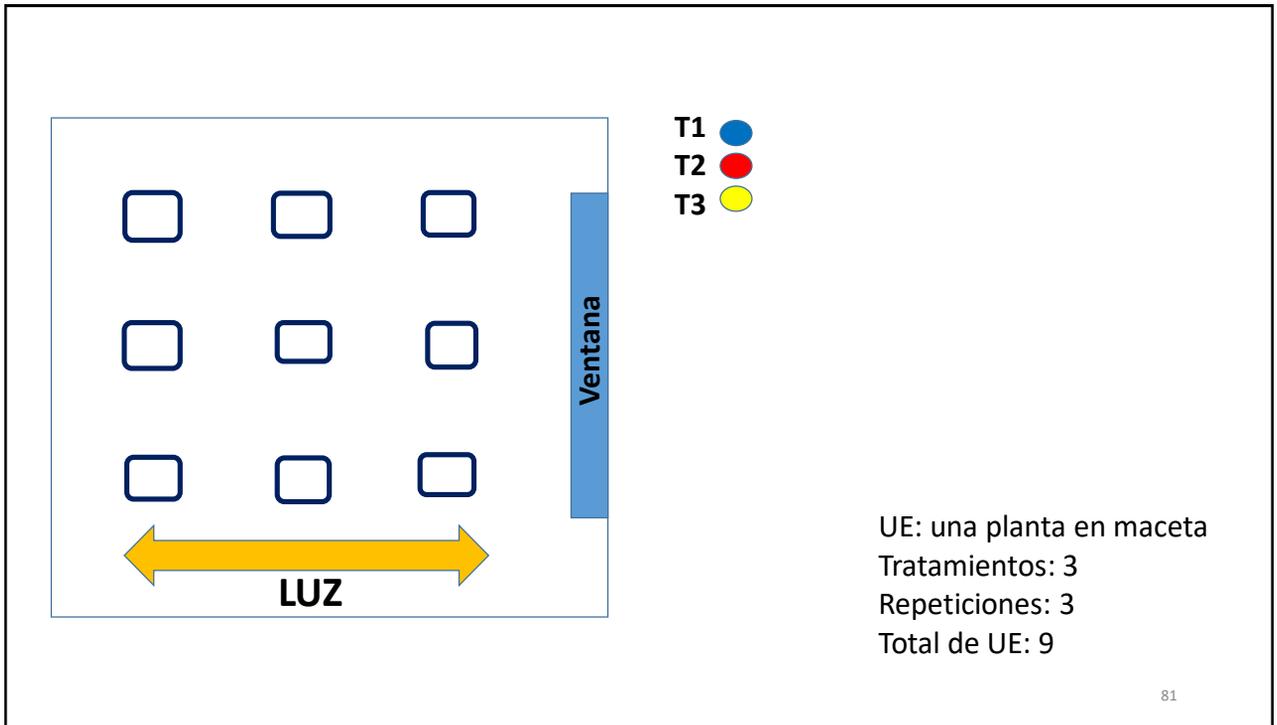


T1 ●
T2 ●
T3 ●

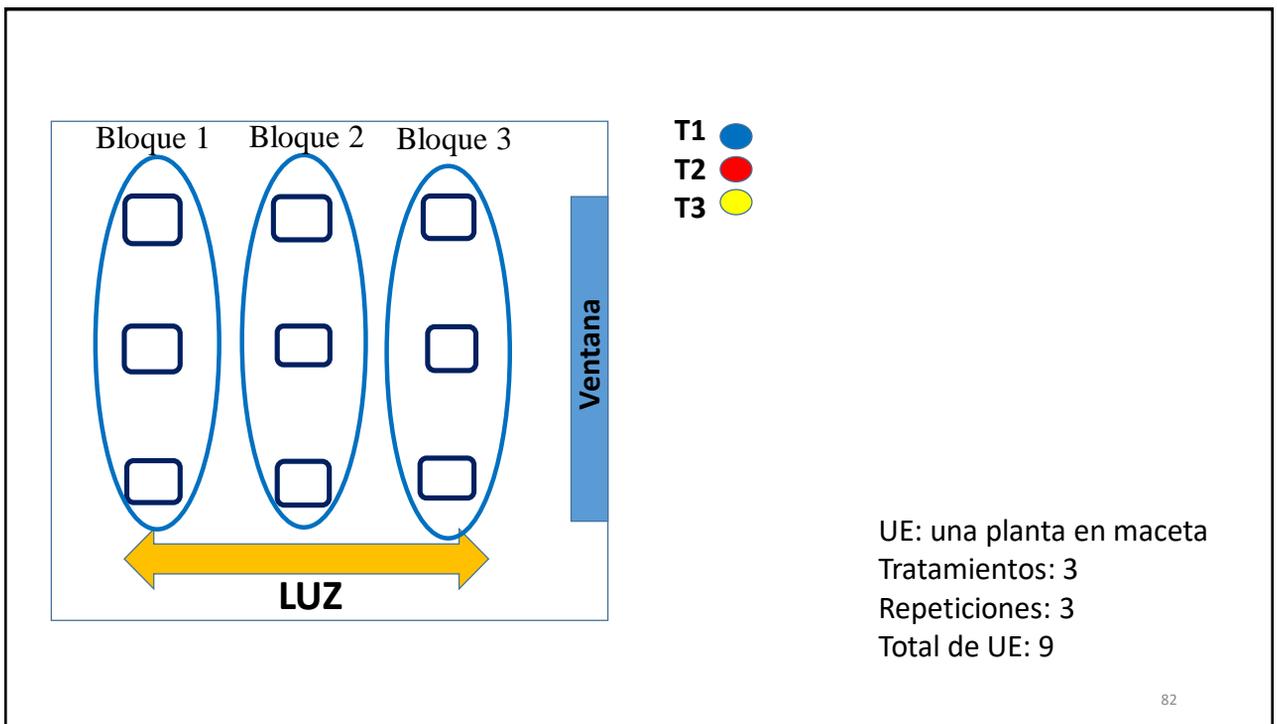
¿ Cómo llevamos a cabo el ensayo?

UE: una planta en maceta
Tratamientos: 3
Repeticiones: 3
Total de UE: 9

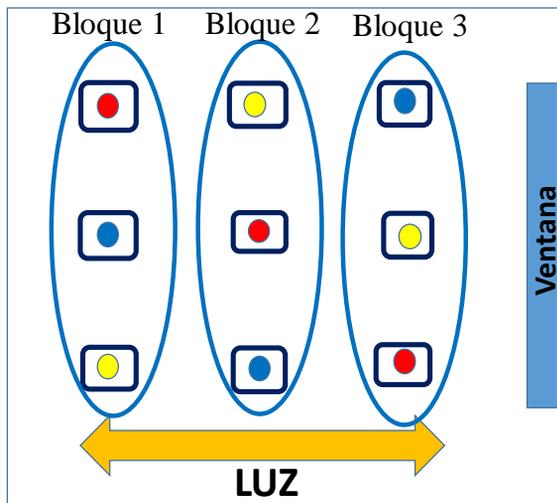
80



81



82



UE: una planta en maceta
Tratamientos: 3
Repeticiones: 3
Total de UE: 9

83



FACULTAD DE CIENCIAS
AGRONÓMICAS
UNIVERSIDAD DE CHILE

Bloque

- Vigor de las plantas
- Diferentes intensidades lumínicas
- Sector con diferentes contenidos de humedad
- Tipos de suelo
- Dentro de una planta.
- Sectores con diferentes pendientes

84



FACULTAD DE CIENCIAS
AGRONÓMICAS
UNIVERSIDAD DE CHILE

Unidad Experimental

¿Son las unidades experimentales homogéneas?

- ✓ Diseño completamente aleatorizado (DCA)

¿Son las unidades experimentales heterogéneas?

- ✓ Diseño en bloque completos al azar (DBCA)



85



FACULTAD DE CIENCIAS
AGRONÓMICAS
UNIVERSIDAD DE CHILE

Aleatorización

¿De que forma se establece cuál unidad experimental va a recibir cuál tratamiento?

- ✓ Diseño completamente aleatorizado (DCA): los tratamientos son asignados de manera aleatoria sobre el total de las unidades experimentales
- ✓ Diseño en bloque completos al azar (DBCA): dentro de cada bloque se asignan aleatoriamente los tratamientos a las unidades experimentales

86



FACULTAD DE CIENCIAS
AGRONÓMICAS
UNIVERSIDAD DE CHILE

Archivo Arveja Pendiente

Se realiza un ensayo con el fin de evaluar el efecto de cuatro variedades de arveja sobre el rendimiento. Por efecto de la pendiente del suelo los tratamientos fueron sorteados dentro de seis diferentes niveles de pendiente.

Se presentan los rendimientos por unidad experimental



FACULTAD DE CIENCIAS
AGRONÓMICAS
UNIVERSIDAD DE CHILE

Archivo Maíz

Se realizó un ensayo en invernadero sobre el crecimiento de maíz para evaluar los efectos de salinidad. Se aplicaron seis concentraciones salinas y se midió el peso seco en gramos de la parte aérea de cada planta. Para ello se colocaron cuatro bloques de macetas perpendiculares a una fuente de luz que se sospechaba podía incidir en el crecimiento.



FACULTAD DE CIENCIAS
AGRONÓMICAS
UNIVERSIDAD DE CHILE

Archivo Vid

Una empresa de agroquímicos realizó un ensayo para evaluar el efecto de 6 productos sobre el calibre en vides de la variedad Thompson Seedlees. Los tratamientos se aplicaron a cada planta con bomba de espalda, con un mojamiento equivalente a 1200 L/ha.

Se utilizó un Diseño en Bloques completos al azar con 6 tratamientos y 5 repeticiones por tratamiento. La unidad experimental correspondió a una planta y el bloque lo conformó la hilera.

Al momento de la cosecha se evaluó:

En todos los racimos por parra

- Peso de los racimos (gr)

En 5 racimos por parra

- Nº de bayas por racimo
- Peso de todas las bayas (gr)
- Tamaño de las bayas. Se evaluó el diámetro ecuatorial y largo de 10 bayas / racimo (mm)

En el presente archivo solo se presentan los resultados de la variable Peso de racimos

89



FACULTAD DE CIENCIAS
AGRONÓMICAS
UNIVERSIDAD DE CHILE

Análisis de covarianza

El análisis de covarianza cumple un papel similar al Diseño en Bloques Completos al azar, es decir, **controlar la heterogeneidad entre las unidades experimentales.**

Ambos se diferencian en que con el DBCA se reúnen en bloques grupos de unidades experimentales homogéneas, mientras que con el **análisis de covarianza** se utiliza una variable continua X (covariable), que se mide generalmente al inicio del ensayo en cada unidad experimental, que explica la heterogeneidad a controlar.

(aunque pueden medirse en cualquier momento durante el experimento)

90



FACULTAD DE CIENCIAS
AGRONÓMICAS
UNIVERSIDAD DE CHILE

Análisis de covarianza

Covariable:

Variable que se mide en cada unidad experimental, y que no depende de los tratamientos.

Co: ya que no es la variable de interés

- Peso inicial del animal
- Diámetro tronco
- Altura inicial de planta
- Carga frutal
- Nº Bayas / racimo
- Nº Racimos / planta

91



FACULTAD DE CIENCIAS
AGRONÓMICAS
UNIVERSIDAD DE CHILE

Archivo Dietas cerdos

Se estudia el efecto de cuatro dietas sobre el peso final de cerdos, y se registra el peso inicial de los mismos.

El experimento se montó bajo un DCA con 6 repeticiones, siendo la unidad experimental un animal.

92



FACULTAD DE CIENCIAS
AGRONÓMICAS
UNIVERSIDAD DE CHILE

Diseño de Experimentos

93



FACULTAD DE CIENCIAS
AGRONÓMICAS
UNIVERSIDAD DE CHILE

Diseño de Experimentos

El Diseño de Experimentos puede entenderse como una estrategia de combinación de:

- a) Estructura de los tratamientos (Factor/es de interés)
- b) Estructura de las unidades experimentales

94



FACULTAD DE CIENCIAS
AGRONÓMICAS
UNIVERSIDAD DE CHILE

Estructura de los tratamientos

La estructura de los tratamientos esta relacionada al número de factores involucrados en el experimento, sus niveles y la combinación de los mismos.

A) SIN ESTRUCTURA

Dependen de un solo factor

B) CON ESTRUCTURA

Dependen de más de un factor

Experimentos con estructura factorial de tratamientos

95



FACULTAD DE CIENCIAS
AGRONÓMICAS
UNIVERSIDAD DE CHILE

Estructura de las unidades experimentales

La estructura de las unidades experimentales surge del agrupamiento de las mismas en grupos o bloques

96



FACULTAD DE CIENCIAS
AGRONÓMICAS
UNIVERSIDAD DE CHILE

Estructura de las unidades experimentales

a) Unidades Experimentales sin estructura

- Diseño Completamente aleatorizado (DCA)

b) Unidades Experimentales con estructura

- Diseño en Bloques completos al azar (DBCA)
- Diseño en Cuadrados Latinos (DCL)
- Parcelas divididas (DPDCA, DPDBCA)

97



FACULTAD DE CIENCIAS
AGRONÓMICAS
UNIVERSIDAD DE CHILE

Diseño de Experimentos

Así, un Diseño Experimental involucrará:

1. La elección de la estructura de los tratamientos.
2. La detección de la estructura de las unidades experimentales
3. La elección del método de aleatorización acorde para la combinación de ambas estructuras.

98



FACULTAD DE CIENCIAS
AGRONÓMICAS
UNIVERSIDAD DE CHILE

En caso de que los tratamientos dependan de más de un factor se deberá mencionar el Diseño a utilizar más esta condición de los tratamientos

Ej.

- Diseño completamente aleatorizado con estructura factorial de tratamientos (3x2)
- Diseño en bloques completos al azar con estructura factorial de tratamientos (4x2)

99



FACULTAD DE CIENCIAS
AGRONÓMICAS
UNIVERSIDAD DE CHILE

Pero:

Decir que se trabajará con un Diseño Factorial es incorrecto, ya que el Diseño Factorial NO EXISTE, es un término mal usado, ya que la palabra factorial esta asociada a la estructura de los tratamientos y la palabra diseño a la estructura de las unidades experimentales.

100



FACULTAD DE CIENCIAS
AGRONÓMICAS
UNIVERSIDAD DE CHILE

Problema de Integración



Se planea realizar un ensayo para medir el efecto de aplicaciones de nitrógeno (dos dosis) y potasio (cuatro dosis) sobre características vegetativas en manzanos (altura de planta, largo de brotes, largo de hojas, etc.)

Proponga un diseño experimental adecuado a esta situación considerando que dispone de 56 plantas de manzano en macetas y que se detectaron las siguientes condiciones iniciales del ensayo:

101



FACULTAD DE CIENCIAS
AGRONÓMICAS
UNIVERSIDAD DE CHILE

Problema de Integración



a) Heterogeneidad de las unidades experimentales producto de diferencias en la altura inicial de las plantas.

b) Heterogeneidad de las unidades experimentales producto de una cortina de álamos presente en el lado Oriente del establecimiento del ensayo.

102



FACULTAD DE CIENCIAS
AGRONÓMICAS
UNIVERSIDAD DE CHILE

Problema de Integración



Menciones/Identifique/Proponga:

- Diseño experimental
- Esquema del ensayo
- Unidad experimental.
- Nº Tratamientos
- Nº Repeticiones
- Nº Factores y Nº Niveles (si corresponde)

103



FACULTAD DE CIENCIAS
AGRONÓMICAS
UNIVERSIDAD DE CHILE

Problema de Integración



Menciones/Identifique/Proponga:

- Nº Bloque (si corresponde)
- Factor de bloqueo (si corresponde)
- Variable (s) respuesta a medir
- Covariable (s) (si corresponde)
- ¿Como codificaría estos datos?

104



FACULTAD DE CIENCIAS
AGRONÓMICAS
UNIVERSIDAD DE CHILE

Preguntas que deben realizarse para ejecutar y analizar un experimento comparativo.

- ✓ ¿Cuál es la muestra a utilizar?
- ✓ ¿Cuál es la unidad experimental?
- ✓ ¿Son las unidades experimentales homogéneas o heterogéneas?
- ✓ ¿Cual es o cuáles son las unidades de observación?
- ✓ ¿El ensayo contempla submuestreo?

105



FACULTAD DE CIENCIAS
AGRONÓMICAS
UNIVERSIDAD DE CHILE

Preguntas que deben realizarse para ejecutar y analizar un experimento comparativo.

- ✓ ¿Cuáles son y cuantos tratamientos se desea comparar? Si corresponde, indicar número de Factores y Niveles
- ✓ ¿Cómo se asignan los tratamientos a las unidades experimentales?
- ✓ ¿Cuántas repeticiones por tratamiento se realizaron?
- ✓ Identificar si hay un factor de bloqueo
- ✓ Identificar si corresponde el uso de alguna covariable.

106



FACULTAD DE CIENCIAS
AGRONÓMICAS
UNIVERSIDAD DE CHILE

Elementos del Diseño de Experimento

Erika Kania Kuhl
Ing. Agr. Dr.

