



## Elementos del Diseño de Experimento

Erika Kania Kuhl  
Ing. Agr. Dr.



1



## PARTE 1

## Elementos del Diseño de Experimento

Erika Kania Kuhl  
Ing. Agr. Dr.



2



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



### Unidad Experimental (UE)

Es el elemento o unidad básica del ensayo o la mínima porción de 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



### 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



### Unidad Experimental

La UE es propia de cada ensayo.

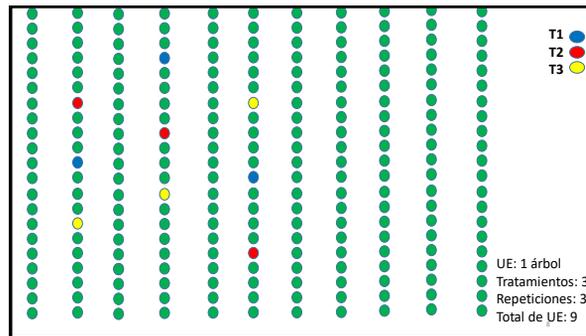


*Formas de aplicación*

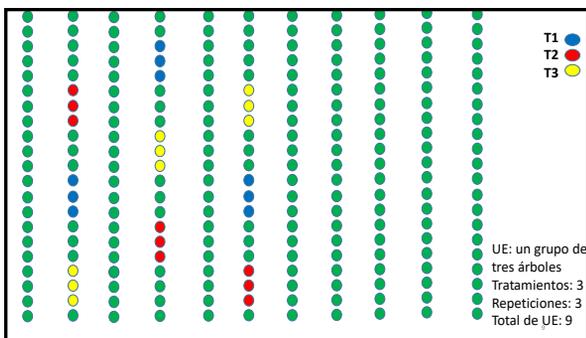
6



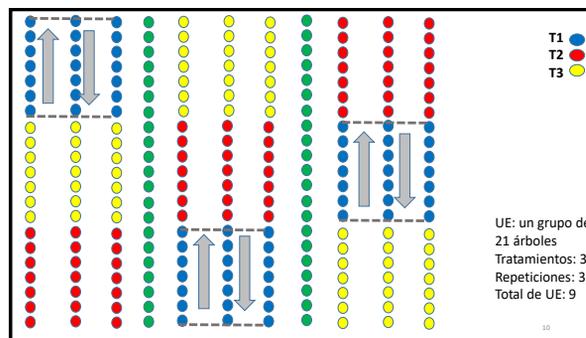
7



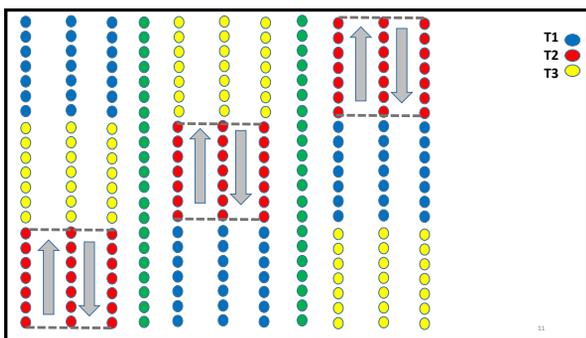
8



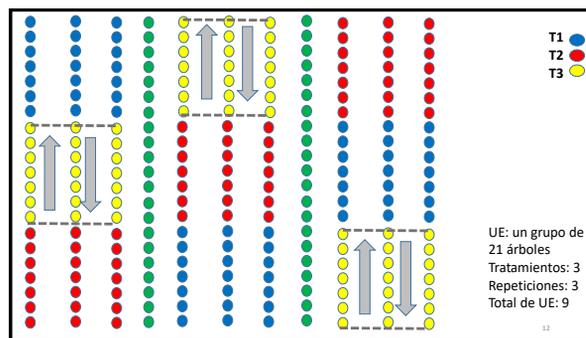
9



10



11



12

**Unidad Experimental**  
La UE es propia de cada ensayo.



13

**Unidad Experimental**  
La UE es propia de cada ensayo.



14

**Unidad Experimental**  
La UE es propia de cada ensayo.



15

**Unidad Experimental**  
La UE es propia de cada ensayo.



16

**Unidad Experimental**  
La UE es propia de cada ensayo.



17

**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**

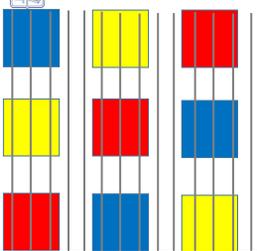
La respuesta de una UE debe ser independiente a la respuesta de otra UE

(Supuesto de independencia)



24

*Ejemplo ensayo herbicida*



**Unidad Experimental**

Es común en la investigación agropecuaria:

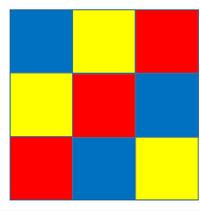
**Dejar espacio** suficiente entre una unidad experimental y otra para evitar derivas de producto,

T1 ●  
T2 ●  
T3 ●

UE: una parcela de terreno de 8 x 8 metros  
Tratamientos: 3  
Repeticiones: 3  
Total de UE: 9 <sup>25</sup>

25

*Ejemplo ensayo herbicida*



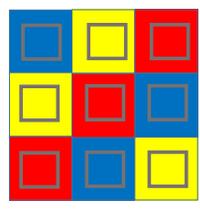
**O no dejar espacios libres**, con el fin de simular mejor las condiciones reales del cultivo, y luego evaluar el sector central de cada parcela. La superficie de la parcela que no producirá datos para el análisis se suele denominar **bordura**

T1 ●  
T2 ●  
T3 ●

UE: una parcela de terreno de 8 x 8 metros  
Tratamientos: 3  
Repeticiones: 3  
Total de UE: 9 <sup>26</sup>

26

*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 <sup>27</sup>

27

*Ejemplo ensayo herbicida*

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

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

<sup>28</sup>

28

*Ejemplo ensayo herbicida*

**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.

<sup>29</sup>

29

*Ejemplo ensayo herbicida*

**Elementos del Diseño de Experimento**

Erika Kania Kuhl  
Ing. Agr. Dr.



<sup>30</sup>

30

FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS UNIVERSIDAD DE CHILE

## PARTE 2

# Elementos del Diseño de Experimento

Erika Kania Kuhl  
Ing. Agr. Dr.

31

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

32

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

T1 ● (blue)  
T2 ● (red)  
T3 ● (yellow)

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 ● (blue)  
T2 ● (red)  
T3 ● (yellow)

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:**

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

¿Unidad de Observación?

36

**Variable respuesta**

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

37

**Modelo para la variable respuesta**

UNIDAD EXPERIMENTAL → RESPUESTA

$\epsilon_1$   $\epsilon_2$   $\epsilon_3$  Tratamiento  $\epsilon_p$



38

**Error Experimental**

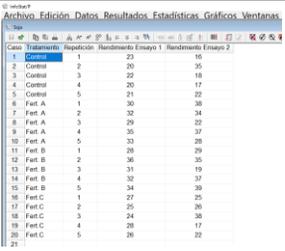
Si dos unidades experimentales son tratadas de igual manera (es decir pertenecen al mismo tratamiento), sería de esperar que su respuesta (el dato recolectado desde cada unidad) sea el mismo.

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

*Archivo Soja*

39

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 ¼ ha. cada una asignando los tratamientos en forma aleatoria. Los rendimientos obtenidos fueron (qq/ha):



*Archivo Soja*

40

**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

**Error Experimental**

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

42

 **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

 **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

 **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



46

 **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**

47

 **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

48

**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**

49

**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

50

**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

51

**Ejemplo de un experimento multifactorial:**

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

| FACTOR | NIVELES |
|--------|---------|
| N      | 10      |
|        | 15      |
|        | 30      |
| P      | 5       |
|        | 15      |

52

**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)

53

**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**

54

**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.

55

55

**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

56

56

**Elementos del Diseño de Experimento**



Erika Kania Kuhl  
Ing. Agr. Dr.



57

57

**PARTE 3**

**Elementos del Diseño de Experimento**



Erika Kania Kuhl  
Ing. Agr. Dr.



58

58

**Repetición**



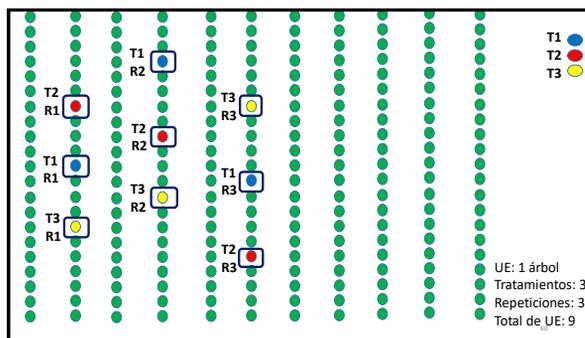
Se llama repetición a cada una de las realizaciones independientes de un tratamiento a una nueva unidad experimental

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

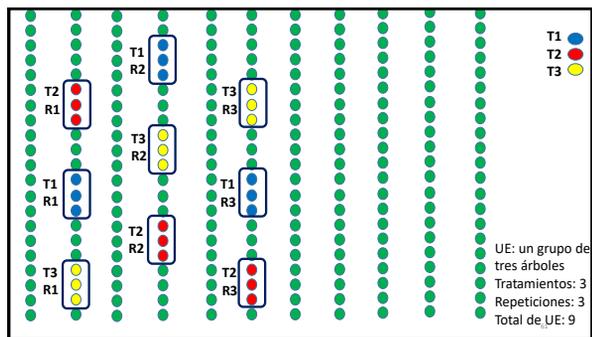
Juegan un rol importante ya que permiten evaluar la variabilidad de los datos registrados dentro de cada tratamiento o dicho de otra manera entre las repeticiones del mismo tratamiento.

59

59



60



61

**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

62

**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.

63

**Submuestreo**

64

**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

**Submuestreo**

Ejemplo Hormonas - Manzano

|   |  |
|---|--|
| <b>Opción A</b>                         | <b>Opción B</b>                          |
| Tratamientos: 3                         | Tratamiento: 3                           |
| Repeticiones: 5 árboles por tratamiento | Repeticiones: 20 árboles por tratamiento |
| Tot UE: 15 árboles                      | Tot UE: 60 árboles                       |
| 100 frutos por árbol                    | 25 frutos por árbol                      |
| Total frutos evaluados: 1500            | 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.

| Caso | Tratamiento | Repetición | Peso fruto |
|------|-------------|------------|------------|
| 1    | 1           | 1          | 200        |
| 2    | 1           | 2          | 250        |
| 3    | 1           | 3          | 220        |
| 4    | 1           | 4          | 200        |
| 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

| Caso | Tratamiento | Repetición | Fruto | Peso fruto |
|------|-------------|------------|-------|------------|
| 1    | 1           | 1          | 1     | 180        |
| 2    | 1           | 1          | 2     | 250        |
| 3    | 1           | 1          | 3     | 230        |
| 4    | 1           | 1          | 4     | 200        |
| 5    | 1           | 1          | 5     | 190        |
| 6    | 1           | 1          | 6     | 250        |
| 7    | 1           | 1          | 7     | 200        |

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 (blue circle)  
T2 (red circle)  
T3 (yellow circle)

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

72

**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:**

Bloque 1    Bloque 2    Bloque 3

73

**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

**Bloque**

Bloque 1    Bloque 2    Bloque 3

75

**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

**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

**¿Cómo llevamos a cabo el ensayo?**

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

78

¿Cómo llevamos a cabo el ensayo?

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

79

¿Cómo llevamos a cabo el ensayo?

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

80

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

81

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

82

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

83

**Bloque**

FACULTAD DE CIENCIAS  
AGRONÓMICAS  
UNIVERSIDAD DE CHILE

- 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

 **Unidad Experimental**

¿Son las unidades experimentales homogéneas?

- ✓ Diseño completamente aleatorizado (DCA)

¿Son las unidades experimentales heterogéneas?

- ✓ Diseño en bloque completos al azar (DBCA)



85

 **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

 **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




87

 **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.

88

 **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 mojado 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

 **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

91

92



FACULTAD DE CIENCIAS  
AGRONÓMICAS  
UNIVERSIDAD DE CHILE

### Diseño de Experimentos

93

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

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

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

96



**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

97



**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

98



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

99



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

100



**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

101



**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

102

 **Problema de Integración** 

FACULTAD DE CIENCIAS  
AGRONÓMICAS  
UNIVERSIDAD DE CHILE

Menciones/Identifique/Proponga:

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

103

103

 **Problema de Integración** 

FACULTAD DE CIENCIAS  
AGRONÓMICAS  
UNIVERSIDAD DE CHILE

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

104

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

FACULTAD DE CIENCIAS  
AGRONÓMICAS  
UNIVERSIDAD DE CHILE

- ✓ ¿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

105

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

FACULTAD DE CIENCIAS  
AGRONÓMICAS  
UNIVERSIDAD DE CHILE

- ✓ ¿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

106

 **Elementos del Diseño de Experimento**

FACULTAD DE CIENCIAS  
AGRONÓMICAS  
UNIVERSIDAD DE CHILE

Erika Kania Kuhl  
Ing. Agr. Dr.



107

107