



## EXPERIMENTACIÓN AGRÍCOLA

### I. DATOS GENERALES:

Unidad Académica:	Departamento de Suelos
Programa Educativo:	Ingeniero Agrónomo Especialista en Suelos
Nivel educativo:	Licenciatura
Área de conocimientos:	Manejo y Conservación de Suelos y Agua.
Asignatura:	<b>Experimentación Agrícola</b>
Clave:	1669
Créditos:	9
Carácter:	Obligatorio
Tipo:	Teórico-práctico
Prerrequisitos:	Biometría
Profesor responsable:	Dr. Guillermo Zárate de Lara
Ciclo escolar:	2008-2009
Año:	5°
Semestre:	Segundo
Horas teoría/semana:	4
Horas práctica/semana:	2
Horas tiempo independiente/semana:	3
Horas totales/semana:	9
Horas totales del curso:	144

### II. INTRODUCCIÓN

La asignatura de Experimentación Agrícola se ubica en el segundo semestre de cada ciclo escolar y está dirigida a los alumnos de quinto año de la Especialidad de Suelos. Corresponde a una materia básica del plan de estudios, tiene una relación horizontal con Cultivos Agrícolas y mantiene una relación vertical con Introducción a la Ciencia del Suelo. Además tiene una vinculación estrecha con las demás materias del área de Informática, y tiene como prerrequisito las materias: Matemáticas Aplicadas, Computación I y Biometría. De forma adicional el curso sirve de apoyo a materias como Fertilidad de Suelos, Nutrición Vegetal, y de forma general para cualquier curso que requiera del planteamiento de un proyecto para prácticas y evaluación de resultados de investigación.

Se imparte, en la fase teórica en conferencias por el docente, y es apoyado por prácticas de laboratorio. Se evalúa por medio de exámenes, algunos de tipo sorpresa.



### III. PRESENTACIÓN

La necesidad del curso de Experimentación Agrícola deriva del hecho en que es una materia básica independientemente del área de conocimientos en la que alguien se pretende desarrollar, cualquier persona que haga investigación siempre se verá limitada si no cuenta con los elementos estadísticos necesarios, ya que la teoría de los Diseños Experimentales se ha convertido en una herramienta indispensable en toda área de la ciencia. Por esto es de suma importancia que los especialistas en Suelos cuenten con estos elementos tanto para su vida académica como para su desarrollo profesional.

### IV. OBJETIVO GENERAL

Analizar conceptos básicos y las metodologías de la experimentación científica para aplicar en agronomía técnicas de análisis de los principales diseños experimentales.

Elaborar ejercicios con información obtenida de situaciones reales aplicando diferentes diseños experimentales para formular análisis numéricos auxiliándose únicamente de calculadora manual, haciendo énfasis en la interpretación de resultados.

### V. CONTENIDO

#### Unidad 1. Correlación, Regresión Lineal Simple, Regresión Polinomial, y Regresión Lineal Múltiple (8.5h)

##### Objetivo

Aplicar las metodologías de la Covarianza, Correlación, Regresión Lineal Simple, Regresión Lineal Múltiple y Regresión Polinomial en el análisis de información obtenida en la investigación científica en el área de la agronomía en general y de la ciencia del suelo en particular.

##### Contenido

- 1.1. Manejo y propiedades del Operador Sumatoria, Identidades útiles en Estadística (1.5h)
- 1.2. Caculo y propiedades de la Covarianza y la Correlación (1h)
- 1.3. Conceptos básicos de Pruebas de Hipótesis (1.5h)
- 1.4. Regresión Lineal Simple (3h)
- 1.5. Regresión Polinomial y Regresión Lineal Múltiple (1.5h)

#### Unidad 2. Principios de la Experimentación Científica (6.0 h)

##### Objetivo

Explicar los principios de la experimentación científica para utilizar este conocimiento en agronomía. Aprender los conceptos fundamentales, modelos estadísticos y aleatorización de los diseños experimentales básicos.



## Contenido

- 2.1. Conceptos Básicos sobre Diseños Experimentales (2 h)
- 2.2. Introducción a los Diseños Experimentales (2 h)
- 2.3. Modelos Estadísticos y Aleatorización de los Diseños Experimentales Básicos (2 h)

### **Unidad 3. El Modelo Lineal y Análisis de Varianza. (6 h)**

#### Objetivo

Aplicar el teorema de Gauss – Markoff a un modelo lineal para obtener los mejores Estimadores Lineales e Insesgados de los parámetros, verificar que se satisfacen los supuestos del teorema y utilizar el análisis de la varianza para interpretar resultados experimentales.

#### Contenido

- 3.1. Concepto de Modelo Estadístico (1 h).
- 3.2. Teorema de Gauss - Markoff (1 h).
- 3.3. Mejores Estimadores Lineales e Insesgados (2 h)
- 3.4. Análisis de la Varianza (2 h)

### **Unidad 4. Diseño Completamente al Azar (DCA) (7h)**

#### Objetivo

Analizar los conceptos básicos y supuestos fundamentales implícitos en los diseños completamente al azar, generar y aleatorizar DCA, obtener el modelo estadístico y el análisis de la varianza, realizar análisis de conjuntos de datos provenientes de experimentos utilizando DCA e interpretar los resultados.

#### Contenido

- 4.1. Aplicaciones del DCA **(1.25h)**
- 4.2. Aleatorización Irrestricada de un DCA **(1.25h)**
- 4.3. Ejemplo de Generación y Análisis de un DCA **(3.25h)**
- 4.4. Uso de software (SAS) para Análisis de un DCA e Interpretación de Resultados **(1.25h)**

### **Unidad 5. Diseño en Bloques Completos al Azar (DBCA) (6h)**

#### Objetivo

Derivar los conceptos básicos y supuestos fundamentales implícitos en los diseños en bloques completos al azar. Generar el diseño de campo (aleatorización), obtener el modelo estadístico y el análisis de la varianza, realizar análisis e interpretar resultados experimentales.



## Contenido

- 5.1. Aplicaciones del DBCA (1 h)
- 5.2. Aleatorización de un DBCA (1 h)
- 5.3. Ejemplo de Generación y Análisis de los DBCA **(3h)**
- 5.4. Uso de software (SAS) para Análisis de los DBCA e Interpretación de Resultados (1 h)

## **Unidad 6. Diseños en Cuadro Latino: DCL (6h)**

### Objetivo

Analizar los conceptos básicos y supuestos fundamentales implícitos en los Diseños en Cuadro Latino. Generar el modelo estadístico y el análisis de la varianza, analizar conjuntos de datos provenientes de experimentos realizados usando DCL e interpretar los resultados.

### Contenido.

- 6.1 Aplicaciones de los diseños en Cuadro Latino (1 h)
- 6.2 Formas de Aleatorización de un DCL (1.5 h)
- 6.3 Ejemplo de Generación y Análisis de un DCL **(2h)**
- 6.4 Uso de software (SAS) para Análisis de un DCL e Interpretación de Resultados (1.5 h)

## **Unidad 7. Comparaciones Múltiples de Medias (8.5h)**

### Objetivo

Evaluar diferentes metodologías de comparaciones múltiples de medias y estrategias de contrastes para analizar resultados experimentales y generar recomendaciones sobre los mejores tratamientos, para complementar las conclusiones obtenidas en los análisis de la varianza de los diferentes diseños experimentales.

### Contenido

- 7.1. Pruebas de comparaciones múltiples de medias: métodos de DMS, Tukey, Scheffe, Dunnet, y Contrastes Simples y Ortogonales **(4h)**
- 7.2. Ejemplo de Análisis e interpretación de resultados mediante cálculo manual **(3h)**
- 7.3. Uso de software (SAS) para el Análisis e Interpretación de Resultados (1.5 h)

## **Unidad 8. Experimentos Factoriales (7 h)**

### Objetivo

Derivar los conceptos y supuestos básicos de los experimentos factoriales, realizar análisis con ejemplos de experimentos factoriales a 2 y 3 niveles, explicar la importancia de el principio de confusión y el empleo de los experimentos factoriales fraccionados, para un uso más eficiente de los recursos y materiales experimentales.



## Contenido

- 8.1. Aplicaciones de los Experimentos Factoriales (1 h).
- 8.2. Análisis de la serie  $2^k$  y  $3^k$  (3 h).
- 8.3. Confusión de efectos factoriales (1.5 h)
- 8.4. Factoriales Fraccionados (1.5 h).

## **Unidad 9. Diseño en Parcelas Divididas (4.5 h).**

### Objetivo

Analizar las características de los diseños en parcelas divididas y subdivididas y aplicarlos en el análisis de conjuntos de datos provenientes de experimentos realizados utilizando estos diseños e interpretar los resultados.

### Contenido

- 9.1. Aplicaciones de los Diseños en Parcelas Divididas y Sub-Divididas (1.5 h).
- 9.2. Ejemplo de Generación y Análisis de un diseño en Parcelas Divididas (1.5 h).
- 9.3. Ejemplo de Generación y Análisis de un Parcelas Sub-Divididas (1.5 h).

## **Unidad 10. Análisis de Covarianza (4.5 h)**

### Objetivo

Derivar los conceptos y supuestos básicos asociados al análisis de covarianza, evaluar la importancia de esta metodología para incrementar la precisión de las conclusiones obtenidas en la investigación agrícola.

### Contenido

- 9.1. Conceptos y supuestos básicos del Análisis de Covarianza (1.5 h).
- 9.2. Ejemplo de aplicación del Análisis de Covarianza Simple (1.5 h).
- 9.3. Ejemplo de aplicación del Análisis de Covarianza Múltiple (1.5 h).

TOTAL: 64 h Teoría  
16 semanas

## **VI. METODOLOGÍA**

El desarrollo de este curso se hace tanto a nivel de aula para la parte teórica, como de laboratorio (laboratorio de cómputo) para la parte de prácticas, así como la resolución de ejercicios como tareas extra-clase.



## Prácticas del Curso (32h)

### Práctica 1. Introducción al uso del Software SAS Comandos Básicos. (2h)

#### Objetivo

Presentar un panorama general de la importancia del uso del software SAS, aplicar los comandos básicos para analizar e interpretar conjuntos de datos obtenidos en la experimentación agrícola.

### Práctica 2. Programa SAS: Uso de PROC CORR y PROC REG (2.25h)

#### Objetivo

Aplicar los procedimientos relacionados con el análisis de correlación (PROC CORR) y la regresión (PROC REG) para el análisis e interpretación de información obtenida en investigaciones científicas.

### Práctica 3. Programa SAS: Uso de SAS GRAPH, Exportar e Importar archivos gráficos (2h)

#### Objetivo

Generar gráficos usando SAS GRAPH para interpretar y presentar resultados de experimentos agrícolas, exportar e importar archivos gráficos en formatos que permitan optimizar el espacio de los medios magnéticos (disco duro y disco compacto, memorias, etc.), sin pérdida de calidad en los gráficos.

### Práctica 4. Programa SAS: Generación de Planes de campo de los Diseños Básicos. (2.25h)

#### Objetivo

Generar los planes de campo (aleatorización) de los Diseños Básicos que permitan la implementación correcta de los tratamientos a las unidades experimentales, para evitar sesgos indeseables en la experimentación agrícola.

### Práctica 5. Programa SAS: Análisis de los Diseños Completamente al Azar: DCA (2h)

#### Objetivo

Realizar los análisis estadísticos de conjuntos de datos provenientes de experimentos realizados empleando el diseño básico DCA, e interpretar los resultados.



**Práctica 6. Programa SAS: Análisis de los Diseños en Bloques Completos al Azar: DBCA (2.25h)**

Objetivo

Analizar conjuntos de datos provenientes de experimentos realizados empleando el Diseño en Bloques Completos al Azar, interpretar los resultados y calcular la eficiencia de los DBCA en relación a los DCA.

**Práctica 7. Programa SAS: Análisis de los Diseños en Cuadro Latino.: DCL (2h)**

Objetivo

Analizar conjuntos de datos provenientes de experimentos realizados empleando el Diseño en Cuadro Latino, interpretar los resultados y calcular la eficiencia de los DCL en relación a los DCA y a los DBCA.

**Práctica 8. Primer Examen Parcial Práctico: Unidades I, II, III y IV (2.25h)**

**Práctica 9. Programa SAS: Comparaciones Múltiples de Medias (2h)**

Objetivo

Evaluar las diferentes metodologías utilizadas en las Comparaciones Múltiples de Medias para la recomendación de los mejores tratamientos, utilizando información proveniente de la experimentación agrícola.

**Práctica 10. Programa SAS: Comparaciones Múltiples de Medias, segunda parte (2.25h)**

Objetivo

Comparar los métodos de Contrastes Simples y Contrastes Ortogonales con respecto a los métodos de Comparaciones Múltiples de medias tradicionales, para evaluar su eficiencia.

**Práctica 11. Programa SAS: Análisis de Experimentos Factoriales (2h)**

Objetivo

Analizar conjuntos de datos provenientes de Experimentos Factoriales, realizar la partición de los efectos de tratamientos en efectos principales e interacciones, e interpretar las ventajas de los experimentos factoriales con respecto a los diseños de tratamientos no factoriales.

**Práctica 12. Segundo Examen Parcial: Unidades V, VI, y VII (2.25h)-**



### **Práctica 13. Programa SAS: Análisis de Diseños en Parcelas Divididas. (2h)**

#### **Objetivo**

Explicar los principios de los Análisis de Diseños en Parcelas Divididas y Parcelas Sub Divididas, realizar los análisis e interpretar los resultados de experimentos agrícolas.

### **Práctica 14. Programa SAS: Análisis de Covarianza (2.25h)**

#### **Objetivo**

Aplicar y Evaluar la metodología del Análisis de Covarianza Simple y Covarianza Múltiple como una estrategia que permite incrementar la precisión y confiabilidad de los resultados experimentales.

### **Práctica 15. Examen Final Práctico: Unidades 8, 9 y 10 (2.25h)**

TOTAL: 32 h Práctica  
16 semanas

## **VII. EVALUACIÓN**

Para obtener la calificación final del alumno, se divide en la parte teórica y en la parte práctica.

#### **Teoría:**

Para la evaluación de la parte teórica se toman en cuenta varios aspectos como son exámenes escritos parciales y exámenes sorpresa, en conjunto constituyen el 80% de la calificación final, cuyo desglose es como sigue:

<b>Examen</b>	<b>Unidades</b>	<b>Porcentaje</b>
Examen 1	Unidades 1,2 y 3	20%
Examen 2	Unidades 4, 5, 6 y 7	25%
Examen 3	Unidades 8, 9 y 10	25%
Exámenes	2 por unidad	10%
Sorpresa	Durante el semestre	

#### **Práctica:**

En la parte práctica también se evalúan varios aspectos entre los que se tienen: Asistencia a las prácticas de laboratorio y reporte de ejercicios realizados en forma manual y utilizando la paquetería estadística que se enseñará en prácticas. Constituye el 20% de la calificación final.

Así se tiene:

Teoría:	80% calificación final
Práctica:	20% calificación final.
Total:	100%.





### Acreditación del curso

Para considerar como acreditado el curso es necesario obtener una calificación mínima de 6.6 en escala del 0.0 al 10.0, tanto para la parte teórica como para la parte práctica.

### VIII. BIBLIOGRAFÍA

Atkinson A. B.; Dunev Alexander & Randall, Tobias. 2007. Optimum Experimental Designs with SAS. North Carolina, U.S.A.

Canavos, George & Koutrouvellis, John.. 2008. Introduction to the Design & Analysis of Experiments. Prentice Hall, Pearson Education. U.S.A.

Montgomery, Douglas C. 2007. Diseño y Análisis de Experimentos. Segunda Edición Editorial LIMUSA, WILEY. México, D. F.

Pascal Ardilly, Yves Tillé. 2006. Sampling Methods: Exercises and Solutions. Springer, New York. U.S.A.

Pérez López, C. 2005. Muestreo Estadístico: conceptos y problemas resueltos. Prentice Hall, Pearson Education. New York. U.S.A.

Rawlings, J. O. 2005. Applied Regression Analysis: A Research Tool. Second Edition: Wadsworth & Brooks / Cole advanced Books & Software. Pacific Grove, California, U.S.A.

Rebolledo, R. H. H. 2002. Manual SAS por computadora: Análisis estadístico de datos experimentales Ed. Trillas. México, D. F.

SAS Institute Inc. 2006. SAS user's guide. Release 9.12 Edition. North Carolina, U.S.A.

Vittinghoff, Eric; Glidden, David D.; Shibosky, Stephen C & McCulloch Charles E. 2005. Regression Methods in Biostatistics: Linear, Logistic, Survival, and Repeated Measures Models. Springer, New York, U.S.A.