



# COLEGIO DE POSTGRADUADOS

INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

CAMPUS PUEBLA  
SUBDIRECCIÓN DE EDUCACIÓN

## COLEGIO DE POSTGRADUADOS

PROGRAMA DE POSTGRADO: **MANEJO SOSTENIBLE DE RECURSOS FITOGENÉTICOS**

CURSO: **DISEÑO Y ANÁLISIS DE EXPERIMENTOS**

PROFESOR TITULAR: **Dr. Pedro Antonio López**

COLABORADOR(ES):

CORREO ELECTRÓNICO **palopez@colpos.mx, palopez6790@gmail.com**

TELÉFONO: **222285 07 38, ext. 2029**

EDIFICIO/PLANTA/NÚMERO **CAMPUS PUEBLA**

CLAVE DEL CURSO **MRF-610**

PRE-REQUISITOS **Principios de estadística y computación**

TIPO DE CURSO:

- Teórico  
 Práctico  
 Teórico-Práctico

PERIODO:

- Primavera  
 Verano  
 Otoño  
 No aplica

SE IMPARTE A :

- Maestría en Ciencias  
 Doctorado en Ciencias  
 Maestría Tecnológica

MODALIDAD:

- Presencial  
 No presencial  
 Mixto

HORAS CLASE:

Presenciales 56  
Extra clase 136  
Total 192

CREDITOS: Tres (3)

Nota: Un crédito equivale a 64 horas totales (presenciales y extra clase)



## INTRODUCCIÓN Y FUNDAMENTACIÓN

Para un especialista en manejo sustentable de recursos fitogenéticos es de gran importancia manejar apropiadamente las técnicas estadísticas, entre las que se incluyen los diseños experimentales, ya que ello le permite una planeación y manejo apropiado de la información relacionada con la evaluación del comportamiento del germoplasma, o con fines de caracterización, o para optimizar la expresión de las características y cualidades del germoplasma, con el fin de generar inferencias estadísticas confiables. Muchas de estos experimentos pueden llevarse a cabo en campo, en invernadero y/o en laboratorio, por lo que los principios estadísticos son los mismos, pero los criterios para su planeación y ejecución pueden variar. Dos de las herramientas valiosas para el análisis de los datos en experimentación son el Sistema de Análisis Estadístico (SAS, por sus siglas en Inglés), cuyo manejo se ha hecho más accesible a partir de la disponibilidad gratuita de la versión para Windows, de SAS® University Edition, de libre acceso a través de la liga [http://www.sas.com/en\\_us/software/university-edition.html](http://www.sas.com/en_us/software/university-edition.html), así como el software, también gratuito R.

El presente curso está diseñado para impartirse a estudiantes del Programa en MSRF del Campus Puebla del Colegio de Postgraduados, quienes están relacionados con los recursos fitogenéticos o con factores involucrados en la optimización de las prácticas de laboratorio o agronómicas, y que además han recibido algunos cursos de estadística básica y requieren adquirir conocimientos sobre la planeación y conducción de experimentos y el manejo y análisis de la información utilizando los paquetes estadísticos SAS y R. El curso también está propuesto para impartirse a alumnos de maestría o doctorado que requieran analizar con mayor nivel de profundidad los aspectos teóricos y prácticos de los diseños experimentales y de los pasos a seguir para asegurar una buena planeación, establecimiento y conducción de los experimentos en campo, en laboratorio o invernadero, para la selección del diseño experimental y del modelo estadístico más adecuados y los métodos más apropiados de análisis e interpretación de los resultados, a fin de lograr una presentación clara y concisa de los mismos para su publicación en artículos científicos en revistas especializadas.

Este curso se relaciona y complementa a los cursos de “Metodología de la Investigación”, “Fitomejoramiento en los Nichos Ecológicos”, “Mejoramiento Molecular”, “Aplicación Geotécnica” y “Caracterización de la Variación Vegetal”, principalmente, los cuales son ejes importantes en el plan de estudios del Programa en MSRF.

---

### OBJETIVO GENERAL

---

Que el alumno conozca, maneje y aplique los principios básicos de la planeación, establecimiento y conducción de experimentos; así como el planteamiento de los modelos estadísticos apropiados para el correcto análisis de los datos obtenidos, mediante el uso de los paquetes estadísticos SAS y R, presentando e interpretando los resultados apropiadamente.

---



### TEMAS Y SUBTEMAS

HORAS ESTIMADAS	TEMAS Y SUBTEMAS	OBJETIVOS DE LOS TEMAS
4.0 HORAS	<p>1 Principios de la experimentación y libro de campo</p> <p>1.1. El conocimiento científico y la experimentación.</p> <p>Conceptos: Método científico, Estadística, Experimento, Factores, Diseño experimental, Tratamientos, Arreglo de tratamientos, Tamaño de parcela, Unidad experimental, Parcela útil, Repeticiones, Ambientes, Análisis de Varianza, Comparación de Medias, Variables, Mediciones, Precisión, Correlación, Análisis de varianza, Fuentes de variación, Grados de libertad, Suma de cuadrados, Cuadrados medios, Valores de F, Significancia. Modelos estadísticos.</p> <p>1.2. Libro de Campo</p>	<p>El alumno se familiarizará con la aplicación de los principales conceptos empleados en la estadística y en los diseños experimentales y reconocerá la importancia de la elaboración y manejo adecuado de un libro de campo.</p>
18.0 HORAS	<p>2 Diseños experimentales</p> <p>2.1. ¿Por qué y cuándo usar los diseños experimentales?</p> <p>2.2. Niveles de variación.</p> <p>2.3. Supuestos para el análisis de varianza (ANOVA).</p> <p>2.4. ANOVA de una vía.</p> <p>2.5. Diseño experimental completamente al azar (DECA). Aspectos teóricos y prácticos; ventajas y desventajas.</p> <p>2.6. Diseño experimental en bloques completos al azar (DEBA). Aspectos teóricos y prácticos; ventajas y desventajas.</p> <p>2.7. Diseño experimental en Cuadro Latino (DECL). Aspectos teóricos y prácticos; ventajas y desventajas.</p> <p>2.8. Diseño experimental en bloques incompletos (Látice). Aspectos teóricos y prácticos; ventajas y desventajas.</p>	<p>El alumno conocerá los principios teóricos y las bases prácticas para seleccionar el diseño experimental a emplear, construir el modelo estadístico apropiado y los arreglos de tratamientos más frecuentemente usados en la experimentación; así como las ventajas y desventajas de la aplicación de cada uno de ellos.</p>



	<p>2.9. Arreglos factoriales. Aspectos teóricos y prácticos; ventajas y desventajas.</p> <p>2.10. Arreglos en parcelas divididas. Aspectos teóricos y prácticos; ventajas y desventajas.</p> <p>2.11. Superficies de respuesta.</p> <p>2.12. Contrastes ortogonales.</p> <p>2.13. Análisis combinados.</p> <p>2.14. Comparación múltiple de medias.</p>	
<b>12.0 HORAS</b>	<p>3 Introducción al Sistema de Análisis Estadístico (SAS) y R</p> <p>3.1. ¿Qué es el SAS y qué es R?</p> <p>3.2. Cómo acceder al SAS.</p> <p>3.3. Explorando el SAS. Ventanas: Editor, Output, Log, Menú, Ayuda en SAS.</p> <p>3.4. Principales comandos en SAS.</p> <p>3.5. Principales procedimientos en SAS: PROC PRINT, PROC SORT, PROC ANOVA, PROC GLM, etc.</p> <p>3.6. Aleatorización en SAS.</p>	<p>El alumno se familiarizará con el manejo y aplicación del menú de opciones, con los principales comandos y procedimientos empleados en el paquete estadístico SAS.</p>
<b>18.0 HORAS</b>	<p>4 Análisis de la información</p> <p>4.1. Análisis preliminar de datos. Datos fuera de tipo (outliers), Gráficas de dispersión, Distribución de las variables, elaboración de gráficas (Q-Plot) en SAS, Transformación de variables, empleo de PROC MEANS en SAS, Matriz de datos.</p> <p>4.2. Aplicación de PROC ANOVA y/o PROC GLM en SAS.</p> <p>4.2.1. Planeación y análisis de experimentos completamente al azar. Programación e interpretación de resultados.</p> <p>4.2.2. Planeación y análisis de experimentos en bloques completos al azar. Programación e interpretación de resultados.</p> <p>4.2.3. Planeación y análisis de experimentos en Cuadro Latino. Programación e interpretación de resultados.</p> <p>4.2.4. Planeación y análisis de experimentos en Látice. Programación e interpretación de resultados.</p>	<p>El alumno conocerá los principios teóricos y la aplicación práctica del análisis preliminar de la información, del análisis de varianza y de pruebas de medias de datos obtenidos a partir de diferentes diseños experimentales y de la aplicación de arreglos de tratamientos; así como la interpretación de los resultados.</p>



# COLEGIO DE POSTGRADUADOS

INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

CAMPUS PUEBLA

SUBDIRECCIÓN DE EDUCACIÓN

	<p>4.2.5. Planeación y análisis de experimentos factoriales. Programación e interpretación de resultados.</p> <p>4.2.6. Análisis de series de experimentos. Programación e interpretación de resultados.</p>	
<b>4.0 HORAS</b>	<p>Tópicos especiales</p> <p>5.1. Contrastes ortogonales.</p> <p>5.2. Estimación de componentes de varianza.</p> <p>5.3. Generación de modelos estadísticos para en ANOVA.</p>	<p>El alumno manejará y aplicará algunas técnicas adicionales de análisis de la variación aplicadas en el estudio de los recursos fitogenéticos.</p>



## METODOLOGÍA DE ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE

El curso se desarrollará con dos sesiones teóricas de dos horas por sesión cada semana, durante las cuales el profesor expondrá los temas a tratar, los cuales serán discutidos de manera grupal; además el alumno dedicará al menos ocho horas/semana para prácticas y tareas, con tiempo variable para asesorías, previo acuerdo entre estudiantes y profesor. El desarrollo del curso se enfocará a la aplicación práctica de los temas cubiertos en clase. Se programarán tareas y prácticas para cada tema del programa. Se recomienda que el alumno cuente con un tema de investigación definido para que el contenido del curso le apoye en la planeación de su trabajo o, en caso de tratarse de un estudiante con avances en su investigación, es recomendable que cuente con datos originales producto de su estudio, para la ejecución de ejercicios con datos reales.

Se requiere que el alumno instale en su computadora personal la versión libre de SAS® University Edition y/o que obtenga una clave de acceso al programa SAS en escritorio remoto, esto último lo puede tramitar a través del sistema del Departamento de Redes del Colegio de Postgraduados, vía correo electrónico institucional. Cada alumno entregará un trabajo final con datos reales, donde aplicará los conocimientos adquiridos durante el curso. Adicionalmente, el Laboratorio de Cómputo del Campus Puebla cuenta con el paquete SAS instalado en algunos de los procesadores ya en uso.

---

## LISTA DE PRÁCTICAS

---



- Práctica 1. Elaboración del libro de campo.
- Práctica 2. Uso de comandos en SAS.
- Practica 3. Planeación y establecimiento de un experimento.
- Práctica 4. Conducción y toma de datos de un experimento.
- Práctica 5. Análisis de datos de un experimento.
- Práctica 6. Manejo y análisis de datos reales.
- Práctica 7. Elaboración de un reporte científico.

---

### RECURSOS DIDÁCTICOS

---

Para las sesiones teóricas se emplearán un proyector, una pantalla y computadora portátil. También se hará uso del pizarrón. Si la situación lo amerita, las sesiones se realizarán de manera virtual. Se hará uso de notas de clase que se han preparado para cada tema. Para las sesiones prácticas se utilizará material diverso, de acuerdo al tipo de experimento que se establecerá, ya sea en campo, en laboratorio o en invernadero. En las sesiones prácticas también se hará uso de computadoras portátiles o de los equipos instalados en el Laboratorio de Cómputo del Campus Puebla. Cada estudiante manejará un libro de campo con información relacionada a la planeación y conducción de un experimento. El software que se utilizará será la versión libre de SAS® University Edition, la versión de SAS 9.4 en escritorio remoto o instalada en equipo del Laboratorio de Cómputo. También se hará uso de software como Excel, Power Point y Word.

---

---

### NORMAS Y PROCEDIMIENTOS DE EVALUACIÓN

---

Se tomará en cuenta la asistencia de los alumnos para la asignación de calificaciones, se aplicarán dos exámenes escritos, el primero de ellos cubriendo el material visto en los temas 1 y 2; mientras que el segundo examen cubrirá el material de los temas 3, 4 y 5. Se evaluará el reporte de tareas y prácticas, así como el reporte del trabajo final; éste último se elaborará con base en los lineamientos de un artículo científico, con título, introducción, materiales y métodos, resultados y discusión, conclusiones y bibliografía. Una vez concluido el tema 3 cada estudiante realizará una presentación de su proyecto de investigación, involucrando el uso de un diseño experimental. Se establecerá al menos un experimento durante el desarrollo del curso y de manera grupal o en equipos los estudiantes se harán cargo de la planeación, el establecimiento, conducción, toma de datos y análisis e interpretación de los resultados derivados, con el objetivo de elaborar un reporte y/o al menos un resumen que podrá ser presentado en un evento científico. Cada estudiante será responsable de manejar un libro de campo con la información relacionada al trabajo experimental. La calificación final será el resultado de la suma ponderada de las siguientes actividades:



# COLEGIO DE POSTGRADUADOS

INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

CAMPUS PUEBLA

SUBDIRECCIÓN DE EDUCACIÓN

Actividad	Porcentaje de evaluación
Asistencia †	Requisito para acreditar calificación
Exámenes	25
Reportes de tareas, prácticas y presentación	45
Trabajo final	30
Total	100

† El estudiante no podrán tener más de tres faltas injustificadas

---

## BIBLIOGRAFÍA IMPRESA O ELECTRÓNICA (AUTOR, AÑO, TÍTULO, REVISTA O EDITORIAL, PÁGINAS)

---

- Bautista-Martínez N., L. Soto-Rojas, R. Pérez-Pacheco (eds). 2009. Tópicos selectos de estadística aplicados a la fitosanidad. Colegio de Postgraduados-Instituto Politécnico Nacional, CIIDIR Oaxaca, Montecillo, mpio. de Texcoco, Edo. de México. 256 p.
- Cochran W.G. and Cox G.M. 1957. Experimental designs. 2<sup>nd</sup> ed. John Wiley & Sons, Inc., New York. 617 p.
- Gilbert J.E., Lewis R.V., Wilkinson M.J. and Caligari P.D.S. 1999. Developing an appropriate strategy to assess genetic variability in plant germplasm collections. Theor. Appl. Genet. 98:1125-1131.
- López P. A. 2021. Notas de clase. Colegio de Postgraduados Campus Puebla.
- Martínez G. A. 1988. Diseños experimentales. Métodos y elementos de teoría. Ed. Trillas. México. 756 p.
- McIntosh M. S. 1983. Analysis of combined experiments. Agronomy Journal 75: 153-155.
- Moore K. J. and P. M. Dixon. 2015. Analysis of Combined Experiments Revisited. Agronomy Journal 107(2):763-771.
- Moore D.S. and G.P. McCabe. 1993. Introduction to the practice of statistics. 2<sup>nd</sup> ed. W.H. Freeman and Company. United States of America. 854 p.
- Robinson P.H., J. Wiseman, P. Udén, G. Mateos. 2006. Some experimental design and statistical criteria for analysis of studies in manuscripts submitted for consideration for publication. Animal Feed Science and Technology 129: 1–11.
- Sahagún C. J. 2007. Estadística descriptiva y probabilidad. Una perspectiva biológica. Universidad Autónoma Chapingo, Chapingo, Estado de México. 282 p.
- SAS Institute. 2004-2012. Statistical Analysis System, Version 9.1. SAS Institute Inc., Cary, NC, USA.
- Steel R.G.D. y J. H. Torrie. 1985. Bioestadística. Principios y Procedimientos. 1a ed. en Español. McGraw Hill de México, S.A. de C.V. México. 622 p.