

## **1.- DATOS DE LA ASIGNATURA**

Nombre de la asignatura: **Diseños Experimentales**

Carreras: **Ingeniería en Innovación Agrícola Sustentable e  
Ingeniería en Agronomía**

Clave de la asignatura: **AEF-1016**

**SATCA<sup>1</sup> 3-2-5**

## **2.- PRESENTACIÓN**

### **Caracterización de la asignatura.**

Esta asignatura le aporta a la formación del egresado, herramientas de los procedimientos experimentales mediante los cuales se genera el conocimiento. Su función principal es el aplicar los conceptos básicos de la experimentación, así como los análisis en el proceso de investigación científica para interpretar los resultados mediante la estadística y generar información técnico-científica que permiten la toma de decisiones.

La asignatura consiste en seis unidades que integran los elementos del diseño de experimentos. La primera unidad introduce al estudiante al tema de la experimentación y su relación con la investigación. La segunda unidad lo ubica en la ejecución de experimentos, pues le provee herramientas para definir el tamaño, forma y disposición de las unidades experimentales, efectos de cada factor, número de repeticiones, diseño del experimento (croquis), así como la codificación y decodificación estadística de los datos colectados y analizados. De la tercera a la quinta unidad, se le proporcionan elementos para realizar Análisis de Varianza en los diseños experimentales más comunes, tales como Completamente Aleatorios, Bloques Completos al Azar, y Cuadros Latinos, así como los Experimentos Factoriales y sus arreglos y variantes. Finalmente, en la sexta unidad se aborda la comparación de las medias, para definir diferencias entre los tratamientos.

Esta asignatura interrelaciona con los conocimientos que aportan materias como Fundamentos de Investigación, Edafología, Estadística, Métodos Estadísticos, Fisiología Vegetal, Nutrición Vegetal, Entomología Agrícola, Agroecología y otras disciplinas; las cuales le proporcionan al estudiante los argumentos para entender, por un lado, la importancia de la uniformidad en la experimentación y, por el otro, las fuentes de variación y su posible control y/o estimación a través del uso de diferentes diseños experimentales.

### **Intención didáctica.**

El curso de Diseños Experimentales debe considerarse como una materia básica, cuyo contenido trate las bases físicas, estadísticas y probabilísticas, de la experimentación en el área ingenieril.

Los temas deben enfocarse a desarrollar en el estudiante, la capacidad de usar la

<sup>1</sup> Sistema de asignación y transferencia de créditos académicos

experimentación para la solución de problemas científicos, en los que el procedimiento experimental incluya el planteamiento de hipótesis estadísticas.

Los temas se abordarán mediante el análisis de datos, tomando como ejemplos diferentes diseños experimentales, aplicando los conceptos de “diseño” y “arreglo”, así como interpretando los resultados.

Se debe dar énfasis al trabajo que desarrolle en el estudiante, principalmente, habilidades de investigación. Para esto, se sugiere que se visite y establezca alguna área experimental, para que en forma práctica el alumno vea la aplicación y distribución de los tratamientos mediante u diseño experimental y el motivo de su selección.

Los contenidos de esta asignatura favorecen la capacidad del estudiante para diseñar y gestionar proyectos interdisciplinarios.

El profesor facilitará el uso de los recursos tecnológicos disponibles, que permitan al estudiante realizar el análisis estadístico de manera más fluida, así apoyarlos con su experiencia, para una mejor interpretación de los resultados.

### 3.- COMPETENCIAS A DESARROLLAR

Competencias específicas:	Competencias genéricas
<p>Conocer los principios básicos de los diseños experimentales y la investigación con fundamentos estadísticos.</p> <p>Analizar la uniformidad y el manejo de la variabilidad en experimentos con seres vivos, así como la medición y control del efecto ambiental.</p> <p>Planear y desarrollar un diseño, recolectar, organizar, analizar e interpretar datos experimentales obtenidos en diseños comunes en la investigación de campo y laboratorio, así como interpretar los resultados del análisis.</p> <p>Examinar las pruebas de significancia utilizadas para estimar la probabilidad de diferencias entre tratamientos.</p>	<p><b>Competencias instrumentales</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Capacidad de análisis y síntesis.</li><li>• Capacidad de organizar y planificar.</li><li>• Habilidades básicas de manejo de la computadora.</li><li>• Solución de problemas.</li><li>• Toma de decisiones.</li></ul> <p><b>Competencias interpersonales</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Capacidad de trabajar en equipo interdisciplinario.</li><li>• Capacidad de comunicarse con profesionales de otras áreas.</li><li>• Compromiso ético.</li></ul> <p><b>Competencias sistémicas</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Capacidad de aplicar los conocimientos en la práctica.</li><li>• Habilidades de investigación.</li><li>• Capacidad de aprender.</li><li>• Capacidad de generar nuevas ideas (creatividad).</li><li>• Capacidad para diseñar y gestionar proyectos.</li></ul>

#### 4.- HISTORIA DEL PROGRAMA

Lugar y fecha de elaboración o revisión	Participantes	Observaciones (cambios y justificación)
Instituto Tecnológico de Roque, del 26 al 30 de Octubre 2009.	Representantes de las Academias de los Institutos Tecnológicos de: Aguascalientes, Altamira, Torreón, Úrsulo Galván, Valle del Yaqui y Zona Maya.	Reunión Nacional de Diseño e Innovación Curricular para la Formación y Desarrollo de Competencias Profesionales de la carrera de Ingeniería en Agronomía.
Instituto Tecnológico El Llano Aguascalientes, del 3 de noviembre al 19 de marzo de 2010.	Representantes de las Academias de Ingeniería en Agronomía.	Ánalisis, enriquecimiento y elaboración del programa de estudio propuesto en la Reunión Nacional de Diseño Curricular de la carrera de Ingeniería en Innovación Agrícola Sustentable.
Instituto Tecnológico El Llano, del 22 al 26 de Marzo de 2010.	Representantes de las Academias de los Institutos Aguascalientes, Altamira, Torreón, Úrsulo Galván, Valle del Yaqui y Zona Maya.	Definición de los programas de estudio de la carrera de Ingeniería en Desarrollo Comunitario en la Reunión Nacional de Consolidación.
Instituto Tecnológico de Aguascalientes, del 15 al 18 de Junio de 2010.	Representantes de las academias de los Institutos Tecnológicos de Altiplano de Tlaxcala, Comitán, Huejutla, Superior de Pátzcuaro, Roque, Torreón y Superior de Zongolica.	Reunión Nacional de Implementación Curricular y Fortalecimiento Curricular de las asignaturas comunes por área de conocimiento para los planes de estudio actualizados del SNEST.

## **5.- OBJETIVO(S) GENERAL(ES) DEL CURSO**

- Conocer los principios básicos de los diseños experimentales y la investigación con fundamentos estadísticos.
- Analizar la uniformidad y el manejo de la variabilidad en experimentos con seres vivos, así como la medición y control del efecto ambiental.
- Planear y desarrollar un diseño, recolectar, organizar, analizar e interpretar datos experimentales obtenidos en diseños comunes en la investigación de campo y laboratorio, así como interpretar los resultados del análisis.
- Examinar las pruebas de significancia utilizadas para estimar la probabilidad de diferencias entre tratamientos.

## **6.- COMPETENCIAS PREVIAS**

- Contar con conocimientos generales básicos en ciencias agropecuarias.
- Tener la capacidad de análisis y síntesis utilizando herramientas estadísticas.
- Poseer habilidades básicas en el manejo de computadora y calculadora científica.
- Tener la capacidad para resolver ejercicios referentes a problemas inherentes a la profesión.
- Tener la capacidad de razonamiento inductivo y deductivo.
- Diseñar y analizar diferentes alternativas de solución.
- Tener habilidad para solucionar problemas que requieran de un proceso experimental.
- Tener capacidad para recolectar, organizar y analizar datos.
- Poder tomar decisiones a través del conocimiento y para la generación de conocimiento.
- Tener actitud para el trabajo en equipo inter y multidisciplinario.
- Tener habilidad para analizar e interpretar información.
- Tener disposición para aprender a aprender.
- Tener capacidad para integrar los conocimientos teóricos con la práctica experimental.
- Contar con actitud positiva y los valores éticos correspondientes.

## 7.- TEMARIO

<b>Unidad</b>	<b>Temas</b>	<b>Subtemas</b>
1	Introducción a la experimentación.	<p>1.1 Definición de experimentación, objetivos e importancia.</p> <p>1.2 Diseños experimentales en la agricultura.</p> <p>1.3 El investigador y el razonamiento científico.</p> <p>1.4 Orientación de la experimentación.</p> <p>1.5 Planteamiento de hipótesis</p> <p>1.6 Características y etapas en la planeación de los experimentos.</p> <p>1.7 Presentación de los resultados de un proyecto experimental.</p> <p>1.8 Organización y conducción de la investigación agrícola en México.</p>
2	Ejecución de la experimentación.	<p>2.1 Definición de conceptos.</p> <p>2.1.1 Tratamiento, testigo, unidad experimental, unidad de observación.</p> <p>2.1.2 Error experimental, repeticiones, variable de agrupamiento o control, tratamiento, variable de observación, etc.</p> <p>2.2 Tamaño óptimo de parcela o unidad experimental.</p> <p>2.3 Forma de las unidades o parcelas experimentales.</p> <p>2.4 Número de repeticiones. Consideraciones generales.</p> <p>2.5 Selección del material experimental.</p> <p>2.6 Agrupamiento de las unidades experimentales y de los tratamientos.</p> <p>2.7 Efectos de la competencia entre y dentro de las unidades experimentales.</p> <p>2.8. Experimentos comunes en la investigación agrícola.</p> <p>2.9 Consideraciones en la planeación, ejecución, recolección, análisis e interpretación de los datos de un experimento.</p> <p>2.10 El análisis de varianza y aceptación o rechazo de hipótesis nula (prueba de F).</p> <p>2.11 Medición y control del error experimental.</p>
3	Análisis de Varianza y Diseños experimentales básicos.	<p>3.1 Fundamento del Análisis de Varianza (ANOVA) para cada diseño.</p> <p>3.2 Diseño Completamente Aleatorio (DCA).</p> <p>3.2.1 Características del DCA.</p> <p>3.2.2 Análisis del DCA con más de dos tratamientos y el mismo número de observaciones por unidad experimental.</p> <p>3.2.3 DCA con diferente número de observaciones por tratamiento y su análisis e interpretación.</p> <p>3.3 Diseño de Bloques Completos al Azar (DBCA).</p> <p>3.3.1 Características del DBCA.</p>

		<p>3.3.2 Análisis del DBCA.</p> <p>3.3.3 DBCA con varias observaciones por unidad experimental.</p> <p>3.3.4 DBCA con desigual número de observaciones por unidad experimental.</p> <p>3.4 Diseño de Cuadro Latino (DCL).</p> <p>3.4.1 Características del DCL.</p> <p>3.4.2 Análisis de Varianza del DCL.</p>
4	Experimentos Factoriales (EF).	<p>4.1 Diferencia entre diseño, experimento y arreglo de tratamientos.</p> <p>4.2 Características de los EF.</p> <p>4.3 Ventajas y desventajas de los EF.</p> <p>4.4 Ejecución de los factores.</p> <p>4.5 Análisis de Varianza de los EF.</p> <p>4.6 Interpretación de los EF.</p> <p>4.7 Clasificación de los EF (<math>2^n</math>, <math>3^n</math> pn).</p> <p>4.8 Confusión de efectos.</p> <p>4.9 EF incompletos.</p>
5	Arreglos para Experimentos Factoriales.	<p>5.1 Arreglo en Parcelas Divididas (DPD).</p> <p>5.1.1 Características del DPD.</p> <p>5.1.2 Análisis de Varianza del DPD.</p> <p>5.1.3 DPD Completamente al Azar (CA).</p> <p>5.1.4 DPD en Bloques al Azar (BCA).</p> <p>5.1.5 DPD en Cuadro Latino (CL).</p> <p>5.2 Diseño en Franjas Divididas.</p> <p>5.3 Arreglo en Parcelas Subdivididas (DPSD).</p> <p>5.3.1 Características del DPSD.</p> <p>5.3.2 Análisis de Varianza del DPSD (CA, BCA, CL).</p> <p>5.4 Diseño en Franjas Subdivididas.</p>
6	Pruebas de separación de medias.	<p>6.1 El análisis funcional de varianza o pruebas de F planeadas.</p> <p>6.2 Pruebas múltiples de separación de medias.</p> <p>6.2.1 Diferencia Mínima Significativa (DMS).</p> <p>6.2.2 Prueba del Rango Múltiple de Significación de Duncan (RMD).</p> <p>6.2.3 Prueba Múltiple de Significación de Tukey (DSH).</p> <p>6.3 Comparaciones de clase o contrastes ortogonales.</p> <p>6.4 Comparaciones o superficies de tendencia.</p>

## **8.- SUGERENCIAS DIDÁCTICAS**

- Propiciar actividades de búsqueda, selección y análisis de información en distintas fuentes sobre experimentación agropecuaria.
- Visitar campos experimentales de INIFAP o empresas del ramo agropecuario.
- Propiciar el uso de las nuevas tecnologías en el desarrollo de los contenidos de la asignatura (uso del Internet y software estadístico para el análisis de propuestas experimentales aplicadas a problemas reales).
- Propiciar actividades de planeación y organización de distinta índole en el desarrollo de la asignatura.
- Desarrollar ejemplos ilustrativos de experimentos de campo y de laboratorio.
- Propiciar, en el estudiante, el desarrollo de actividades intelectuales de inducción-deducción y análisis-síntesis, las cuales lo encaminan hacia la investigación, la aplicación de conocimientos y la solución de problemas.
- Llevar a cabo actividades prácticas que promuevan el desarrollo de habilidades para la experimentación, tales como: observación, identificación manejo y control de variables y datos relevantes, planteamiento de hipótesis, de trabajo en equipo.
- Desarrollar actividades de aprendizaje que propicien la aplicación de los conceptos, modelos y metodologías que se van aprendiendo en el desarrollo de la asignatura.
- Propiciar el uso adecuado de conceptos, y de terminología científico-tecnológica.
- Proponer problemas que permitan al estudiante la integración de contenidos de la asignatura y entre distintas asignaturas, para su análisis y solución (proponer estudios de caso para plantear soluciones).
- Relacionar los contenidos de la asignatura con el cuidado del medio ambiente; así como con las prácticas de una ingeniería con enfoque sustentable.
- Observar y analizar fenómenos y problemáticas propias del campo ocupacional.
- Relacionar los contenidos de esta asignatura con las demás del plan de estudios para desarrollar una visión interdisciplinaria en el estudiante.
- Involucrar al estudiante en la discusión, análisis y reflexión de los resultados experimentales.
- Fomentar la discusión de la importancia que tienen los valores en la obtención y difusión de los resultados experimentales y su utilidad social.
- Fomentar el análisis y la reflexión sobre la importancia del diseño experimental en la toma de decisiones en el mundo real de los procesos y servicios.
- Propiciar la integración de equipos de trabajo con estudiantes y personal docente de diferentes perfiles profesionales.

## **9.- SUGERENCIAS DE EVALUACIÓN**

- Participación en clase.
- Examen escrito.
- Reportes de prácticas y visitas a campos experimentales
- Exposiciones.
- Solución de ejercicios.
- Consultas en Internet, así como el análisis-síntesis de la información y su discusión en el aula.
- Análisis y discusión en el aula de las fuentes de variación en un experimento, así como de las estrategias para medir el efecto de cada una de ellas.

- Realización de trabajos que incluyan la planeación y/o desarrollo de diseños experimentales, la recolección, organización, análisis e interpretación de datos de campo y/o laboratorio, así como la interpretación de resultados.
- Participación en clase.
- Exámenes escritos.

## 10.- UNIDADES DE APRENDIZAJE

### Unidad 1: Introducción a la experimentación

Competencia específica a desarrollar	Actividades de Aprendizaje
Conocer los principios básicos de los diseños experimentales y la investigación, con fundamentos estadísticos.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Investigar en Internet sobre experimentación, diseños experimentales e investigación científica relacionada con su perfil profesional, análisis-síntesis de la información y discusión en el aula.</li> <li>Realizar un ensayo sobre la importancia y aplicación de los diseños experimentales.</li> </ul>

### Unidad 2: Ejecución de la experimentación

Competencia específica a desarrollar	Actividades de Aprendizaje
Analizar la uniformidad y el manejo de la variabilidad en experimentos con seres vivos, así como la medición y control del efecto ambiental.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Investigar en Internet sobre fuentes de variación en un experimento y estrategias para medir su efecto.</li> <li>Ánalysis de la información y discusión en el aula.</li> <li>Resolver problemas aplicando pruebas de hipótesis.</li> <li>Entender la necesidad de considerar a la experimentación agroalimentaria en el marco de la Metodología de la Investigación, su planeación y las necesidades de investigación en la producción y proceso de alimentos.</li> <li>Comprender la importancia que tiene en la precisión del experimento el agrupamiento de las unidades experimentales.</li> <li>Asignar tratamientos en un experimento.</li> <li>Colectar datos para un arreglo completamente al azar.</li> </ul>

### Unidad 3: Análisis de Varianza y Diseños experimentales básicos

Competencia específica a desarrollar	Actividades de Aprendizaje
Planear y desarrollar un diseño, recolectar, organizar, analizar e interpretar datos experimentales obtenidos en diseños comunes en la investigación de campo y laboratorio, así como interpretar los resultados del análisis.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Consultar en libros e Internet, los fundamentos del ANOVA y discutir en el aula.</li> <li>Analizar ventajas y desventajas de los DCA, DBCA y DCL.</li> <li>Discutir en grupo y esquematizar factores de variación que pueden influir en el resultado.</li> <li>Comentar en clase los criterios del bloqueo e importancia del mismo.</li> <li>Integrar equipos de trabajo, para planear, preparar, establecer y conducir los experimentos que aquí se discuten, obteniendo y organizando datos de diferentes variables.</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Realizar el ANOVA correspondiente y su interpretación, utilizando el software disponible (Excel, Minitab, Olivares, 1996, SAS, SPSS).</li> <li>• Colectar datos en equipos para un arreglo de bloques al azar u otros diseños.</li> <li>• Comentar en clase las inferencias y discutir resultados de diferentes experimentos, generados por sí mismos o mediante revisión bibliográfica.</li> </ul>
--	--

#### Unidad 4: Experimentos Factoriales (EF)

Competencia específica a desarrollar	Actividades de Aprendizaje
Planear y desarrollar un diseño, recolectar, organizar, analizar e interpretar datos experimentales obtenidos en diseños comunes en la investigación de campo y laboratorio, así como interpretar los resultados del análisis.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Consultar en libros e Internet, la diferencia entre diseño, experimento y arreglo de tratamientos y discutir en el aula.</li> <li>• Simular el establecimiento de un arreglo factorial.</li> <li>• Exponer, discutir y analizar los resultados en grupo.</li> <li>• Analizar ventajas y desventajas de los EF.</li> <li>• Integrar equipos de trabajo, para planear, preparar, establecer y conducir los experimentos que aquí se discuten, obteniendo y organizando datos de diferentes variables.</li> <li>• Realizar el ANOVA correspondiente y su interpretación, utilizando el software disponible (Excel, Minitab, Olivares, 1996, SAS, SPSS).</li> <li>• Comentar en clase las inferencias y discutir resultados de diferentes experimentos, generados por sí mismos o mediante revisión bibliográfica.</li> <li>• Considerar la posible interacción entre factores asociados con el problema de investigación, dada su importancia en la interpretación de los hechos.</li> </ul>

#### Unidad 5: Arreglos para Experimentos Factoriales

Competencia específica a desarrollar	Actividades de Aprendizaje
Planear y desarrollar un diseño, recolectar, organizar, analizar e interpretar datos experimentales obtenidos en diseños comunes en la investigación de campo y laboratorio, así como interpretar los resultados del análisis.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Analizar distintos arreglos de tratamientos y su posible aplicación.</li> <li>• Comentar en clase los criterios del bloqueo e importancia del mismo.</li> <li>• Integrar equipos de trabajo, para planear, preparar, establecer y conducir los experimentos que aquí se discuten, obteniendo y organizando datos de diferentes variables.</li> <li>• Realizar el ANOVA correspondiente y su interpretación, utilizando el software disponible</li> </ul>

	<p>(Excel, Minitab, Olivares, 1996, SAS, SPSS).</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Comentar en clase las inferencias y discutir resultados de diferentes experimentos, generados por sí mismos o mediante revisión bibliográfica.</li> </ul>
--	--

#### **Unidad 6: Pruebas de separación de medias**

<b>Competencia específica a desarrollar</b>	<b>Actividades de Aprendizaje</b>
Examinar las pruebas de significancia utilizadas para estimar la probabilidad de diferencias entre tratamientos.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Seleccionar y aplicar la prueba de separación de medias que ajuste al propósito del experimento.</li> <li>• Comparar separaciones de medias obtenidas mediante la aplicación de diferentes pruebas, de un mismo ANOVA.</li> <li>• Comentar en clase las inferencias realizadas.</li> </ul>

## **11.- FUENTES DE INFORMACIÓN**

### **Fuentes impresas (libros)**

1. Cochran, W. G. y G. M. Cox. 1990. Diseños Experimentales. E. Trillas. México. 653 p.
2. Little, T. M. Y F. J. Hills. 1989. Métodos Estadísticos para la Investigación en la Agricultura. Ed. Trillas, México. 270 p.
3. Martínez Garza, A. 1988. Diseños Experimentales. Ed. Trillas. México. 756 p
4. Petersen, R. G. 1985. Design and Analysis of Experiments. Marcel Dekker. New York
5. Steel, R.G.D. y J. H. Torrie. 1990. Bioestadística. Ed. Mc Graw Hill. México.
6. Reyes Castañeda, P. 1980. Diseño de Experimentos Aplicados. Ed. Trillas. México. 344 p.
7. Olivares, S. E. 1996. Diseños Experimentales con aplicación a la experimentación agrícola y pecuaria. Facultad de Agronomía de la U.A.N.L. Marín Nuevo León, 9. México.
10. Quinn Gerry P. and M. J. Keough . Experimental Design and Data Analysis for Biologist. Cambridge University Press. 2002. 527 pp
11. Spiegel Murray R. and Stephen Larry F. Theory and Problems of Statics. Third Edition. Schaum Outline Series.1998.
12. Software especializado (Excel, Minitab, Olivares, 1996, SAS, SPSS).

## **12.- PRÁCTICAS PROPUESTAS**

1. Identificación de la heterogeneidad del suelo.
2. Planear, establecer y conducir experimentos de campo y/o laboratorio, utilizando un diseño experimental.
3. Recolectar, organizar y presentar datos para su análisis estadístico e interpretación de resultados.
4. Análisis estadístico, manual y computacional, de los datos.
5. Asistir a seminarios técnicos en donde haya oportunidad de analizar y reflexionar sobre las diferentes estrategias experimentales propuestas por los ponentes y su relación con el diseño experimental.
6. Visitar centros de investigación en donde se haga uso del diseño experimental como herramienta estadística en la solución de problemas.