

1. Datos Generales de la asignatura

Nombre de la asignatura:	Genotecnia vegetal
Clave de la asignatura:	SEF-2002
SATCA¹:	3-2-5
Carrera:	Ingeniería en Agronomía

2. Presentación

Caracterización de la asignatura

El mejoramiento genético moderno inició a principios del siglo XX como consecuencia del reconocimiento de la comunidad científica de los principios de la herencia o Leyes de Mendel. En general, el Mejoramiento Genético Vegetal comprende dos grandes áreas: la Hibridación y la Selección, la Hibridación consiste en el aprovechamiento de la generación F1 producto de cruzamiento de dos progenitores de diferente constitución genética y la Selección se basa en el aprovechamiento de los efectos genéticos aditivos. Sin embargo, actualmente la Ingeniería genética podría considerarse como una rama más de la Genotecnia moderna.

El curso se desarrolla mostrando en forma teórica y práctica los diferentes métodos de mejoramiento genético en distintas especies. La mejor comprensión de los métodos de mejoramiento genético en las plantas se logra tanto por su contenido teórico donde se revisan los principios y leyes en que se sustentan cada uno de ellos, como por la parte práctica desarrollada en campo donde se maneja directa y aplicando el principio de aprender-haciendo, se enseña el manejo reproductivo de los cultivos, remarcando las diferencias sustantivas presentadas por los tipos y formas de reproducción de cada una de las especies en particular. La parte teórica está organizada en siete unidades temáticas y su enseñanza será mediante clases programadas en el aula y conferencias en auditorios.

Este curso aporta fuertes bases de conocimientos al Ingeniero en Agronomía para entender y aplicar los métodos de mejoramiento genético para la obtención de nuevos materiales; más productivos y de mejor calidad, resistentes a factores bióticos y abióticos bajo un esquema de sustentabilidad de los recursos naturales.

La integración de este curso, ha tenido como base la experiencia de algunos mejoradores de plantas; por lo tanto, los temas seleccionados tienen una amplia aplicación en los programas de mejoramiento de plantas y de producción de semillas de las empresas destacadas en el área.

Esta asignatura se aplica en la recta final del estudiante de la carrera en Agronomía, por lo que la vinculamos muy estrechamente con el sector laboral en el mercado del desarrollo de híbridos y variedades mejoradas, así como también pueden hacer un buen trabajo en los programas de producción y calidad de semillas.

Intención didáctica

El temario se organiza en siete unidades, donde de acuerdo a la experiencia que se tiene, se trata de abarcar los temas más importantes y que tienen una aplicación directa en el mercado laboral.

En la primera unidad, se indica la importancia de mejoramiento de plantas para la obtención de nuevos cultivares mejorados y poder combatir el hambre a nivel mundial; de la misma manera, se establecen los objetivos y la perspectiva del mejoramiento de plantas.

¹ Sistema de Asignación y Transferencia de Créditos Académicos

Por otro lado, en la segunda unidad se destaca la importancia de la producción de alimentos para alimentar a la población mundial, señalando como la herramienta de mayor importancia el mejoramiento genético.

La tercera unidad aborda los temas de la diversidad genética y la importancia que tienen en nuestro país en muchas especies; ya que es considerado centro de origen de muchas especies; así mismo, sobre la importancia de mantener esa diversidad y variación de muchos cultivos.

En la unidad cuatro, conoceremos los tipos de reproducción que tienen las plantas y la clasificación de las mismas para la implementación de un método de mejoramiento. Del mismo modo, se aprenderán los tipos de cruces en la formación de híbridos y variedades. Además, abarca los temas de cómo controlar la polinización artificial y entender los conceptos de esterilidad y androesterilidad y su aplicación en el proceso de producción de semillas de cereales y hortalizas.

En la unidad cinco, se establecen las bases genéticas de la herencia, la variación y la heredabilidad de los caracteres y se explica la importancia que estos tienen en el mejoramiento de plantas.

La unidad seis, abarca el estudio de métodos de mejoramiento para plantas autógamias y alógamas y se formarán poblaciones para el proceso de selección y recombinación. En esta unidad los estudiantes serán capaces de establecer alguna técnica de mejoramiento genético y hacer algunos cruzamientos controlados en cereales de grano pequeño. Del mismo modo, la forma de obtener líneas endogámicas y su proceso de evaluación y selección.

Finalmente, en la unidad siete se estudiarán las tecnologías básicas que permiten la manipulación del genoma de un ser vivo a fin introducir a los alumnos al conocimiento de las tecnologías modernas de mejoramiento genético.

3. Participantes en el diseño y seguimiento curricular del programa

Lugar y fecha de elaboración o revisión	Participantes	Observaciones
Instituto Tecnológico de Roque. Enero – junio de 2020	Academia del Departamento de Ciencias Agropecuarias.	Reunión de reestructuración de especialidades

4. Competencia(s) a desarrollar

Competencia(s) específica(s) de la asignatura
<ul style="list-style-type: none"> El propósito general del curso es la enseñanza de los principios teóricos, así como las principales tecnologías, tanto clásicas como modernas, para el desarrollo de variedades mejoradas de plantas e especies alógamas, autógamias y de propagación asexual. Comprende la importancia del mejoramiento genético en plantas como una herramienta para obtener mayores rendimientos, resistencia a factores bióticos, abióticos y elevar la calidad en los productos.

5. Competencias previas

<ul style="list-style-type: none"> Conocer e interpretar los conceptos básicos de la herencia y su aplicación en la formación de nuevos cultivares. Diferencias genotípicas y fenotípicas de las poblaciones F1 y F2. Demostrar capacidad para el establecimiento de un experimento en campo. Interpretar resultados obtenidos de experimentos agrícolas. Conocer las principales plagas y enfermedades de los cultivos básicos en México. Habilidades para buscar, procesar y analizar información proveniente de fuentes diversas. Capacidad para establecer una parcela en campo.

6. Temario

Unidad	Temas	Subtemas
1.	Importancia y objetivos del fitomejoramiento.	<p>1.1. Origen e importancia del mejoramiento genético en plantas.</p> <p>1.2. Campo de estudio del mejoramiento genético de plantas.</p> <p>1.3. Fases principales de un programa de mejoramiento de plantas.</p>
2.	La seguridad alimentaria y el fitomejoramiento.	<p>2.1. Seguridad e inseguridad alimentaria.</p> <p>2.2. El crecimiento de la población y la demanda de alimentos.</p> <p>2.3. Cómo alimentar a un mundo con 10000 millones de habitantes.</p>
3.	Origen, Diversidad y evolución de las plantas cultivadas.	<p>3.1. Proceso histórico.</p> <p>3.2. Principales investigaciones sobre el origen y dispersión de las plantas cultivadas.</p> <p>3.3. Evolución de las plantas.</p> <p>3.4. Cambios debido a la domesticación de las plantas.</p>
4.	Sistema de reproducción de las plantas cultivadas.	<p>4.1. Reproducción sexual.</p> <p>4.2. Reproducción asexual.</p> <p>4.3. Consecuencias genéticas de los sistemas reproductivos.</p> <p>4.4. Fenómenos que favorecen la polinización cruzada natural.</p> <p>4.5. Metodología para determinar el sistema de reproducción de las plantas.</p>
5.	Elementos de genética cuantitativa.	<p>5.1. Tipos de acción génica.</p> <p>5.2. Características cuantitativas.</p> <p>5.3. Modelo fenotípico.</p> <p>5.4. Varianzas genéticas.</p> <p>5.5. Relaciones de varianza y heredabilidad.</p> <p>5.6. Respuesta teórica a la selección.</p>
6.	Métodos de mejoramiento genético.	<p>6.1. Mejoramiento genético de especies alógamas.</p> <p>6.1.1. Selección intrapoblacional.</p> <p>6.1.2. Selección interpoblacional.</p> <p>6.1.3. Hibridación entre líneas endogámicas.</p> <p>6.1.4. Vigor híbrido.</p> <p>6.1.5. Selección de progenitores.</p> <p>6.2. Mejoramiento genético de especies autógamias.</p> <p>6.2.1. Selección de especies.</p> <p>6.2.2. Selección masal.</p> <p>6.2.3. Teoría de la línea pura.</p> <p>6.2.4. Hibridación en especies autógamias.</p> <p>6.2.5. Método genealógico o de pedigrí.</p> <p>6.2.6. Método poblacional o masal.</p> <p>6.2.7. Método de retrocruzamiento.</p> <p>6.2.8. Variedades multilineales.</p> <p>6.2.9. Selección recurrente.</p> <p>6.2.10. Selección recurrente utilizando androesterilidad.</p>
7	Nuevas tecnologías en el mejoramiento genético de plantas.	<p>7.1. Doble haploide en el mejoramiento genético.</p>

		<p>7.2. Uso de marcadores moleculares en el mejoramiento genético de plantas.</p> <p>7.3. Ingeniería genética.</p> <p>7.3.1. Transformación genética en plantas.</p> <p>7.3.2. Edición genética de plantas.</p>
--	--	---

7. Actividades de aprendizaje de los temas.

1. Importancia y objetivos del fitomejoramiento.	
Competencias	Actividades de aprendizaje
<p>Específica(s):</p> <ul style="list-style-type: none"> • Obtiene una panorámica nacional e internacional de la situación que guardan las tendencias del mejoramiento genético de las especies útiles al hombre para ubicar en el contexto agrícola nacional el uso y potencial de las semillas mejoradas de las diferentes especies de uso agrícola y de algunas otras que aún no son suficientemente utilizadas. • Desarrolla la capacidad para reconocer la importancia del mejoramiento de plantas en la producción de alimentos para combatir el hambre en todos los pueblos del mundo. <p>Genéricas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Habilidades de gestión de información. • Habilidad para buscar y analizar información proveniente de fuentes diversas. • Capacidad de análisis y síntesis. • Capacidad de trabajar en equipo. • Solución de problemas. • Capacidad de aplicar los conocimientos en la práctica. • Capacidad para diseñar y gestionar proyectos. • Capacidad de generar nuevas ideas (creatividad). 	<ul style="list-style-type: none"> • Hacer un cuadro comparativo de características entre plantas autóгамas y alógamas. • Clasificar las plantas por su tipo de polinización y por sus estructuras florales. • Realizar investigación documental para reforzar los conocimientos adquiridos. • Recorridos de campo para observar diversidad genética en maíz. • Visita a un banco de germoplasma, observación de la conservación ex situ.

2. La seguridad alimentaria y el fitomejoramiento.	
Competencias	Actividades de aprendizaje
<p>Específica(s):</p> <p>Comprende la importancia de incrementar la producción de alimentos a través del uso de semilla mejorada como la principal herramienta de cambio.</p> <p>Genéricas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Habilidades de gestión de información. • Habilidad para buscar y analizar información proveniente de fuentes diversas. • Capacidad de análisis y síntesis. • Capacidad de trabajar en equipo. • Solución de problemas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Exposición genérica por el docente. • Investigación documental sobre la importancia de los alimentos y la seguridad alimentaria. • Exposición en equipo de artículos científicos sobre soberanía alimentaria.

<ul style="list-style-type: none"> • Capacidad de aplicar los conocimientos en la práctica. • Capacidad para diseñar y gestionar proyectos. • Capacidad de generar nuevas ideas (creatividad). 	
---	--

3. Origen, Diversidad y evolución de las plantas cultivadas.

Competencias	Actividades de aprendizaje
<p>Específica(s): Define la importancia de la diversidad fitogenética que existe en México y manejar los esquemas de mantenimiento y reproducción de dicha diversidad.</p> <p>Genéricas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Habilidades de gestión de información. • Habilidad para buscar y analizar información proveniente de fuentes diversas. • Capacidad de análisis y síntesis. • Capacidad de trabajar en equipo. • Solución de problemas. • Capacidad de aplicar los conocimientos en la práctica. • Capacidad para diseñar y gestionar proyectos. • Capacidad de generar nuevas ideas (creatividad). 	<ul style="list-style-type: none"> • Exposición genérica por el docente. • Investigación documental y exposición por equipos para reforzar los conocimientos sobre la diversidad y evolución de las plantas. • Visita a un programa de investigación en mejoramiento genético y producción de semillas.

4. Sistema de reproducción de las plantas cultivadas.

Competencias	Actividades de aprendizaje
<p>Específica(s):</p> <ul style="list-style-type: none"> • Aprende las diferentes técnicas para controlar la polinización artificial. • Distingue entre especie autógamas y alógamas. • Desarrolla la capacidad para identificar la importancia de los sistemas de reproducción de las plantas. <p>Genéricas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Habilidades de gestión de información. • Habilidad para buscar y analizar información proveniente de fuentes diversas. • Capacidad de análisis y síntesis. • Capacidad de trabajar en equipo. • Solución de problemas. • Capacidad de aplicar los conocimientos en la práctica. • Capacidad para diseñar y gestionar proyectos. • Capacidad de generar nuevas ideas (creatividad). 	<ul style="list-style-type: none"> • Exposición genérica por el docente. • Practica de campo, para observar los diferentes tipos de reproducción de las plantas y para hacer algunas cruza en las plantas de maíz. • Investigación documental y exposición por equipos para reforzar los conocimientos sobre los principales métodos de mejoramiento aplicados al desarrollo de variedades. • Practica de campo para la formación de cruza y la obtención de híbridos simples, triples y dobles. • Visita a un programa de investigación en mejoramiento genético de básicos.

5. Elementos de genética cuantitativa.

Competencias	Actividades de aprendizaje
<p>Específica(s):</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Exposición oral de los temas por parte del profesor.

<ul style="list-style-type: none"> Describe los principios básicos de la genética de los caracteres de herencia poligénica a fin de entender su importancia en el desarrollo de las tecnologías de mejoramiento genético. Comprende las bases genéticas de la herencia y la variación para usarse en el mejoramiento de las plantas; con la finalidad de obtener cultivares más productivos y de mejor calidad en beneficio de la sociedad. <p>Genéricas:</p> <ul style="list-style-type: none"> Habilidades de gestión de información. Habilidad para buscar y analizar información proveniente de fuentes diversas. Capacidad de análisis y síntesis. Capacidad de trabajar en equipo. Solución de problemas. Capacidad de aplicar los conocimientos en la práctica. Capacidad para diseñar y gestionar proyectos. Capacidad de generar nuevas ideas (creatividad). 	<ul style="list-style-type: none"> Investigación documental sobre varianzas genéticas y heredabilidad. Practica de campo para identificar el vigor híbrido en maíz.
--	---

6. Métodos de mejoramiento genético.

Competencias	Actividades de aprendizaje
<p>Específica(s):</p> <ul style="list-style-type: none"> Relaciona las bases teóricas de la expresión del vigor híbrido para aplicar en la formación de híbridos convencionales y no convencionales en diferentes especies. Describe los diferentes métodos de mejoramiento genético por selección con base en sus fundamentos teóricos para desarrollar un programa de mejoramiento genético. Aprende los métodos de mejoramiento para la formación de nuevos cultivares híbridos o variedades con mejores características y adaptadas a un amplio rango de ambientes. <p>Genéricas:</p> <ul style="list-style-type: none"> Habilidades de gestión de información. Habilidad para buscar y analizar información proveniente de fuentes diversas. Capacidad de análisis y síntesis. Capacidad de trabajar en equipo. Solución de problemas. Capacidad de aplicar los conocimientos en la práctica. Capacidad para diseñar y gestionar proyectos. Capacidad de generar nuevas ideas (creatividad). 	<ul style="list-style-type: none"> Investigación documental sobre las principales especies de plantas alógamas y su importancia en la industria semillera. Investigación sobre estadísticas de producción de semilla de cultivos básicos en México. Visita campos de producción de semilla calificada Prácticas de campo para realizar emasculación y cruza de plantas alógamas.

7. Nuevas tecnologías en el mejoramiento genético de plantas.

Competencias	Actividades de aprendizaje
<p>Específica(s): Conoce las tecnologías básicas que permiten la manipulación del genoma de un ser vivo a fin introducir a los alumnos al conocimiento de las tecnologías modernas de mejoramiento genético.</p> <p>Genéricas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Habilidades de gestión de información. • Habilidad para buscar y analizar información proveniente de fuentes diversas. • Capacidad de análisis y síntesis. • Capacidad de trabajar en equipo. • Solución de problemas. • Capacidad de aplicar los conocimientos en la práctica. • Capacidad para diseñar y gestionar proyectos. • Capacidad de generar nuevas ideas (creatividad). 	<ul style="list-style-type: none"> • Exposición oral de los temas por parte del profesor. • Practica de laboratorio para extracción de ADN. • Análisis de artículos científicos relacionados con plantas transgénicas y edición genética.

8. Práctica(s).

- Emasculación en autógamias y alógamas.
- Cruzamientos en autógamias y alógamas.
- Autofecundaciones en plantas alógamas y de poliniza mixta.
- Visitas a programas de mejoramiento de diversas instituciones.
- Análisis de crecimiento inicial, como prueba de pureza genética.
- Practica de campo para identificar Líneas, variedades mejoradas, variedades nativas e híbridos F1 y F2.
- Criterios de selección de plantas en campo.

9. Proyecto de asignatura

Control de la polinización en especies autógamias y alógamas.

El objetivo del proyecto: Identificar las estructuras florales de las plantas autógamias y alógamas y realizar emasculaciones y polinizaciones artificiales.

- **Fundamentación:** El problema fundamental en el control de la polinización ya sea para la formación de híbridos o de líneas puras, consiste en colocar el polen funcional sobre los estigmas receptivos en el momento oportuno.

Generalmente, y según el caso, dentro de un programa de mejoramiento se debe evitar las posibles autofecundaciones y los cruzamientos indeseables. Las autofecundaciones se evitan por medio de la emasculación (eliminación de las anteras de las plantas femeninas antes de que maduren). Los cruzamientos indeseables se evitan utilizando bolsas u otros materiales apropiados para aislarlos de polen extraño.

Por lo general, el equipo utilizado en las técnicas de emasculación; polinización no es complicado; por ejemplo, en plantas autógamias se utilizan pinzas, tijeras, pincel, bolsas de papel encerado (Glassine), etiquetas, lápiz, clips, lentes de aumento o lupa, etc. En alógamas se emplean bolsas, engrapadora, lápiz, mandil, etc.

El éxito de la **polinización** depende del grado de dificultad que se presente para realizar la emasculación, en los diversos tipos de flores, y del momento oportuno para llevar el polen viable a los estigmas receptivos.

La **emasculación** consiste en la remoción de los órganos masculinos, anteras, de la flor de la planta que se utilizará como hembra.

En las especies que poseen flores hermafroditas es muy importante la emasculación para hacer hibridación, debido a que cuando las anteras maduran, el polen cae sobre sus estigmas y ocurre la autofecundación. Los procedimientos de emasculación comúnmente usados en el mejoramiento, son los siguientes:

1. **Remoción de anteras:** El más común se efectúa mediante pinzas, succión u otros medios, antes de que se derrame el polen; se aplica principalmente en autógamas.
2. **Dstrucción del polen** por medio de calor, frío o alcohol:
 - a) Agua caliente a temperaturas de 45°C a 48°C durante 10 minutos; se aplica en sorgo, arroz y algunas gramíneas forrajeras.
 - b) Temperaturas bajas (cercanas al punto de congelación); se recomiendan para trigo y arroz.
 - c) Alcohol etílico a 57%, durante 10 minutos, se aplica en alfalfa.
3. **Polinización sin emasculación:** Procedimiento efectivo en plantas incompatibles (muchas forrajeras) y en autoestériles, las cuales no necesitan emascularse para producir plantas híbridas. Se usa en investigación y en producción de híbridos comerciales (por ejemplo, cebada).
4. **Esterilidad masculina** genética y citoplasmática. Se usa en Investigación y en producción de híbridos comerciales (maíz, sorgo, etc.).

Al fin de realizar con éxito la emasculación es importante conocer el momento adecuado, ya que, si se retrasa, se derrama el polen y puede causar autofecundación. Si se adelanta, se tienen problemas para eliminar las anteras y se puede mutilar el pistilo.

Después de la **emasculación**, las flores se cubren con bolsas de papel encerado (Glassine) para protegerlas del polen extraño.

- **Planeación:** con base en el diagnóstico en esta fase se realiza el diseño del proyecto por parte de los estudiantes con asesoría del docente; implica planificar un proceso: de intervención empresarial, social o comunitario, el diseño de un modelo, entre otros, según el tipo de proyecto, las actividades a realizar los recursos requeridos y el cronograma de trabajo.
- **Ejecución:** consiste en el desarrollo de la planeación del proyecto realizada por parte de los estudiantes con asesoría del docente, es decir en la intervención (social, empresarial), o construcción del modelo propuesto según el tipo de proyecto, es la fase de mayor duración que implica el desempeño de las competencias genéricas y específicas a desarrollar.
- **Evaluación:** es la fase final que aplica un juicio de valor en el contexto laboral-profesión, social e investigativo, ésta se debe realizar a través del reconocimiento de logros y aspectos a mejorar se estará promoviendo el concepto de “evaluación para la mejora continua”, la metacognición, el desarrollo del pensamiento crítico y reflexivo en los estudiantes.

10. Evaluación por competencias

- La parte teórica del curso se evaluará aplicando cuatro exámenes parciales (exam. escrito).
- El curso se evaluará en base al cien por ciento de asistencia.
- Elaboración de los cuadros sinópticos en clase.
- Análisis y síntesis de las investigaciones bibliográficas.
- Entrega al cien por ciento de trabajos independientes.
- La parte práctica del curso será evaluada con un examen general.
- Participación en clase, laboratorio y campo.
- Entrega del cien por ciento de las prácticas.
- Proyecto de mejoramiento genético en una especie.

11. Fuentes de información

1. López T., M. 1995. Resistencia de las Plantas. Trillas.
2. Márquez S., F. 1985. Genotecnia Vegetal (métodos, teoría resultados) Tomo I. AGT.
3. Márquez S., F. 1991. Genotecnia Vegetal (métodos, teoría resultados) Tomo III. AGT.
4. Molina G., J. D. 1992. Introducción a la Genética de Poblaciones y Cuantitativa. AGT.
5. Ferwerda, F.P. y Wit, F., 1987. Genotecnia de Cultivos Tropicales Perennes. AGT.
6. Mario, P. G., Fidel, M. S., Aureliano, P. L., 1997. Mejoramiento Genético de Hortalizas. MP.
7. James, N. M., y Jules, J., 1993. Avances en la Genotecnia de Frutales. AGT.
8. López T, M. 1995. Fitomejoramiento. Trillas.
9. Chávez A., J. L. 1995. Mejoramiento de Plantas 2. Trillas.
10. Chávez A., J. L. 1990. Mejoramiento de Plantas 1. Trillas.
11. Guzmán M., E. 1996. Genética Agropecuaria. Trillas.
12. Robert, W. A., 1999. Principles of Plant Breeding, Second Edition. Wiley.
13. James, N. M. And Jules, J., 1988. Métodos Genotecnicos en Frutales. AGT.
14. Woods, R. A., 1976. Genética Bioquímica. Omega.
15. Zimmerman, Burke K., 1984. Biofuture, Confronting the Genetic Era. Plenum.
16. SRB, Adrián M., Owen, Ray D., Edgar, Robert S., 1965. General Genetics. F.
17. Robles S., R. 1990. Terminología Genética y Fitogenética. Trillas.
18. Pié C., M. 2000. El Mensaje Hereditario. Trillas.
19. Cubero, J. I., 1999. Introducción a la Mejora Genética Vegetal. MP.