



1. Datos Generales de la asignatura

Nombre de la asignatura:	Nutrición Vegetal
Clave de la asignatura:	ASF-1016
SATCA¹:	3-2-5
Carrera:	Ingeniería en Innovación Agrícola Sustentable

2. Presentación

Caracterización de la asignatura

La Nutrición Vegetal, como disciplina agronómica, aporta el perfil del Ingeniero en Innovación agrícola sustentable competencias para contribuir al incremento de la producción agrícola y conducir a la obtención de productos de alta calidad, mediante un uso racional de los fertilizantes de síntesis artificial y orgánicos, promueve el aprovechamiento óptimo de estos y del agua, con lo cual se disminuye el impacto ambiental de los mismos.

La Nutrición Vegetal guarda estrecha relación con otras disciplinas del conocimiento, afines por la naturaleza de su origen (Biología) y por la participación continua de conceptos y términos que aumentan el valor de su importancia en la Agronomía. La Nutrición Vegetal depende de la Anatomía, Fisiología e Histología de la planta y se relaciona con la Biología Celular, Fertilidad de Suelos, Climatología, Ecología y Bioquímica. De ésta relación científica, existe la posibilidad de realizar una interpretación fenomenológica (v.gr. Fisiología Vegetal, Bioquímica, Biología Celular) y facilitar la interpretación agronómica (v.gr. Ecología, Fertilidad de Suelos) que daría lugar a la aplicación práctica de la materia.

La Nutrición Vegetal es una ciencia biológico-agronómica que se dedica al estudio de las relaciones nutrimentales y su efecto en el metabolismo de la planta, con el propósito de aumentar la eficacia por el uso de materiales fertilizantes y conducir al incremento de la cantidad y calidad de los productos agrícolas, en estrecha dependencia con los cambios ambientales

Intención didáctica

Los aspectos que cubre la Nutrición Vegetal, son del orden: (1) Bioquímico, tales como: a) Funciones y metabolismo de los nutrientes, b) Síntesis de productos, y c) Reacción e influencia que causa la adición de sustancias químicas (sean de naturaleza orgánica o inorgánica); (2) Fisiológico, como: a) Absorción, transporte y asimilación de nutrientes, b) Regulación del transporte de nutrientes, y c) Alteraciones fisiológicas por estrés (condición limitante); (3) Ecológico, a través de: a) Dinámica nutrimental edáfica, b) Variación antropogénica (riego, fertilización, manejo de suelo, etc.), y c) Flujos de energía del ecosistema y procesos de retroalimentación.

De tal modo que los niveles manejados en esta materia serán moleculares, individuales y poblacionales. Estos niveles se distribuyen en cinco temas que comprende el programa de Nutrición Vegetal.

¹ Sistema de Asignación y Transferencia de Créditos Académicos



En el primer tema se hace un repaso de la posición que guarda la Nutrición Vegetal como disciplina agronómica dentro de la Biología y sus partes, de las cuales se nutre o se apoya. Dado que el estudiante cuenta con conocimientos mínimos de Fertilidad de Suelo; se considera un tema que los aborda a profundidad. El segundo tema representa la columna vertebral de la disciplina, ya que el conocimiento y manejo apropiado de los nutrientes esenciales constituye el éxito de rendimientos altos acompañados de buena calidad. El tercer tema aborda la Actividad de la raíz y el Sistema radical, una de las formas en que la planta adquiere los nutrientes derivados del suelo o de la solución nutritiva. El cuarto tema trata de Transporte de Nutrientes y Fotoasimilados, en estrecha relación con la condición nutricional de la planta y su interacción con el ambiente. En el tema cinco se plantea la fertilización, análisis de suelo, corrección de pH, las características físicas y químicas de los fertilizantes y forma de manejo, así como la fertilización foliar.

El estudiante tendrá capacidad de interpretar análisis químicos de suelo, tejido vegetal y agua. Capacidad de comunicarse con profesionales de otras áreas así como de trabajar en equipos interdisciplinarios. Capacidad para gestionar proyectos con espíritu emprendedor.

Para lo anterior, el profesor debe ser formado en la especialidad de suelos o contar con estudios de posgrado en Fertilidad de Suelos o en Nutrición Vegetal. Con base a ello, el profesor debe fomentar la lectura de disciplinas que rodean a la Nutrición Vegetal y apoyar constantemente al estudiante con asesorías extraclase, pues las características del programa y la intensidad de la información relacionada, deberá abordarse con paciencia para facilitar su comprensión.

3. Participantes en el diseño y seguimiento curricular del programa

Lugar y fecha de elaboración o revisión	Participantes	Evento
Instituto Tecnológico de Roque del 26 al 30 de octubre de 2009.	Representantes de los Institutos Tecnológicos de: Cocula, El Llano Aguascalientes, Irapuato, Los Mochis, Los Reyes, Roque, Tlajomulco, Torreón y Valle de Morelia.	Reunión Nacional de Diseño e Innovación Curricular para el Desarrollo y Formación de Competencias Profesionales de las Carreras de Ingeniería en Agronomía, Ingeniería Forestal, Ingeniería en Innovación Agrícola Sustentable e Ingeniería en Desarrollo Comunitario.
Instituto Tecnológico de El Llano de Aguascalientes del 22 al 26 de marzo de 2010.	Representantes de los Institutos Tecnológicos de: Cocula, El Llano Aguascalientes, Irapuato, Los Mochis, Los Reyes, Roque, Tlajomulco, Torreón y Valle De Morelia.	Reunión Nacional de Consolidación de los Programas en Competencias Profesionales de las Carreras de Ingeniería en Agronomía, Ingeniería Forestal, Ingeniería en Innovación Agrícola Sustentable e Ingeniería en Desarrollo Comunitario.



Instituto Tecnológico de El Llano de Aguascalientes del 24 al 27 de junio de 2013.	Representantes de los Institutos Tecnológicos de: Cd. Serdán, El Llano de Aguascalientes, Huichapan, Irapuato, Purhepecha, Río Verde, Roque, Salvatierra, Tamazula de Gordiano, Valle de Morelia, Valle del Guadiana, Valle del Yaqui, Zapotlanejo y Zongólica.	Reunión Nacional de Seguimiento Curricular de los Programas en Competencias Profesionales de las Carreras de Ingeniería en Agronomía, Ingeniería Forestal, Ingeniería en Innovación Agrícola Sustentable e Ingeniería en Desarrollo Comunitario.
Instituto Tecnológico de Toluca, del 10 al 13 de febrero de 2014.	Representantes de los Institutos Tecnológicos de: Roque.	Reunión de Seguimiento Curricular de los Programas Educativos de Ingenierías, Licenciaturas y Asignaturas Comunes del SNIT.

4. Competencia(s) a desarrollar

Competencia(s) específica(s) de la asignatura

- a) Comprende la demanda de nutrientes por la planta, en tiempo y espacio, para su crecimiento y desarrollo óptimos y obtener la máxima producción.
- b) Maneja conocimientos sobre el metabolismo de la planta, suministro de los fertilizantes, movimiento de los nutrientes esenciales en la planta, para obtener producciones exitosas a menor costo.
- c) Diagnóstica y resuelve problemas nutricionales que la planta presenta, dependiendo del tipo de cultivo, edad y condiciones edáfo-climáticas.
- d) Ejecuta un uso racional de los fertilizantes químicos y orgánicos, para suplementar adecuadamente las necesidades y evitar la toxicidad al vegetal y afectación al medio ambiente.

5. Competencias previas

- Maneja la tabla periódica de los elementos y bases de estequiométrica, para elaborar soluciones nutritivas.
- Diagnóstica y evaluar los procesos de formación de los suelos y conceptos de las propiedades físicas, químicas y biológicas que regulan la disponibilidad de los nutrientes, que requiere el vegetal.
- Comprende los mecanismos bioquímicos mediante los cuales se obtienen los metabolitos primarios de las plantas, para su máxima expresión fenotípica.
- Conoce temas relacionados de fertilidad de suelos, y los utiliza para las decisiones sobre los cultivos a establecer en el predio.



6. Temario

No.	Temas	Subtemas
1	Introducción.	1.1. Importancia. 1.1.1. Definición de Nutrición Vegetal. 1.1.2. Relación con otras disciplinas agronómicas. 1.1.3. Aspectos que cubre la Nutrición Vegetal. 1.1.4. Factores que intervienen en la producción de los cultivos. 1.2 Nociones de Fertilidad de Suelos. 1.2.1. Fertilidad de suelos. Definición. 1.2.2. Historia. 1.2.3. Criterios de esencialidad de los nutrientes. 1.2.4. Clasificación de nutrientes.
2	Nutrientes minerales esenciales.	2.1. Nitrógeno. 2.1.1. Importancia y ciclo. 2.1.2. Asimilación mineral y fijación biológica (fijación simbiótica y libre). 2.1.3. Metabolismo y función en la planta. 2.1.4. Síntomas de deficiencias y toxicidades. 2.1.5. Manejo y pH 2.2. Fósforo. 2.2.1. Importancia y ciclo. 2.2.2. Asimilación mineral y fijación biológica (micorrización). 2.2.3. Metabolismo y función en la planta. 2.2.4. Síntomas de deficiencias y toxicidades. 2.2.5. Manejo y pH 2.3. Potasio. 2.3.1. Importancia y ciclo. 2.3.2. Asimilación mineral. 2.3.3 Aporte cualitativo. 2.3.4. Metabolismo y función en la planta. 2.3.5. Síntomas de deficiencias y toxicidades. 2.3.6. Manejo y pH 2.4. Calcio, Magnesio y Azufre. 2.4.1. Ciclo. 2.4.2. Importancia en la nutrición de plantas. 2.4.3. Metabolismo y función en la planta. 2.4.4. Síntomas de deficiencias y toxicidades.



		<ul style="list-style-type: none"> 2.5. Micronutrientos: B, Fe, Cu, Mn, Zn, Mo, Cl. 2.5.2. Importancia. 2.5.3. Complejos quelatantes. 2.5.4. Metabolismo y función en la planta. 2.5.5. Síntomas de deficiencias y toxicidades.
3	Actividad de la raíz y absorción radicular.	<ul style="list-style-type: none"> 3.1. Raíz. <ul style="list-style-type: none"> 3.1.1. Importancia y función. 3.1.2. Influencia sobre el ambiente edáfico. 3.2. Sistema radical. <ul style="list-style-type: none"> 3.2.1. Forma, tamaño y distribución. 3.3. Excreciones radicales. <ul style="list-style-type: none"> 3.3.1. De peso molecular bajo. 3.3.2. De peso molecular alto. 3.3.3. Factores que influyen. 3.4. Colonización radical por la microbiota. <ul style="list-style-type: none"> 3.4.1 Diversidad, localización y estimación. 3.5. Absorción y mecanismos de competición <ul style="list-style-type: none"> 3.5.1. Espacio Libre y localización. 3.5.2. Gradientes nutrimentales. 3.5.3. Respiración de la raíz y cambios en la solución del suelo. 3.6. Acceso nutrimental. <ul style="list-style-type: none"> 3.6.1. Absorción iónica y factores que la afectan. 3.6.2. Flujo de masas. 3.6.3. Difusión. 3.6.4. Intercepción.
4	Transporte de nutrientes y asimilados fotosintéticos	<ul style="list-style-type: none"> 4.1. Anatomía de xilema y floema. 4.2. Flujo iónico en la raíz. 4.3. Liberación de iones en el xilema y factores que intervienen. <ul style="list-style-type: none"> 4.3.1. Factores internos y externos. 4.3.2. Exudación del xilema. 4.4. Transporte en xilema y floema. <ul style="list-style-type: none"> 4.4.1. Composición y movilidad en el xilema. 4.4.2. Interacción durante la descarga de xilema. 4.4.3. Composición y movilidad en el floema. 4.4.4. Descarga del floema. 4.5. Transporte de larga distancia en el xilema y floema. 4.6. Removilización de nutrientes.
5	Fertilización.	<ul style="list-style-type: none"> 5.1. Muestreo y análisis de suelos. <ul style="list-style-type: none"> 5.1.1. Interpretación de un análisis de suelo. 5.1.2. Corrección de pH del suelo.



	<p>5.2. Fertilizantes.</p> <p>5.2.1. Terminología.</p> <p>5.2.2. Características físicas y químicas.</p> <p>5.2.3. Tipos de fertilizantes.</p> <p>5.2.4. Formulación y aplicación de fertilizantes.</p> <p>5.2.5. Tipos y aplicación de materia orgánica.</p> <p>5.3. Fertilización foliar.</p> <p>5.3.1. Anatomía de la hoja.</p> <p>5.3.2. Absorción foliar.</p> <p>5.3.3. Ventajas y desventajas.</p> <p>5.2.4. Análisis foliar e interpretación.</p>
--	--

7. Actividades de aprendizaje de los temas

Tema 1: Introducción	
Competencias	Actividades de aprendizaje
Específica(s): Conoce y distingue el contexto de la Nutrición Vegetal, los conceptos e importancia en el campo agronómico y en la producción y calidad de los cultivos, Maneja los conceptos fundamentales de la Fertilidad de Suelos orientados a la nutrición vegetal y clasifica los elementos nutrimentales.	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Discutir y analizar la importancia de la Nutrición Vegetal en el contexto agronómico. ✓ Elaborar ensayo sobre los factores edáficos involucrados en la producción de los cultivos y discutirlo en grupo . ✓ Investigar los factores que determinan la fertilidad del suelo. ✓ Elaborar cuadro sinóptico de clasificación de los elementos nutrimentales.
Genéricas: Comunicación oral y escrita Habilidades de gestión de información de fuentes diversas Capacidad de trabajar en equipo Capacidad de aplicar los conocimientos en la práctica.	
Tema 2: Nutrientes minerales esenciales.	
Competencias	Actividades de aprendizaje



Específica(s): <ul style="list-style-type: none"> ✓ Comprende como son absorbidos, distribuidos y aprovechados los nutrientes esenciales por la planta, mediante su metabolismo. ✓ Analiza los efectos de los nutrientes en las plantas de interés para el productor, en base al rendimiento. ✓ Identifica la función y deficiencias de los nutrientes en especies de interés agrícola y define la manera de corregirlas mediante el manejo apropiado y oportuno de los fertilizantes. Genéricas: <p>Habilidades de gestión de información (habilidad para buscar y analizar información proveniente de fuentes diversas).</p> <p>Capacidad de trabajar en equipo Capacidad de aplicar los conocimientos en la práctica. Capacidad de generar nuevas ideas (creatividad). Compromiso ético</p>	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Investigar la movilidad, distribución y aprovechamiento de las reservas nutricionales en los tejidos y órganos de la planta. ✓ Revisar literatura y preparar exposición sobre la influencia de los nutrientes, con respecto al órgano vegetal factible de ser explotado comercialmente. ✓ En campo, identificar las funciones y deficiencias nutrimentales y valorarlas respecto al efecto que provocan en la productividad agrícola, a través de cuadros comparativos e imágenes y discutirlas en grupo.
--	---

Tema 3: Actividad de la raíz y absorción radicular.

Competencias	Actividades de aprendizaje
Específica(s): <ul style="list-style-type: none"> ✓ Explica, analiza y especifica la función del sistema radicular en la nutrición, defensa y soporte de la planta y sus interacciones con la solución y microbiota del suelo. Genéricas: <p>Comunicación oral y escrita Habilidades de gestión de información (habilidad para buscar y analizar información proveniente de fuentes diversas). Solución de problemas y toma de decisiones.</p>	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Comparar físicamente la morfología de raíz de distintas especies (v.gr., leguminosa vs. tuberosa) para comprender explicar cómo cada especie tiene una respuesta a aspectos de nutrición específicos. Exponer y discutir por equipo en grupo ✓ Investigar la importancia de la función de la raíz en situaciones adversas discutir en grupo



Capacidad de interpretación Capacidad de trabajar en equipo Capacidad de comunicarse Habilidades de investigación. Capacidad de aplicar los conocimientos en la práctica. Capacidad de generar nuevas ideas (creatividad).	
---	--

Tema 4: Transporte de nutrientes y fotoasimilados

Competencias	Actividades de aprendizaje
<ul style="list-style-type: none"> ✓ Específica(s): Analiza la estructura de los conductos encargados del flujo de nutrientes y asimilados fotosintéticos y su función en la deposición de estos en los órganos vegetales. ✓ Genéricas: Capacidad de trabajar en equipo Capacidad de comunicarse oral y escrita Habilidades de investigación Capacidad de aplicar los conocimientos en la práctica. Capacidad de adaptarse a nuevas situaciones Capacidad de generar nuevas ideas (creatividad). Preocupación por la calidad. Toma de decisiones 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Investigar la movilidad del agua y nutrientes específicos en la planta para demostrar su efecto cuando se adicionan al suelo como fertilizantes. ✓ Despertar el interés en los conceptos de ósmosis y transporte de corta y larga distancia, para explicarse la movilidad de los nutrientes desde la raíz a los sitios de demanda específicos. ✓ Conducir apropiadamente un cultivo en condiciones controladas, y en la época indicada, que facilite el mejor aprovechamiento de los nutrientes por la planta.

Tema 5: Fertilización

Competencias	Actividades de aprendizaje
Específica(s): <ul style="list-style-type: none"> ✓ Conocer las técnicas de muestreo, análisis e interpretación de suelo, tejido vegetal y agua, para determinar el estado nutrimental de la planta y aplicar los correctivos correspondientes. ✓ Conoce y maneja apropiadamente los materiales fertilizantes de acuerdo a reacciones químicas y principios de 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Interpretar un análisis de suelo, y realizar recomendaciones de acuerdo al cultivo y la condición de su producción. ✓ Investigar daños ambientales provocados por el uso indiscriminado de fertilizantes en el aire (SO_2, NH_3, NH_4), suelo (salinidad), mantos acuíferos (NO_3) y pérdida de la fertilidad de los suelos por el desconocimiento del manejo agrícola apropiado de ellos.



<p>compatibilidad, para aplicarlos en un programa de suplementación nutrimental de acuerdo a las condiciones de suelo y necesidades del cultivo.</p> <p style="text-align: center;">✓</p> <p>Genéricas:</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Capacidad de interpretar información. ✓ Toma de decisiones para solucionar problemas ✓ Capacidad crítica y autocritica. ✓ Capacidad de trabajar en equipo interdisciplinario ✓ Capacidad de comunicarse con profesionales de otras áreas. ✓ Habilidades de investigación. ✓ Capacidad de aplicar los conocimientos en la práctica. ✓ Capacidad de adaptarse a nuevas situaciones. ✓ Capacidad de generar nuevas ideas (creatividad). ✓ Iniciativa y espíritu emprendedor. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Elaboración de mezclas de fertilizantes y demostración de efectos posteriores en la planta. ✓ Establecer un programa de fertilización de acuerdo a la especie vegetal y tipo de fertilizantes y meta de producción. ✓ Interpretar un análisis de tejido vegetal y conocer la técnica de la fertilización foliar, para corregir un problema nutricional de la planta.
---	--

8. Práctica(s)

1. Clorosis férrica: efecto de tratamientos de pre-inundación y adición de materia orgánica.
2. Clorosis férrica: corrección mediante aspersiones foliares.
3. Clorosis férrica: efecto de las fuentes de fertilización nitrogenada.
4. Clorosis férrica: efecto de la asociación de cultivos y la adaptación genotípica.
5. Potasio: fertilización y fijación.
6. Identificar las fuentes de nitrógeno y absorción de fósforo en suelos de la región.
7. Estudiar el efecto de la adición de azufre.
8. Efectos de la rizósfera en la absorción de nutrientes.
9. Efecto de mezclas de abonos orgánicos e inorgánicos en el desarrollo de diversas especies.
10. Difusión de tejidos vegetales (medición del “espacio libre”).
11. Variación de pH de una solución nutritiva debida a la absorción iónica diferencial.
12. Identificación fenotípica de síntomas de deficiencias o excesos nutrimentales.
13. Establecer un cultivo con diferentes dosis de fertilización utilizando macro y micronutrientes
14. Análisis de tejido vegetal de diversas especies vegetales.
15. Visita a un sistema de producción de un cultivo en hidroponía.
16. Visita a un sistema de producción bajo fertirriego en ambiente controlado.



9. Proyecto de asignatura

El objetivo del proyecto que planteé el docente que imparte esta asignatura, es demostrar el desarrollo y alcance de la(s) competencia(s) de la asignatura, considerando las siguientes fases:

- **Fundamentación:** marco referencial (teórico, conceptual, contextual, legal) en el cual se fundamenta el proyecto de acuerdo con un diagnóstico realizado, mismo que permite a los estudiantes lograr la comprensión de la realidad o situación objeto de estudio para definir un proceso de intervención o hacer el diseño de un modelo.
- **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

Son las técnicas, instrumentos y herramientas sugeridas para constatar los desempeños académicos de las actividades de aprendizaje.

Ensayo explicativo de artículos científicos, relacionados con el tema expuesto, así como su análisis y resumen grupal.

Exposición de temas adicionales a los analizados en clase al término de la unidad.

Al inicio de semestre proponer un proyecto a desarrollar de la materia (s), en equipos con apoyo del docente. Al término de semestre entregar reporte de las actividades realizadas del mismo.

Desarrollo de exámenes parciales, escritos y orales.

Asistencia a visitas y participación en el desarrollo de prácticas, entregando informe individual y calidad del mismo.



11. Fuentes de información

1. Allen V. Barker A.V. y Pilbeam D. J. (2007). Handbook of Plant Nutrition (Books in Soils, Plants, and the Environment). ISBN: 10-0-8247-5904-4.
2. Barcena Guardiola J. L. y A. García L. (1999). Fisiología vegetal I: nutrición y transporte. ISBN: 9788477380955. 440 p.
3. Benton Jones, J. (2002). Agronomic Handbook: Management of Crops, Soils and Their Fertility. CRC Press.
4. Bothe H. y Newton S. F. (2006). Biology of the Nitrogen Cycle. Academic press. ISBN 9780444528575.
5. CONAGUA. (2006). Agroplasticatura y riego localizado. Proyecto de fortalecimiento del manejo integrado del agua. 187 p.
6. Elmerich, C y Newton W E. (2007). Associative and Endophytic Nitrogen-fixing Bacteria and Cyanobacterial Associations. Springer-Berlag. 321 p ISBN 9781402035418 .
7. Huang P. y Gobran G. R. 2005. Biogeochemistry of Trace Elements in the Rhizosphere. Elsevier Science. Hardback 480 pp ISBN 9780444519979.
8. Piaggesi A. (2004). Los microelementos en la nutrición vegetal.
<http://www.valagro.com/uploads/s5/RQ/s5RQz64Cm9FOmObtJaz2Dw/Los-microelementos-en-la-nutricion-vegetal.pdf>.
9. Rodríguez S. F. (2009). Fertilizantes. Nutrición Vegetal. AGT Editor, S.A. ISBN: 9789684630079.
10. Tjalin H. H. (2006). SQM. Guía de manejo nutrición vegetal de especialidad Tomate.
http://www.sqm.com/Portals/0/img/tablas_cultivo/tomate/SQM-Crop_Kit_Tomato_ES.pdf. 84 p.
11. Urrestarazu, G. M. (2000). Manual de Cultivo sin Suelo. Manuales, Universidad de Almería, España. 2^a. ed. Mundi-Prensa. España. 648 p.

Revistas Seriadas

12. Agrociencia
13. Plant Physiology
14. Terra (Soc. Mex. de la Ciencia del Suelo)
15. Soil Science and Plant Nutrition
16. Journal of Plant Nutrition
17. Fertilizers Research
18. Journal of Plant Physiology
19. Soil Science of American Society