

1. Datos Generales de la asignatura

Nombre de la asignatura:	Diseño de Programas de Nutrición
Clave de la asignatura:	NUF - 2306
SATCA¹:	3 – 2 - 5
Carrera:	Ingeniería en Innovación Agrícola Sustentable

2. Presentación

Caracterización de la asignatura

Desde el punto de vista económico de la producción agrícola, pecuaria o forestal, sin una adecuada disponibilidad de nutrientes, las plantas y animales no producen de acuerdo a su potencial genético.

El logro de una producción rentable pasa por un manejo adecuado de la fertilidad del suelo, asegurando una adecuada disponibilidad de nutrientes para las plantas. Asegurar una buena nutrición a los cultivos conlleva a que las plantas, además de incrementar su producción, puedan enfrentar mejor los problemas sanitarios y ambientales.

La agricultura es un conjunto de intervenciones humanas que modifican los ecosistemas, para maximizar la producción deseada y minimizar las pérdidas de energía a lo largo de las cadenas tróficas (Villalobos, 2008, p. 20-23). Una de estas intervenciones lo constituye la nutrición del cultivo, ya que en ésta es necesario suplir las necesidades de nutrientes de los cultivos para asegurar que se tendrá una buena producción.

Tradicionalmente un programa de fertilización se realiza sobre la aplicación de una cantidad de fertilizante por unidades: de superficie, de cultivo o de producto cosechado. El criterio general para determinar esta cantidad de fertilizante a aplicar se obtiene a partir de las extracciones específicas para cada cultivo y calculadas a partir del nivel de producción esperado, tomando en cuenta la disponibilidad de nutrientes para las plantas (Hasing, 2002, p. 5-7).

La elaboración de un buen programa de fertilización debe ajustarse a las necesidades del cultivo con que se estará trabajando, seleccionar adecuadamente los fertilizantes, dosificarlos según las extracciones reales del cultivo, conociendo los rendimientos

¹ Sistema de Asignación y Transferencia de Créditos Académicos

medios de varios años y los contenidos de nutrientes en el suelo y elegir bien las épocas de aplicación en cada caso (Cadaña, 2008, p. 70-71).

En estudios realizados, se ha logrado establecer que los costos de fertilización representan entre un 45 a 60% del costo total de producción del cultivo, lo que es alto, considerando la gran importancia en el rendimiento y en la calidad que trae consigo una buena fertilización (Carillo, 2003, p. 85-88). Por tal razón, el presente manual trata de dar a conocer algunas herramientas importantes y necesarias para lograr establecer un buen programa de fertilización para los cultivos de interés comercial, principalmente basándose en el muestreo de suelos y la interpretación de los resultados del análisis de laboratorio ya que son la parte fundamental del proceso de establecimiento de un adecuado programa de fertilización.

Intención didáctica

La nutrición de los cultivos juega un papel clave en los sistemas de producción por lo que es de vital importancia que el ingeniero en innovación agrícola sustentable esté capacitado para diseñar y ejecutar programas al respecto, por lo que esta asignatura está dividida en cinco unidades temáticas: en la primera, denominada “Principios del manejo del suelo” el alumno desarrollara las competencias que le permitirán comprender las interacciones entre el suelo y las plantas cultivadas, así como el balance nutrimental asociado a la correcta asimilación de nutrientes.

En la segunda unidad, titulada “Metodología e Interpretación de Análisis”, se desarrollaran los tópicos asociados a los procesos, metodologías e interpretación relacionados con el procesamiento de muestras de suelos y vegetales que son una herramienta clave para el diseño de los programas de nutrición.

En la unidad tercera: “Generación de Recomendaciones de Fertilización”, se desarrollaran las habilidades para asociar la interpretación de análisis (de suelo y vegetal) con la demanda nutrimental, según la fenología de los cultivos para la generación de enmiendas y recomendaciones de fertilización.

En la cuarta unidad, “Fertilización Foliar”, se hará alusión a los mecanismos fisiológicos involucrados en los procesos de absorción de nutrientes vía foliar y a través de la resolución de casos se desarrollara la capacidad de toma de decisiones para la correcta aplicación de fertilizaciones foliares como complemento a la nutrición vía radicular.

En la quinta unidad, “Relaciones Microbianas en la Nutrición Vegetal”, se tomará en cuenta el efecto de la actividad de los microorganismos en la nutrición vegetal como agentes fijadores de nutrientes.

Para impartir esta asignatura el profesor debe tener el siguiente perfil: especialidad en suelos o contar con estudios de posgrado en Fertilidad de Suelos, en Nutrición Vegetal o Edafología. El docente debe fomentar las lecturas relacionadas con la Nutrición Vegetal y brindara apoyo constantemente al alumno con clases teórico – prácticas y asesorías

extraclase, con el fin de facilitar la comprensión del alumno.

3. Participantes en el diseño y seguimiento curricular del programa

Lugar y fecha de elaboración o revisión	Participantes	Observaciones
Los Reyes, Michoacán. Septiembre de 2014	Instituto Tecnológico Superior de Los Reyes.	Reunión de academia del Programa Educativo de Ingeniería en Innovación Agrícola Sustentable.
Los Reyes, Michoacán. Octubre de 2018.	Instituto Tecnológico Superior de Los Reyes	Reunión de academia del Programa Educativo de Ingeniería en Innovación Agrícola Sustentable
Los Reyes, Michoacán. Diciembre de 2022.	Instituto Tecnológico Superior de Los Reyes	Reunión de academia del Programa Educativo de Ingeniería en Innovación Agrícola Sustentable

4. Competencia(s) a desarrollar

Competencia(s) específica(s) de la asignatura
Diseñar programas de nutrición vegetal apropiados para cada etapa fenológica de las diferentes plantas cultivadas, que permitirá optimizar el uso de los recursos naturales y generar mayores producciones de forma sostenida.

5. Competencias previas

Utilizar información en internet y textos diversos.
Utilizar técnicas de aprendizaje colaborativo, estudio de casos, aprendizaje basado en problemas y justificación de problemas.
Sistematizar la información utilizada y recabada durante el curso.
Aplicar normas de expresión escrita y oral, para la elaboración de ensayos y reportes.
Interpretar el proceso del método científico.
Conocer sobre la fertilidad del suelo.
Asociar un comportamiento de elementos y factores del clima.

Conocer sobre soluciones.
Conocer sobre reacciones químicas.

6. Temario

No.	Temas	Subtemas
1	Principios del manejo del suelo	1.1 Identificación y caracterización de los diferentes tipos de suelos 1.2 Alternativas para el manejo del suelo 1.2.1 Manejo del pH y CE del suelo 1.2.2 Manejo de suelos compactados y suelos erosionados. 1.3 Bio y Fitorremediación del Suelo.
2	Metodología e interpretación de análisis	2.1 Análisis de suelos (Extracto de pasta y solución del suelo) 2.1.1 Muestreo de suelos. 2.1.2 Preparación de la muestra. 2.1.3 Análisis de la muestra. 2.1.4 Normas oficiales mexicanas para la realización de análisis. 2.1.5 Interpretación de los resultados. 2.1.6 La variabilidad de los resultados. 2.1.7 Análisis rápidos de campo (uso de equipos portátiles y paramétricos). 2.2 Análisis de tejido vegetal y/o extracto celular de peciolo (ECP) 2.2.1 Muestreo. 2.2.2 Preparación de la muestra. 2.2.3 Análisis de la muestra. 2.2.4 Interpretación de los resultados. 2.2.5 La variabilidad de los resultados. 2.2.6 Análisis rápidos de campo (uso de equipos portátiles y paramétricos). 2.3 Análisis del agua de riego. 2.3.1 Toma de muestra. 2.3.2 Interpretación de análisis de laboratorio. 2.3.3 Uso de equipos portátiles. 2.3.4 Acondicionamiento del agua de riego.
3	Generación de recomendaciones de	3.1 Estimación de la demanda

	fertilización	<p>nutrimental de los cultivos.</p> <p>3.2 Elaboración de curvas de demanda nutrimental.</p> <p>3.3 Métodos utilizados para la generación de las recomendaciones de fertilización.</p> <p>3.3.1 Técnicas de diagnóstico visual (grados de abastecimiento nutrimental y valores límite: deficiencia, óptimos y toxicidad).</p> <p>3.3.2 Diagnóstico nutricional en base al análisis de tejido vegetal.</p> <p>3.3.3 Modelos de estimación de requerimientos de nutrientes.</p> <p>3.3.4 Requerimiento de fertilizantes: métodos basados en el análisis de suelo y agua, métodos basados en el análisis de tejido vegetal.</p> <p>3.3.5 Relación entre la demanda nutrimental y la fenología de la planta.</p> <p>3.4 Diseño de programas de fertilización.</p> <p>3.4.1 Fertilizantes y enmiendas de origen mineral.</p> <p>3.4.2 Fertilizantes y enmiendas de origen orgánico.</p>
4	Fertilización foliar	<p>4.1 Mecanismos de absorción de nutrimentos por el follaje.</p> <p>4.2 La fertilización foliar como complemento de la nutrición mineral.</p> <p>4.3 Diagnóstico para definir recomendaciones de fertilización foliar.</p> <p>4.4 Principios y aplicaciones de la fertilización foliar.</p> <p>4.5 Fuentes de fertilizantes foliares.</p> <p>4.6 Cálculo de disoluciones y calidad de agua.</p> <p>4.7 Sistemas de aplicación de fertilizantes foliares.</p> <p>4.8 La fertilización foliar en frutales y</p>

		<p>hortalizas.</p> <p>4.9 Fertilización foliar con ácidos húmicos, algas y otros productos orgánicos.</p> <p>4.10 Bioestimulantes en fertilización foliar.</p>
--	--	--

7. Actividades de aprendizaje de los temas

1. Principios del manejo del suelo	
Competencias	Actividades de aprendizaje
<p>Específica(s):</p> <p>Identificar las condiciones, físicas y químicas, óptimas del suelo que favorecen la asimilación de nutrientes por la planta.</p> <p>Comprender la importancia de los microorganismos en la nutrición vegetal y será capaz de tomar decisiones acertadas sobre la preparación y aplicación de inoculantes biológicos en la agricultura.</p> <p>Genéricas:</p> <p>Competencias instrumentales</p> <ul style="list-style-type: none"> • Capacidad de análisis y síntesis. • Capacidad de organizar y planificar. • Comunicación oral y escrita. • Habilidad para buscar y analizar información proveniente de fuentes diversas. • Solución de problemas. • Toma de decisiones. <p>Competencias interpersonales.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Capacidad crítica y autocrítica. • Habilidades interpersonales. • Capacidad de trabajar en equipo interdisciplinario. 	<p>Investigación documental sobre las técnicas de mejoramiento de los suelos.</p> <p>Elaborar un mapa mental, cuadro sinóptico y/o ensayo.</p> <p>Realizar prácticas de campo y laboratorio para determinar las propiedades físicas y químicas del suelo.</p> <p>Investigar las funciones de los microorganismos en el suelo haciendo énfasis en aquellos involucrados en la nutrición vegetal.</p> <p>Desarrollar un modelo experimental que permita evaluar los efectos de las aplicaciones de microorganismos en el suelo.</p>

<ul style="list-style-type: none"> • Capacidad de comunicarse con profesionales de otras áreas. • Habilidad para generar un ambiente laboral. • Compromiso ético. <p>Competencias sistémicas.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Habilidades de investigación. • Capacidad de aplicar los conocimientos en la práctica. • Capacidad de aprender. • Capacidad de adaptarse a nuevas situaciones. • Capacidad de generar nuevas ideas (creatividad). • Liderazgo. • Conocimiento de culturas y costumbres de otros países. • Habilidad para trabajar en forma autónoma. • Capacidad para diseñar y gestionar proyectos. • Iniciativa y espíritu emprendedor. • Preocupación por la calidad. • Búsqueda del logro. 	
<p>2. Metodología e interpretación de análisis</p>	
<p>Competencias</p>	<p>Actividades de aprendizaje</p>
<p>Específica(s):</p> <p>Tomar, procesar y conservar muestras de suelo, agua y vegetales de forma apropiada para su posterior envío al laboratorio.</p> <p>Determinar las cantidades de micro y macronutrientes presentes en muestras de suelos, agua y vegetales. En agua y suelos se determinaran además otras propiedades como el contenido de sales y pH.</p> <p>Interpretar los análisis de suelos, agua y vegetales, lo cual será la base que le</p>	<p>Realizar prácticas de campo para la correcta toma, preparación y conservación de muestras de suelo y vegetales.</p> <p>Realizar prácticas de laboratorio para el procesamiento de muestras de suelo, agua y vegetales para la determinación de nutrientes.</p> <p>Resolver casos de interpretación de análisis de suelo, agua y vegetales.</p>

<p>permitirá posteriormente diseñar programas de nutrición.</p> <p>Genéricas:</p> <p>Competencias instrumentales</p> <ul style="list-style-type: none"> • Capacidad de análisis y síntesis. • Capacidad de organizar y planificar. • Comunicación oral y escrita. • Habilidad para buscar y analizar información proveniente de fuentes diversas. • Solución de problemas. • Toma de decisiones. <p>Competencias interpersonales.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Capacidad crítica y autocrítica. • Habilidades interpersonales. • Capacidad de trabajar en equipo interdisciplinario. • Capacidad de comunicarse con profesionales de otras áreas. • Habilidad para generar un ambiente laboral. • Compromiso ético. <p>Competencias sistémicas.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Habilidades de investigación. • Capacidad de aplicar los conocimientos en la práctica. • Capacidad de aprender. • Capacidad de adaptarse a nuevas situaciones. • Capacidad de generar nuevas ideas (creatividad). • Liderazgo. • Conocimiento de culturas y costumbres de otros países. • Habilidad para trabajar en forma autónoma. • Capacidad para diseñar y gestionar 	
---	--

<p>proyectos.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Iniciativa y espíritu emprendedor. • Preocupación por la calidad. • Búsqueda del logro. 	
<p>3. Generación de recomendaciones de fertilización</p>	
<p>Competencias</p>	<p>Actividades de aprendizaje</p>
<p>Específica(s):</p> <p>Realizar análisis de suelos, agua, y vegetales, para elaborar las curvas de demanda nutrimental de las plantas, que servirán para hacer recomendaciones de fertilización.</p> <p>Desarrollar criterios para generar enmiendas que permitan corregir las deficiencias nutrimentales del suelo, así como corregir problemas de pH y salinidad.</p> <p>Diseñar programas de nutrición que tomen en cuenta los criterios de racionalidad y sustentabilidad.</p> <p>Genéricas:</p> <p>Competencias instrumentales</p> <ul style="list-style-type: none"> • Capacidad de análisis y síntesis. • Capacidad de organizar y planificar. • Comunicación oral y escrita. • Habilidad para buscar y analizar información proveniente de fuentes diversas. • Solución de problemas. • Toma de decisiones. <p>Competencias interpersonales.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Capacidad crítica y autocrítica. • Habilidades interpersonales. • Capacidad de trabajar en equipo interdisciplinario. • Capacidad de comunicarse con 	<p>Elaboración de curvas de demanda nutrimental, para los principales cultivos de la región.</p> <p>Desarrollar programas de nutrición en base a los distintos métodos de diagnóstico del requerimiento nutrimental y según las etapas fenológicas de la planta.</p>

<p>profesionales de otras áreas.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Habilidad para generar un ambiente laboral. • Compromiso ético. <p>Competencias sistémicas.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Habilidades de investigación. • Capacidad de aplicar los conocimientos en la práctica. • Capacidad de aprender. • Capacidad de adaptarse a nuevas situaciones. • Capacidad de generar nuevas ideas (creatividad). • Liderazgo. • Conocimiento de culturas y costumbres de otros países. • Habilidad para trabajar en forma autónoma. • Capacidad para diseñar y gestionar proyectos. • Iniciativa y espíritu emprendedor. • Preocupación por la calidad. • Búsqueda del logro. 	
<p>4. Fertilización foliar</p>	
<p>Competencias</p>	<p>Actividades de aprendizaje</p>
<p>Específica(s):</p> <p>Comprender la importancia de la fertilización foliar como complemento de la nutrición mineral, tomando conciencia de que la primera en ningún caso podrá sustituir a la segunda.</p> <p>Diseñar programas de nutrición que hagan uso eficiente y racional de la fertilización foliar.</p> <p>Genéricas:</p> <p>Competencias instrumentales</p>	<p>Previa investigación documental sobre la fertilización foliar como complemento a la nutrición mineral, se elaborara un mapa conceptual, mapa mental, cuadro sinóptico, y/o síntesis.</p> <p>Prácticas de campo para la preparación de mezclas y métodos para la correcta aplicación de productos foliares.</p>

<ul style="list-style-type: none"> • Capacidad de análisis y síntesis. • Capacidad de organizar y planificar. • Comunicación oral y escrita. • Habilidad para buscar y analizar información proveniente de fuentes diversas. • Solución de problemas. • Toma de decisiones. <p>Competencias interpersonales.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Capacidad crítica y autocrítica. • Habilidades interpersonales. • Capacidad de trabajar en equipo interdisciplinario. • Capacidad de comunicarse con profesionales de otras áreas. • Habilidad para generar un ambiente laboral. • Compromiso ético. <p>Competencias sistémicas.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Habilidades de investigación. • Capacidad de aplicar los conocimientos en la práctica. • Capacidad de aprender. • Capacidad de adaptarse a nuevas situaciones. • Capacidad de generar nuevas ideas (creatividad). • Liderazgo. • Conocimiento de culturas y costumbres de otros países. • Habilidad para trabajar en forma autónoma. • Capacidad para diseñar y gestionar proyectos. • Iniciativa y espíritu emprendedor. • Preocupación por la calidad. • Búsqueda del logro. 	
--	--

8. Práctica(s)

Practica 1. Determinación de propiedades físicas y químicas de suelo en campo y laboratorio. Se determinaran textura, estructura, consistencia, pH, conductividad eléctrica y materia orgánica.

Practica 2. Toma de muestras de suelos, agua y vegetales. Se describirán los procesos para la toma, preparación y conservación de muestras para su envío a laboratorio.

Practica 3. Procesamiento de muestras de suelo en laboratorio. Se determinaran nutrientes y contenido de sales.

Practica 4. Procesamiento de muestras de agua en laboratorio. Se determinaran los contenidos de nutrientes, sales, pH y otros parámetros de importancia para evaluar la calidad del agua de riego.

Practica 5. Análisis de tejido vegetal y/o extracto celular de peciolo (ECP). Se determinaran el contenido de nutrientes en la planta.

Practica 6. Aplicaciones foliares. Se prepararan mezclas, se calibraran los equipos y se realizara la aplicación de foliares.

9. Proyecto de asignatura

Proyecto 1. Determinación de curvas de demanda nutrimental. Se desarrollara un modelo experimental para evaluar la demanda nutrimental de un cultivo de importancia agrícola de la región.

Proyecto 2. Inoculación de Rizobacterias. En un cultivo de rápido crecimiento se evaluará el efecto de la aplicación de las Rizobacterias como promotor del crecimiento vegetal.

Al final del curso entregaran un informe con todos los requisitos que el profesor solicite incluyendo:

- Fundamentación
- Planeación
- Ejecución
- Evaluación

10. Evaluación por competencias

La evaluación debe de ser continua y formativa por lo que se debe de considerar el desempeño en cada una de las actividades de aprendizaje, haciendo especial énfasis

en:

- Reportes escritos de las observaciones hechas durante las actividades, así como de las conclusiones obtenidas de dichas observaciones.
- Información obtenida durante las investigaciones solicitadas durante las investigaciones solicitadas plasmadas en artículos escritos.
- Descripción de otras experiencias concretas que podrían realizarse adicionalmente.
- Evaluaciones de conocimiento para comprobar el manejo de aspectos teóricos y declarativos.
- Prácticas de laboratorio y de campo.
- Discusiones grupales.
- Ensayos sobre temas relacionados con el temario de la asignatura.
- Exposiciones orales sobre temas relacionados con el temario de la asignatura.
- Cuadros comparativos.
- Reportes de visitas a centros de investigación.
- Proyecto integrador.

11. Fuentes de información

1. Arcila, P. J.; Farfán, V. F. (2007). *Sistemas de producción de café en Colombia*. Chinchiná, Colombia: Cenicafé.
2. Arévalo, G., Castellano, M. (2009). *Manual de Fertilizantes y Enmiendas. Programa para la Agricultura Sostenible en Laderas de América Central*. Carrera de Ciencia y Producción Agropecuaria. Escuela Agrícola Panamericana, El Zamorano, Honduras. 57p.
3. Avlin, J. L.; Beaton, J. D.; Tisdale, S. L.; Nelson, W. L. (1999). *Soil fertility and fertilizers; an introduction to nutrient management*. 6. ed. Upper Saddle River, Prentice Hall. 499 p.
4. Cerisola, C. I., Dominguez, E. (1989). *Lecciones de agricultura biológica*. Ed.

Mundi-Prensa.

5. Dobb, D. W. (2002). *Nutrientes inorgánicos y orgánicos:Cuál es la diferencia*. Instituto de la Potasa y el Fósforo-INPOFOS, México. Informaciones Agronómicas (México), N° 48:1-3.
6. Epstein, E. (1999). *Ann Rev Plant Physiol Plnt Mol Biol* 50:641-664.
7. Epstein, E. y Bloom, A. J (2005). *Mineral Nutrition of Plants: Principles and Perspectives*. 2nd ed. Sinauer Associates, Sunderland, MA.
8. FAO (2001). *Directrices para ensayos y demostraciones de nutrición vegetal y manejo de suelos a nivel de finca*. Roma, Italia. 86 p.
9. Gaivironsky, L., A. (2004). *Estándares orgánicos internacionales*. OneCert.Lincoln, Lincoln, NE. USA.80 p.
10. Herrera, A. (2001). *Verdades y mitos sobre la materia orgánica y los abonos orgánicos*. Instituto de la Potasa y el Fósforo-INPOFOS, México. Informaciones Agronómicas (México), N° 5:4-5.
11. Kuepper, G. (2000). *An overview of organic crop production. Fundamentals os Sustainable Agriculture*. <http://www.attra.ncat.org>
12. LAF. (1999). *Avaluació i aprofitament dels residus orgànics d'origen ramader en agricultura*. Quadern de Divulgació núm. 5. Diputació de Lleida.
13. Lampkin, N. (1998). *Agricultura ecológica*. Ed. Mundi-Prensa.
14. Loomis, R. S y Connor, D. J (1992). *Crop Ecology: Productivity and Management in Agricultural System*. Cambridge University Press, Cambridge.
15. Marschner , H. (1995). *Mineral Nutrition of Higher Plants*, 2nd ed, Academic Press, London.
16. Méndez, G.; Molina, E. (2002). *Fertilización Foliar: Principios y Aplicaciones*. Centro de Investigaciones Agronómicas (CIA), UCR. Sabanilla, Costa Rica, Febrero (Costa Rica). 142 p (Memorias).
17. Melendez, G.; Soto G. (2003). *Taller de Abonos Orgánicos*. proyecto. Centro de Investigaciones Agronómicas (CIA), UCR. Sabanilla, Costa Rica, 3 y 4 demarzo (Costa Rica). 155 p (Memorias).
18. Mengel, K.; Kirkby, E. A. (2001). *Principles of Plant Nutrition*, 5th ed. Kluwer Acad. Publ. Dordrecht.
19. Sheifa, J. M. (1993). *Manual de análisis de suelos y tejido vegetal: una guía teórica y práctica de metodologías*. Documento de trabajo n° 129. Centro Internacional de

Agricultura Tropical• CIAT.103 p.

20. Taiz, L. y Zeiger, E. (2010). *Plant Physiology*, 5th ed., Sinauer Associates Inc, Sunderland, MA. 690 p..