



UES

Universidad Estatal de Sonora
La Fuerza del Saber Estimulará mi Espíritu

MANUAL DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO NUTRICIÓN VEGETAL

Programa Académico
Plan de Estudios
Fecha de elaboración

Ingeniería en Horticultura
2021
16/06/2025

Versión del Documento

02



Dra. Martha Patricia Patiño Fierro
Rectora

Mtra. Ana Lisette Valenzuela Molina
**Encargada del Despacho de la Secretaría
General Académica**

Mtro. José Antonio Romero Montaña
Secretario General Administrativo

Lic. Jorge Omar Herrera Gutiérrez
**Encargado de Despacho de Secretario
General de Planeación**

Tabla de contenido

INTRODUCCIÓN.....	4
IDENTIFICACIÓN	5
MATRIZ DE CORRESPONDENCIA	6
NORMAS DE SEGURIDAD Y BUENAS PRÁCTICAS	7
RELACIÓN DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO POR ELEMENTO DE COMPETENCIA	¡Error! Marcador no definido.
PRÁCTICAS.....	3
FUENTES DE INFORMACIÓN	10
NORMAS TÉCNICAS APLICABLES.....	¡Error! Marcador no definido.
ANEXOS	3

INTRODUCCIÓN

Como parte de las herramientas esenciales para la formación académica de los estudiantes de la Universidad Estatal de Sonora, se definen manuales de práctica de laboratorio así como de prácticas de campo, como un elemento en el cual se define la estructura normativa de cada práctica de campo y/o laboratorio, además de representar una guía para la aplicación práctica del conocimiento y el desarrollo de las competencias clave en su área de estudio. Su diseño se encuentra alineado con el modelo educativo institucional, el cual privilegia el aprendizaje basado en competencias, el aprendizaje activo y la conexión con escenarios reales.

Con el propósito de fortalecer la autonomía de los estudiantes, su pensamiento crítico y sus habilidades para la resolución de problemas, las prácticas de campo y/o laboratorio integran estrategias didácticas como el aprendizaje basado en proyectos, el trabajo colaborativo, la experimentación guiada y el uso de tecnologías educativas. De esta manera, se promueve un proceso de enseñanza-aprendizaje dinámico, en el que los estudiantes no solo adquieren conocimientos teóricos, sino que también desarrollan habilidades prácticas y reflexivas para su desempeño profesional.

El propósito del presente manual de practica de campo, es promover una clase dinámica en la que los alumnos pongan en práctica sus conocimientos básicos, reforzados con el apoyo del docente y que puedan tener la experiencia de casos reales al establecer un cultivo que estará bajo su atención y cuidado, el manual será una guía durante este proceso.

Es importante que se desarrollen practica de campo y/o laboratorio, ya que refuerzan el aprendizaje de los alumnos, que en un futuro serán ingenieros en horticultura y nada mejor que vean como es desde poner a germinar, hasta obtener el producto.

Las competencias a desarrollar son:

- **Competencias blandas:** trabajo en equipo, responsabilidad ambiental, capacidad de análisis, planeación, organización y toma de decisiones.
- **Competencias disciplinares:** uso adecuado de las instalaciones, insumos y herramientas del área del vivero.
- **Competencias profesionales:** establecimiento de sistemas de riego por goteo, técnicas adecuadas de trasplante, aplicación razonada de fertilizante y agroquímicos, optimización de la cosecha.

IDENTIFICACIÓN

Nombre de la Asignatura		Nutrición vegetal	
Clave	081CP064	Créditos	5
Asignaturas Antecedentes	081CP039	Plan de Estudios	2021

Área de Competencia	Competencia del curso
Implementar sistemas de producción hortícola sustentable de acuerdo con estándares y normas de calidad establecidas y esquemas de producción extensiva e intensiva, para el manejo óptimo de los cultivos hortícolas destinados a mercados nacionales e internacionales, mediante el análisis de problemas, innovación y organización.	Diseñar programas de fertilización en cultivos hortofrutícolas para establecer y mantener los niveles nutricionales de acuerdo con las fichas técnicas de los sistemas producto regionales, a través de la toma de decisiones en el manejo eficiente y sustentable de los fertilizantes en la producción agrícola.

Carga Horaria de la asignatura

Horas Supervisadas			Horas Independientes	Total de Horas
Aula	Laboratorio	Plataforma		
2	2	1	1	6

Consignación del Documento

Unidad Académica	Unidad Académica San Luis Río Colorado
Fecha de elaboración	17/06/2025
Responsables del diseño	Yohandri Ruisanchez Ortega, Laura Patricia Peña Yam, Ricardo Salomón Torres.
Validación	
Recepción	Coordinación de Procesos Educativos

MATRIZ DE CORRESPONDENCIA

Relación de cada práctica con las competencias del perfil de egreso

PRÁCTICA	PERFIL DE EGRESO
Práctica No. 1: Deficiencia y exceso de nutrientes	Aplicar de manera colaborativa la técnica del elemento faltante para identificar y analizar los efectos fisiológicos y morfológicos causados por la deficiencia y el exceso de nutrientes en hortalizas de interés comercial. El estudiante demostrará competencia en la ejecución de procedimientos experimentales conforme a las instrucciones del facilitador, manteniendo un enfoque sistemático y riguroso en la recolección y análisis de datos.
Práctica No. 2: Interacción de nutrientes esenciales	Ejecutar de manera colaborativa las actividades experimentales, fundamentándose en las indicaciones del facilitador y en el análisis crítico de los recursos didácticos proporcionados. Asimismo, demostrará competencia en la identificación y comprensión de las interacciones entre nutrientes esenciales y su influencia en la fisiología vegetal, particularmente en condiciones de exceso o deficiencia nutricional. Será capaz de evaluar la respuesta fisiológica de plántulas sometidas a distintos tratamientos nutricionales, mediante la observación sistemática y el registro detallado de la sintomatología presentada. Además, aplicará criterios científicos en la interpretación de los resultados obtenidos, integrando conocimientos teóricos con evidencia empírica. Finalmente, comunicará sus hallazgos de manera clara, precisa y argumentada, utilizando un lenguaje técnico adecuado en la elaboración de informes y presentaciones académicas.
Práctica No. 3: Interpretación de resultados de análisis de suelo y de tejido vegetal	Interpretar de manera precisa y fundamentada los resultados obtenidos en análisis de fertilidad del suelo y de tejido vegetal, conforme a los valores de referencia establecidos en la Norma Oficial Mexicana NOM-021-SEMARNAT-2000. Asimismo, demostrará habilidades para el trabajo colaborativo en la ejecución de procedimientos analíticos, la organización de datos y la elaboración de reportes técnicos. El egresado integrará conocimientos teóricos y prácticos para sustentar sus interpretaciones, apoyándose en los recursos proporcionados por el facilitador y en la bibliografía especializada. Finalmente, será competente en la redacción de informes de laboratorio claros, estructurados y técnicamente correctos, que reflejen un análisis crítico de los resultados y su aplicación en el manejo sostenible de los recursos edáficos y vegetales.

NORMAS DE SEGURIDAD Y BUENAS PRÁCTICAS

Reglamento general de práctica de laboratorio

- a) Estar puntualmente el día de la práctica.
- b) Llevar consigo el manual de prácticas a realizar.
- c) Realizar registro al ingresar al laboratorio.
- d) Guardar sus pertenencias en el lugar designado.
- e) Ingresar el área del laboratorio con el material necesario para su realización, no introducir alimentos ni bebidas.
- f) No se permiten anillos, pulseras, reloj ni joyería de ningún tipo.
- g) No se permite el uso de celulares durante el desarrollo de la práctica.
- h) No se permitirá la entrada al área de laboratorio a personal ajenas al mismo.
- i) El alumno no podrá abandonar la práctica, sin previa autorización del maestro.
- j) Colocar la basura en los contenedores asignados, mantener el área limpia.
- k) Respetar la zona de trabajo de otros compañero y profesores.

Reglamento de uniforme

- a) Bata de laboratorio (manga larga, abotonada)
- b) Pantalón largo y zapatos cerrados
- c) Traer el cabello recogido.
- d) Uso obligatorio de equipo de protección personal (EPP): guantes, gafas de seguridad y mascarilla si se manipulan polvos o productos químicos.

Uso adecuado del equipo y materiales

- a) Solo utilizar equipos previamente autorizados
- b) Al término de la práctica se deberá entregar limpio el material y las herramientas utilizado, así como de la zona de trabajo.

Manejo y disposición de residuos peligrosos

- a) Limpiar el área de trabajo.
- b) Desechar residuos en los contenedores correspondientes.

Procedimientos en caso de emergencia

- a) En caso de alguna cortada, golpe o daño de su persona o compañero, informar al profesor e ir al médico de la unidad, de preferencia acompañado, ya se de otro alumno o en su caso del profesor.
- b) En caso de contacto de sustancias química sobre el estudiante, emplear el área emergencia (lavado de cuerpo y ojos) que se encuentra en el laboratorio. Tener en cuenta que si es ácido no se debe lavar con agua, se debe aplicar bicarbonato o arena en el área afectada. Llamar al 911.
- c) En caso de derrame químico, utilizar el kit de contención de derrames si se cuenta con él.
- d) En caso de daño en alguna de las herramientas de trabajo o infraestructura, informar al profesor.

RELACIÓN DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO POR ELEMENTO DE COMPETENCIA

Elemento de Competencia al que pertenece la práctica	II
	Comprender la función y métodos de determinación de los elementos esenciales en el suelo y el desarrollo de las plantas para la identificación de la sintomatología de sus deficiencias y excesos bajo condiciones de desbalances nutricionales en la producción agrícola intensiva y extensiva, mediante el análisis y la toma de decisiones, con base en los estándares establecidos por la NOM021-SEMARNAT-2000.

PRÁCTICA	NOMBRE	COMPETENCIA
Práctica No. 1	Deficiencia y exceso de nutrientes	Realizar en equipo la práctica de laboratorio para observar el efecto de la deficiencia y exceso de nutrientes en hortalizas de interés comercial, tomar como base la técnica del elemento faltante de acuerdo a las instrucciones proporcionadas por el facilitador. Medir la altura de la planta, el diámetro de tallo, desarrollo foliar, biomasa aérea, biomasa radicular y coloración general del tejido vegetal. Realizar de forma independiente un reporte de práctica de laboratorio, incluir sus hallazgos y atender la retroalimentación por parte del facilitador.
Práctica No. 2	Interacción de nutrientes esenciales	Realizar en equipo la práctica de laboratorio sobre la interacción de nutrientes, con base en la explicación del facilitador y el análisis de los materiales de apoyo del apartado de recursos. Evaluar la respuesta fisiológica de plántulas expuestas a nutrientes en exceso y/o deficiencia provocada por la interacción, registrando la sintomatología que presentan las mismas. Elaborar un reporte de práctica de laboratorio indicando el objetivo de la práctica, material y métodos, resultados, discusión y actividad complementaria.
Práctica No. 3	Interpretación de resultados de análisis de suelo y de tejido vegetal	Realizar en equipo una práctica de laboratorio para la interpretación precisa y correcta sobre los resultados de un análisis de fertilidad del suelo y de tejido vegetal, con base en los valores de referencia plasmados en la NOM-021-SEMARNAT2000. Generar un reporte de práctica de laboratorio sobre la interpretación realizada de acuerdo a las especificaciones proporcionadas por el facilitador y revisar los materiales del apartado de recursos para dar soporte teórico al reporte.



PRÁCTICAS

NOMBRE DE LA PRÁCTICA	Práctica de laboratorio 1: Deficiencia y exceso de nutrientes
COMPETENCIA DE LA PRÁCTICA	Observar el efecto de la deficiencia y exceso de nutrientes en hortalizas de interés comercial a partir de la técnica del elemento faltante de acuerdo con las instrucciones proporcionadas por el facilitador. Medir la altura de la planta, el diámetro de tallo, desarrollo foliar, biomasa aérea, biomasa radicular y coloración general del tejido vegetal. Realizar de forma independiente un reporte de práctica de laboratorio, incluir sus hallazgos y atender la retroalimentación por parte del facilitador.

FUNDAMENTO TEÓRICO
El desarrollo óptimo de las hortalizas depende en gran medida del equilibrio nutricional en el medio de cultivo. Los nutrientes esenciales, tanto macronutrientes (como nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio y azufre) como micronutrientes (hierro, manganeso, zinc, cobre, boro, molibdeno y cloro), cumplen funciones fisiológicas y bioquímicas fundamentales en el metabolismo vegetal. La deficiencia o el exceso de cualquiera de estos elementos puede provocar alteraciones morfológicas, fisiológicas y bioquímicas que afectan negativamente el crecimiento, la productividad y la calidad del cultivo. La técnica del elemento faltante es una metodología experimental ampliamente utilizada para estudiar los efectos de la omisión de nutrientes específicos en el desarrollo vegetal. Esta técnica consiste en cultivar plantas en soluciones nutritivas completas, excluyendo de manera sistemática un nutriente a la vez, con el fin de observar los síntomas característicos de su deficiencia. Asimismo, se pueden aplicar tratamientos con concentraciones elevadas de ciertos nutrientes para evaluar los efectos del exceso. Durante esta práctica, se evaluarán parámetros morfológicos como la altura de la planta, el diámetro del tallo, el desarrollo foliar, la biomasa aérea y radicular, así como la coloración general del tejido vegetal. Estos indicadores permiten identificar síntomas visuales asociados a desequilibrios nutricionales, tales como clorosis, necrosis, enanismo, deformaciones foliares o acumulación anormal de pigmentos. El análisis de estos efectos proporciona una base empírica para comprender la importancia del manejo nutricional en la producción hortícola, especialmente en cultivos de interés comercial. Además, fomenta el desarrollo de habilidades prácticas en la observación, medición y análisis de variables agronómicas, así como en la elaboración de reportes técnicos con base en la evidencia experimental.

MATERIALES, EQUIPAMIENTO Y/O REACTIVOS

Equipos y materiales

1. Cámara de crecimiento o invernadero con control de temperatura y humedad (opcional, según disponibilidad)
2. Balanza analítica (precisión mínima de 0.01 g)
3. Regla milimetrada o cinta métrica
4. Vernier o calibrador para medición de diámetro de tallo
5. Sistema de iluminación artificial (lámparas LED o fluorescentes)
6. Sistema de riego por goteo o manual
7. Termómetro y higrómetro digital
8. Cronómetro o temporizador

Reactivos y sustancias

1. Macetas plásticas o contenedores de cultivo (mínimo 1 L de capacidad)
2. Sustrato inerte (arena lavada, perlita, vermiculita o mezcla estandarizada)
3. Etiquetas para identificación de tratamientos
4. Guantes de látex o nitrilo
5. Jeringas o pipetas graduadas
6. Recipientes plásticos para preparación de soluciones nutritivas
7. Cuaderno de laboratorio o bitácora.

Observaciones adicionales

- ✓ El laboratorio debe contar con ventilación adecuada y acceso a agua corriente para enjuague y limpieza.

PROCEDIMIENTO O METODOLOGÍA

1. Preparación del área de trabajo

- ✓ Verificar que el área de trabajo esté limpia, ordenada y equipada con los materiales y equipos necesarios.
- ✓ Colocarse el equipo de protección personal (bata, guantes y gafas de seguridad si es necesario).

2. Preparación del sustrato y contenedores

- ✓ Llenar las macetas o contenedores con el sustrato inerte previamente esterilizado.
- ✓ Etiquetar cada contenedor con el nombre del tratamiento correspondiente (ej. "Completo", "Sin N", "Sin P", "Exceso de K", etc.).

3. Siembra o trasplante

- ✓ Sembrar o trasplantar plántulas uniformes de la hortaliza seleccionada (por ejemplo, lechuga, jitomate o rábano) en cada contenedor.
- ✓ Asegurar que todas las plantas tengan condiciones iniciales similares en tamaño y estado fisiológico.

4. Aplicación de tratamientos nutricionales

- ✓ Preparar las soluciones nutritivas correspondientes a cada tratamiento, siguiendo las concentraciones indicadas por el facilitador.
- ✓ Aplicar la solución nutritiva adecuada a cada contenedor, asegurando un riego uniforme y evitando el escurrimiento.

5. Mantenimiento del cultivo

- ✓ Colocar las plantas en condiciones controladas de luz, temperatura y humedad.
- ✓ Regar con las soluciones correspondientes de forma periódica, según las indicaciones del facilitador.
- ✓ Observar diariamente el desarrollo de las plantas y registrar cualquier síntoma visual de deficiencia o toxicidad.

6. Evaluación de variables morfológicas

- ✓ Al finalizar el periodo experimental (según lo indique el facilitador), medir las siguientes variables en cada planta:
 - Altura de la planta (cm)
 - Diámetro del tallo (mm)
 - Número y tamaño de hojas
 - Coloración general del tejido vegetal
 - Biomasa aérea (peso fresco y seco)
 - Biomasa radicular (peso fresco y seco)
- ✓ Registrar los datos en una tabla para su posterior análisis.

1. Limpieza y disposición final

- ✓ Limpiar el área de trabajo y los materiales utilizados.
- ✓ Disponer adecuadamente los residuos orgánicos e inorgánicos, siguiendo las normas de seguridad y manejo de residuos del laboratorio.

2. Elaboración del reporte

- ✓ Redactar de forma individual un reporte de práctica que incluya: introducción, fundamento teórico, objetivos, materiales, procedimiento, resultados, análisis de resultados, conclusiones y bibliografía.
- ✓ Incluir observaciones relevantes y atender la retroalimentación proporcionada por el facilitador.

RESULTADOS ESPERADOS

Durante el desarrollo de la práctica, se espera que el estudiante registre y analice los efectos visibles y cuantificables de la deficiencia y el exceso de nutrientes en hortalizas de interés comercial. Para ello, se deberán recolectar los siguientes datos experimentales:

1. Altura de la planta (cm)

Medición desde la base del tallo hasta el ápice de la planta.

Permite evaluar el impacto del tratamiento nutricional sobre el crecimiento vertical.

2. Diámetro del tallo (mm)

Medición en la base del tallo utilizando un vernier.

Indicador del vigor estructural de la planta.

3. Desarrollo foliar

Número total de hojas por planta.

Tamaño promedio de las hojas (largo y ancho en cm).

Presencia de deformaciones, necrosis, clorosis u otras alteraciones visibles.

4. Biomasa aérea

Peso fresco y seco de la parte aérea (tallo y hojas).

Secado en estufa a 60–70 °C hasta peso constante.

5. Biomasa radicular

Peso fresco y seco del sistema radicular.

Lavado cuidadoso de raíces antes del secado.

6. Coloración general del tejido vegetal

Observación cualitativa de la coloración de hojas y tallos.

Registro de síntomas visuales asociados a deficiencias o excesos (clorosis, enrojecimiento, manchas, etc.).

7. Registro fotográfico

Documentación visual del estado de las plantas en cada tratamiento.

Comparación entre tratamientos para análisis visual de síntomas.

8. Análisis comparativo

Elaboración de tablas y gráficas para comparar los parámetros entre tratamientos.

Identificación de tendencias y correlaciones entre el tipo de tratamiento y el desarrollo vegetal.

ANÁLISIS DE RESULTADOS

Con base en los datos recolectados durante la práctica, el estudiante deberá reflexionar y responder de manera crítica a las siguientes preguntas, con el fin de interpretar adecuadamente los efectos de la deficiencia y el exceso de nutrientes en el desarrollo de las hortalizas:

1. Comparación de crecimiento

¿Qué tratamiento presentó la mayor altura de planta? ¿A qué se puede atribuir este resultado?

¿Qué diferencias se observaron en el diámetro del tallo entre los tratamientos?

¿Cómo se relacionan estos parámetros con la disponibilidad de nutrientes?

2. Desarrollo foliar y síntomas visuales

¿Qué síntomas visibles (clorosis, necrosis, deformaciones, etc.) se presentaron en cada tratamiento?

¿Qué nutrientes están comúnmente asociados con los síntomas observados?

¿Qué tratamiento mostró un desarrollo foliar más vigoroso y por qué?

3. Biomasa aérea y radicular

- ¿Qué tratamiento generó mayor biomasa aérea y radicular?
- ¿Cómo afecta la deficiencia o el exceso de nutrientes al equilibrio entre el crecimiento aéreo y subterráneo?
- ¿Se observó alguna relación entre la biomasa y la coloración del tejido vegetal?
- 4. Efectos del exceso de nutrientes
 - ¿Qué efectos negativos se observaron en los tratamientos con exceso de nutrientes?
 - ¿Se presentaron síntomas de toxicidad? ¿Cuáles fueron y en qué tratamientos?
- 5. Análisis comparativo
 - ¿Qué tratamiento puede considerarse como control y por qué?
 - ¿Qué conclusiones se pueden extraer al comparar los tratamientos con deficiencia, exceso y solución completa?
 - ¿Qué implicaciones tienen estos resultados para el manejo nutricional en cultivos comerciales?
- 6. Reflexión final
 - ¿Qué importancia tiene el diagnóstico visual de deficiencias nutricionales en campo?
 - ¿Cómo puede aplicarse el conocimiento adquirido en esta práctica en un contexto agrícola real?

CONCLUSIONES Y REFLEXIONES

La presente práctica permitió observar de manera directa los efectos fisiológicos y morfológicos que genera la deficiencia y el exceso de nutrientes en hortalizas de interés comercial. A través de la técnica del elemento faltante, se identificaron síntomas específicos asociados a la carencia de macro y micronutrientes, tales como clorosis, necrosis, reducción del crecimiento, deformaciones foliares y alteraciones en la biomasa aérea y radicular.

Los resultados obtenidos confirman los principios teóricos de la nutrición vegetal, en los cuales cada nutriente cumple funciones específicas e irremplazables en los procesos metabólicos de la planta. Asimismo, se evidenció que tanto la deficiencia como el exceso de nutrientes pueden comprometer significativamente el desarrollo y la productividad del cultivo, lo que subraya la importancia de un manejo nutricional equilibrado.

Desde una perspectiva profesional, esta práctica fortalece competencias clave para el ejercicio en el campo agrícola, tales como el diagnóstico visual de deficiencias nutricionales, la formulación de soluciones nutritivas, la interpretación de datos agronómicos y la toma de decisiones informadas para optimizar el rendimiento de los cultivos. El conocimiento adquirido es aplicable en áreas como la producción intensiva de hortalizas, la hidroponía, la asesoría técnica y la investigación agronómica. En conclusión, la comprensión integral de la nutrición vegetal no solo es fundamental para el éxito productivo, sino también para promover una agricultura sostenible, eficiente y basada en criterios científicos.

ACTIVIDADES COMPLEMENTARIAS

Problemas o ejercicios adicionales

EVALUACIÓN Y EVIDENCIAS DE APRENDIZAJE

Criterios de evaluación	Rubrica de reporte de practica de laboratorio Rubrica de práctica de laboratorio
Rúbricas o listas de cotejo para valorar desempeño	La evaluación del reporte de práctica de laboratorio se fundamenta en una rúbrica cualitativa que considera criterios de desempeño académico, técnico y comunicativo. Se valorará con especial énfasis la calidad en la redacción y formato del documento, reconociendo informes que demuestren una estructura lógica, ortografía adecuada, uso del lenguaje técnico y cumplimiento con las normas institucionales de presentación. Asimismo, se evaluará la capacidad de análisis e interpretación de resultados, en función del rigor con que se describan las observaciones experimentales, se relacionen con fundamentos teóricos y se extraigan conclusiones pertinentes. Otro criterio clave es la aplicabilidad profesional del contenido, el cual se medirá por la habilidad del estudiante para vincular los hallazgos con situaciones reales del contexto agrícola, proponer usos racionales de los fertilizantes o plantear consideraciones sobre su impacto en el suelo y la producción. Finalmente, las conclusiones técnicas deben reflejar una síntesis reflexiva y coherente de la experiencia, sustentada en la evidencia obtenida y con orientación al trabajo profesional en el campo de las ciencias agropecuarias.
Formatos de reporte de prácticas	Se seguía el propuesto en la rubrica de reporte de practica de laboratorio

FUENTES DE INFORMACIÓN

- Benton, J. (2012). Plant nutrition and soil fertility manual. Second Edition. CRC Press.
- Bruulsema, T.W., Fixen, P.E. y Sulewki, G.D. (2012). 4R Plant Nutrition. A Manual for Improving the Management of Plant Nutrition. International Plant Nutrition Institute.
- Casierra-Posada, F. y Vargaz-Pérez, N.J. (2015). Fisiología del crecimiento y la nutrición en cebolla de bulbo (*Allium cepa* L. hib. 'Yellow Granex') en condiciones tropicales. Editorial UPTC. <https://www.google.com.mx/url?sa=t&rctj&q&esrcs&sourceweb&cd&cadria&uact8&ved2ahUKEwi7oFeFJL7AhX0EEQIHbaUCIYQFnoECCAQAQ&url=https%3A%2F%2Frepositorio.uptc.edu.co%2Fbitstream%2F001%2F3886%2F1%2F2843.pdf&usqAOvVaw1AquMRUjbRJf04taIlgwFc>
- Laboratorios AL de México, SA de CV. (2011). Análisis Foliares. <https://fuentesdeinformacioniapb.files.wordpress.com/2013/11/analisis-foliar.pdf>
- Maschner, P. (2012). Marshner's mineral nutrition of higher plants. Third Edition.
- Melgarejo, L.M. (2010). Experimentos en Fisiología Vegetal. Primera Edición. Universidad Nacional de Colombia. Colombia. <https://www.uv.mx/personal/tcarmona/files/2019/02/Melgarejo-2010.pdf>
- Mengel, K. y E.A. Krikby. (2000). Principios de nutrición vegetal. Cuarta Edición. Instituto Internacional de la Potasa. https://aulavirtual.agro.unlp.edu.ar/pluginfile.php/66737/mod_resource/content/2/PRINCIPIOSDE NUTRICIÓN VEGETAL.pdf
- Navarro-Blaya, S. y G. Navarro-García. (2003). Química Agrícola. El suelo y los elementos químicos esenciales para la vida vegetal. Segunda Edición. Ediciones Mundi Prensa.
- Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales. (2002). Norma Oficial Mexicana NOM-021SEMARNAT-2000. Que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos. Estudios, monitoreo y análisis. Diario Oficial de la Federación. <https://biblioteca.semarnat.gob.mx/janium/Documentos/Ciga/libros2009/DO2280n.pdf>

NORMAS TÉCNICAS APLICABLES

Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales. (2002). Norma Oficial Mexicana NOM-021SEMARNAT-2000. Que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de

NOMBRE DE LA PRÁCTICA	Práctica de laboratorio 2: Interacción de nutrientes esenciales
COMPETENCIA DE LA PRÁCTICA	Realizar en equipo la práctica de laboratorio sobre la interacción de nutrientes, con base en la explicación del facilitador y el análisis de los materiales de apoyo del apartado de recursos. Evaluar la respuesta fisiológica de plántulas expuestas a nutrientes en exceso y/o deficiencia provocada por la interacción, registrando la sintomatología que presentan las mismas. Elaborar un reporte de práctica de laboratorio indicando el objetivo de la práctica, material y métodos, resultados, discusión y actividad complementaria.

FUNDAMENTO TEÓRICO
El crecimiento y desarrollo óptimo de las plantas depende de la disponibilidad y el equilibrio adecuado de nutrientes esenciales en el medio de cultivo. Estos nutrientes se clasifican en macronutrientes (como nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio y azufre) y micronutrientes (como hierro, manganeso, zinc, cobre, boro, molibdeno y cloro), todos los cuales cumplen funciones fisiológicas específicas e irremplazables en el metabolismo vegetal. La interacción entre nutrientes ocurre cuando la presencia o concentración de una nutriente afecta la absorción, movilidad o función de otro. Estas interacciones pueden ser sinérgicas (cuando la presencia de un nutriente favorece la absorción o utilización de otro) o antagónicas (cuando un nutriente inhibe la absorción o función de otro). Por ejemplo, un exceso de potasio puede interferir con la absorción de magnesio y calcio, mientras que una deficiencia de fósforo puede limitar la eficiencia del nitrógeno. Las respuestas fisiológicas de las plantas ante desequilibrios nutricionales se manifiestan a través de síntomas visibles como clorosis, necrosis, enanismo, deformaciones foliares o cambios en la pigmentación. Estas respuestas permiten inferir la naturaleza del desbalance nutricional y su posible causa, lo cual es fundamental para el diagnóstico y manejo nutricional en sistemas agrícolas. La presente práctica tiene como propósito observar y analizar los efectos fisiológicos de la interacción entre nutrientes esenciales en plántulas, mediante la exposición a condiciones de exceso o deficiencia inducida. A través del registro sistemático de la sintomatología presentada, se busca desarrollar habilidades de observación, análisis crítico y trabajo colaborativo, fundamentales para la formación en ciencias agronómicas y biológicas.

MATERIALES, EQUIPAMIENTO Y/O REACTIVOS

Equipos

1. Cámara de crecimiento o invernadero con control de temperatura y luz (opcional, según disponibilidad)
2. Balanza analítica (precisión mínima de 0.01 g)
3. Agitador magnético con calentamiento (opcional)
4. pH-metro o tiras indicadoras de pH
5. Probetas graduadas (100 mL, 250 mL)
6. Vasos de precipitados (250 mL, 500 mL)
7. Embudos de plástico
8. Etiquetadora o marcador permanente
9. Regla milimetrada
10. Lupa o microscopio estereoscópico (opcional para observación detallada)

Materiales

1. Plántulas de una especie vegetal de rápido crecimiento (ej. Phaseolus vulgaris, Lactuca sativa, Zea mays)
2. Recipientes plásticos o macetas pequeñas (mínimo 6 por tratamiento)
3. Sustrato inerte (arena lavada, perlita o vermiculita)
4. Etiquetas para identificación de tratamientos
5. Guantes de látex o nitrilo
6. Bitácora o cuaderno de laboratorio

Reactivos

1. Solución nutritiva estándar (por ejemplo, solución de Hoagland modificada)
2. Sales para preparar soluciones con exceso o deficiencia de nutrientes, tales como:
3. Nitrato de potasio (KNO_3)
4. Fosfato monopotásico (KH_2PO_4)
5. Sulfato de magnesio (MgSO_4)
6. Nitrato de calcio ($\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$)
7. Cloruro de amonio (NH_4Cl)
8. Sulfato de hierro (FeSO_4)
9. Micronutrientes en solución (mezcla comercial o individual: ZnSO_4 , CuSO_4 , H_3BO_3 , MnSO_4 , MoO_3)
10. Agua destilada o desionizada

Observaciones adicionales

- ✓ El laboratorio debe contar con ventilación adecuada y acceso a agua corriente para enjuague y limpieza.
- ✓ Se recomienda tener a la mano las Hojas de Datos de Seguridad (HDS) de cada fertilizante analizado.

PROCEDIMIENTO O METODOLOGÍA

1. Preparación del área de trabajo:
 - ✓ Verificar que el área de trabajo esté limpia y ordenada.
 - ✓ Reunir todo el equipo, materiales y reactivos necesarios.
 - ✓ Colocarse el equipo de protección personal (bata, guantes y gafas de seguridad si es necesario).
2. Preparación de soluciones nutritivas:
 - ✓ Preparar una solución nutritiva estándar (por ejemplo, solución de Hoagland) como tratamiento control.
 - ✓ Preparar soluciones modificadas con deficiencia o exceso de nutrientes específicos (por ejemplo: deficiencia de nitrógeno, exceso de potasio, deficiencia de fósforo, etc.).
 - ✓ Ajustar el pH de todas las soluciones a un rango óptimo (5.5–6.5) utilizando ácido o base diluidos si es necesario.
3. Preparación de las plántulas:
 - ✓ Seleccionar plántulas sanas y de tamaño uniforme.
 - ✓ Lavar cuidadosamente las raíces con agua destilada para eliminar residuos del sustrato previo.
 - ✓ Trasplantar las plántulas a recipientes con sustrato inerte previamente humedecido.
4. Aplicación de tratamientos:
 - ✓ Dividir las plántulas en grupos según el número de tratamientos definidos (mínimo tres réplicas por tratamiento).
 - ✓ Aplicar a cada grupo la solución nutritiva correspondiente, asegurando un volumen uniforme por planta.
 - ✓ Etiquetar claramente cada recipiente con el nombre del tratamiento.
5. Condiciones de crecimiento:
 - ✓ Colocar las plántulas en un área con condiciones controladas de luz, temperatura y humedad.
 - ✓ Mantener el riego con las soluciones correspondientes durante un periodo de 7 a 14 días, según el desarrollo de síntomas.
6. Registro de observaciones:
 - ✓ Observar diariamente las plántulas y registrar cualquier cambio morfológico o fisiológico (clorosis, necrosis, enanismo, deformaciones, etc.).
 - ✓ Tomar fotografías periódicas para documentar la evolución de los síntomas.
7. Análisis de resultados:
 - ✓ Comparar los síntomas observados entre tratamientos y con el grupo control.
 - ✓ Relacionar los síntomas con posibles interacciones entre nutrientes.
8. Limpieza y disposición final:
 - ✓ Desechar adecuadamente las soluciones y materiales utilizados conforme a las normas de seguridad del laboratorio.
 - ✓ Limpiar el área de trabajo y devolver el equipo a su lugar correspondiente.

RESULTADOS ESPERADOS

Durante el desarrollo de la práctica, se espera que las plántulas sometidas a diferentes tratamientos nutricionales presenten respuestas fisiológicas diferenciadas, evidenciando síntomas característicos de deficiencia o exceso de nutrientes. Estas respuestas permitirán identificar la influencia de las interacciones entre nutrientes en el desarrollo vegetal.

1. Registro visual de síntomas: Observación y descripción detallada de síntomas visibles en hojas, tallos y raíces (clorosis, necrosis, manchas, deformaciones, enanismo, entre otros).
Registro fotográfico periódico para documentar la evolución de los síntomas.
2. Altura de la plántula: Medición de la altura total desde la base del tallo hasta el ápice, utilizando una regla milimetrada.
Comparación entre tratamientos para evaluar el impacto en el crecimiento vertical.
3. Número de hojas desarrolladas: Conteo del número total de hojas por plántula al final del periodo experimental.
4. Coloración foliar: Evaluación cualitativa del color de las hojas (verde intenso, verde pálido, amarillento, rojizo, etc.) como indicador de estado nutricional.
5. Estado general de la planta: Valoración del vigor, turgencia y presencia de marchitez o caída foliar.
6. Comparación con el tratamiento control: Análisis comparativo entre los tratamientos experimentales y el grupo control para identificar diferencias atribuibles a la interacción de nutrientes.
7. Registro en bitácora: Anotaciones diarias de observaciones relevantes, condiciones ambientales y cualquier eventualidad durante la práctica.

ANÁLISIS DE RESULTADOS

1. ¿Qué diferencias morfológicas se observaron entre las plántulas tratadas con soluciones modificadas y las del grupo control?
Describe los cambios en tamaño, color, forma de hojas y vigor general.
1. ¿Qué síntomas específicos se presentaron en cada tratamiento?
Relacione los síntomas observados (clorosis, necrosis, enanismo, etc.) con posibles deficiencias o excesos de nutrientes.
2. ¿Qué nutrientes parecen haber interactuado negativamente entre sí?
Identifique posibles antagonismos nutricionales a partir de los síntomas y el crecimiento observado.
3. ¿Se observaron efectos sinérgicos en algún tratamiento?
Analice si la presencia de un nutriente favoreció la absorción o el efecto de otro.
4. ¿Qué tratamiento presentó el mayor desarrollo vegetal? ¿Cuál fue el más limitante?

Compare cuantitativamente la altura, número de hojas y estado general de las plántulas.

5. ¿Cómo se relacionan los resultados obtenidos con la teoría revisada sobre la interacción de nutrientes?

Establezca vínculos entre los datos experimentales y los conceptos teóricos abordados en clase o en los materiales de apoyo.

6. ¿Qué factores podrían haber influido en los resultados además de la composición nutricional? Considere variables como la luz, temperatura, humedad, calidad del sustrato o errores en la preparación de soluciones.

7. ¿Qué recomendaciones haría para mejorar el diseño experimental o la interpretación de resultados en futuras prácticas?

Proponga ajustes metodológicos o nuevas variables a considerar.

CONCLUSIONES Y REFLEXIONES

La presente práctica permitió evidenciar la importancia del equilibrio nutricional en el desarrollo vegetal, así como las consecuencias fisiológicas derivadas de la interacción entre nutrientes esenciales. A través de la observación directa de síntomas inducidos por deficiencias o excesos, se fortaleció la comprensión teórica sobre los mecanismos de absorción, movilidad y función de los nutrientes en las plantas.

Los resultados obtenidos confirman que las interacciones entre nutrientes pueden ser tanto sinérgicas como antagónicas, afectando significativamente la eficiencia del aprovechamiento nutricional y, por ende, el rendimiento vegetal. Esta comprensión es fundamental para el diagnóstico nutricional en campo y la formulación de programas de fertilización racionales y sostenibles.

Desde una perspectiva profesional, esta práctica contribuye al desarrollo de competencias clave en el ámbito agrícola, agroindustrial y ambiental, tales como la capacidad de interpretar síntomas nutricionales, diseñar estrategias de manejo nutricional y tomar decisiones fundamentadas en observaciones experimentales. Asimismo, promueve el pensamiento crítico, el trabajo colaborativo y el uso responsable de insumos agrícolas, elementos esenciales para una práctica agronómica ética y eficiente.

ACTIVIDADES COMPLEMENTARIAS

Problemas o ejercicios adicionales

EVALUACIÓN Y EVIDENCIAS DE APRENDIZAJE	
Criterios de evaluación	Rubrica de reporte de practica de laboratorio Rubrica de práctica de laboratorio
Rúbricas o listas de cotejo para valorar desempeño	La evaluación del reporte de práctica de laboratorio se fundamenta en una rúbrica cualitativa que considera criterios de desempeño académico, técnico y comunicativo. Se valorará con especial énfasis la calidad en la redacción y formato del documento, reconociendo informes que demuestren una estructura lógica, ortografía adecuada, uso del lenguaje técnico y cumplimiento con las normas institucionales de presentación. Asimismo, se evaluará la capacidad de análisis e interpretación de resultados, en función del rigor con que se describan las observaciones experimentales, se relacionen con fundamentos teóricos y se extraigan conclusiones pertinentes. Otro criterio clave es la aplicabilidad profesional del contenido, el cual se medirá por la habilidad del estudiante para vincular los hallazgos con situaciones reales del contexto agrícola, proponer usos racionales de los fertilizantes o plantear consideraciones sobre su impacto en el suelo y la producción. Finalmente, las conclusiones técnicas deben reflejar una síntesis reflexiva y coherente de la experiencia, sustentada en la evidencia obtenida y con orientación al trabajo profesional en el campo de las ciencias agropecuarias.
Formatos de reporte de prácticas	Se seguía el propuesto en la rubrica de reporte de practica de laboratorio

FUENTES DE INFORMACIÓN

1. Benton, J. (2012). Plant nutrition and soil fertility manual. Second Edition. CRC Press.
2. Bruulsema, T.W., Fixen, P.E. y Sulewski, G.D. (2012). 4R Plant Nutrition. A Manual for Improving the Management of Plant Nutrition. International Plant Nutrition Institute.
3. Casierra-Posada, F. y Vargaz-Pérez, N.J. (2015). Fisiología del crecimiento y la nutrición en cebolla de bulbo (*Allium cepa* L. hib. 'Yellow Granex') en condiciones tropicales. Editorial UPTC. <https://www.google.com.mx/url?sa=t&rctj&q&esrcs&sourceweb&cd&cadria&uact8&ved2ahUKEwi7ofeFJL7AhX0EEQIHbaUCIYQFnoECCAQAQ&urlhttps%3A%2F%2F repositorio.uptc.edu.co%2Fbitstream%2F001%2F3886%2F1%2F2843.pdf&usqAOvVaw1AquMRUjbRJf04tallqwFc>
5. Laboratorios AL de México, SA de CV. (2011). Análisis Foliare. <https://fuentesdeinformacioniapb.files.wordpress.com/2013/11/analisis-foliar.pdf>
6. Maschner, P. (2012). Marshner's mineral nutrition of higher plants. Third Edition.
7. Melgarejo, L.M. (2010). Experimentos en Fisiología Vegetal. Primera Edición. Universidad Nacional de Colombia. Colombia. <https://www.uv.mx/personal/tcarmona/files/2019/02/Melgarejo-2010.pdf>
8. Mengel, K. y E.A. Krikby. (2000). Principios de nutrición vegetal. Cuarta Edición. Instituto Internacional de la Potasa. https://aulavirtual.agro.unlp.edu.ar/pluginfile.php/66737/mod_resource/content/2/PRINCIPIOSDE NUTRICIÓN VEGETAL.pdf
9. Navarro-Blaya, S. y G. Navarro-García. (2003). Química Agrícola. El suelo y los elementos químicos
10. esenciales para la vida vegetal. Segunda Edición. Ediciones Mundi Prensa.
11. Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales. (2002). Norma Oficial Mexicana NOM-021SEMARNAT-2000. Que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de
12. suelos. Estudios, monitoreo y análisis. Diario Oficial de la Federación. <https://biblioteca.semarnat.gob.mx/janium/Documentos/Ciga/libros2009/DO2280n.pdf>

NOMBRE DE LA PRÁCTICA	Práctica de laboratorio 3: Interpretación de resultados de análisis de suelo y de tejido vegetal
COMPETENCIA DE LA PRÁCTICA	Realizar en equipo una práctica de laboratorio para la interpretación precisa y correcta sobre los resultados de un análisis de fertilidad del suelo y de tejido vegetal, con base en los valores de referencia plasmados en la NOM-021-SEMARNAT2000. Generar un reporte de práctica de laboratorio sobre la interpretación realizada de acuerdo a las especificaciones proporcionadas por el facilitador y revisar los materiales del apartado de recursos para dar soporte teórico al reporte.

FUNDAMENTO TEÓRICO
El análisis de fertilidad del suelo y del tejido vegetal constituye una herramienta fundamental en el diagnóstico nutricional de los cultivos, permitiendo establecer estrategias de manejo agronómico sustentadas en datos científicos. La interpretación adecuada de estos análisis es esencial para optimizar el uso de fertilizantes, mejorar la productividad agrícola y minimizar impactos ambientales negativos. La Norma Oficial Mexicana NOM-021-SEMARNAT-2000 establece las especificaciones de protección ambiental para la caracterización de suelos, así como los métodos para su muestreo y análisis. Esta norma proporciona los valores de referencia necesarios para evaluar la disponibilidad de nutrientes esenciales, tales como nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K), calcio (Ca), magnesio (Mg), entre otros, así como parámetros fisicoquímicos como pH, conductividad eléctrica y materia orgánica. En el caso del análisis de tejido vegetal, se busca determinar el contenido nutrimental presente en las plantas en un momento específico de su desarrollo. Esta información permite identificar deficiencias, excesos o desequilibrios nutricionales que puedan afectar el crecimiento y rendimiento del cultivo. La interpretación de estos resultados debe realizarse en conjunto con los datos del análisis de suelo, considerando factores como el tipo de cultivo, etapa fenológica, condiciones edafoclimáticas y prácticas de manejo. La presente práctica tiene como propósito desarrollar en los estudiantes la capacidad de interpretar de manera precisa y colaborativa los resultados obtenidos en análisis de laboratorio, utilizando como referencia los criterios establecidos en la NOM-021-SEMARNAT-2000. Asimismo, se busca fomentar la elaboración de reportes técnicos que integren los fundamentos teóricos revisados, promoviendo el pensamiento crítico y la toma de decisiones informadas en el ámbito de la nutrición vegetal.

MATERIALES, EQUIPAMIENTO Y/O REACTIVOS

Equipos

1. Balanza analítica (para pesar muestras si se realiza análisis complementario)
2. Agitador magnético o manual (si se preparan soluciones)
3. pH-metro (para interpretación de valores de pH si se realiza medición directa)
4. Conductímetro (para interpretación de conductividad eléctrica)
5. Estufa de secado (si se requiere secar muestras)
6. Cámara de combustión o digestor (para análisis de nitrógeno total, si aplica)
7. Espectrofotómetro (para análisis de nutrientes como fósforo, si se realiza en laboratorio)
8. Computadora o laptop con software de hojas de cálculo (Excel, LibreOffice Calc) para análisis e interpretación de datos

Materiales

1. Muestras de suelo y tejido vegetal (proporcionadas o recolectadas previamente)
2. Frascos o bolsas de muestreo etiquetadas
3. Hojas de resultados de análisis de laboratorio (físico-químicos y nutrimentales)
4. Cuaderno de laboratorio o bitácora
5. Hojas de referencia con rangos críticos de nutrientes (según NOM-021-SEMARNAT-2000)
6. Calculadora científica
7. Papel milimetrado o gráficas de referencia (si se realiza representación visual)

Reactivos

1. Agua destilada o desionizada
2. Solución extractora (por ejemplo, acetato de amonio, Bray I o Mehlich, según el método)
3. Ácido sulfúrico o ácido nítrico (para digestión de muestras vegetales)
4. Indicadores de pH (si no se usa pH-metro)
5. Reactivos colorimétricos para fósforo, nitrógeno, etc.

Observaciones adicionales

- ✓ El laboratorio debe contar con ventilación adecuada y acceso a agua corriente para enjuague y limpieza.

PROCEDIMIENTO O METODOLOGÍA

1. **Revisión de materiales y recursos**
 - ✓ Verificar que se cuenta con los resultados de análisis de suelo y tejido vegetal, ya sea generados previamente en laboratorio o proporcionados por el facilitador.
 - ✓ Consultar los rangos de referencia establecidos en la NOM-021-SEMARNAT-2000 y otras fuentes complementarias proporcionadas en el apartado de recursos.
2. **Organización del equipo de trabajo**
 - ✓ Formar equipos de trabajo colaborativo conforme a las indicaciones del facilitador.
 - ✓ Asignar roles dentro del equipo (coordinador, analista de datos, redactor del reporte, etc.) para optimizar el desarrollo de la práctica.
3. **Análisis de resultados de suelo**
 - ✓ Identificar los parámetros analizados: pH, conductividad eléctrica, materia orgánica, nitrógeno total, fósforo disponible, potasio intercambiable, entre otros.
 - ✓ Comparar los valores obtenidos con los rangos de referencia establecidos en la NOM-021-SEMARNAT-2000.
 - ✓ Determinar el nivel de fertilidad del suelo (bajo, medio, alto) para cada nutriente evaluado.

4. **Análisis de resultados de tejido vegetal**

- ✓ Revisar los niveles de nutrientes esenciales en el tejido vegetal (N, P, K, Ca, Mg, S, micronutrientes).
- ✓ Comparar los valores con rangos críticos establecidos para el cultivo en cuestión y su etapa fenológica.
- ✓ Identificar posibles deficiencias, excesos o desequilibrios nutricionales.

5. **Integración e interpretación conjunta**

- ✓ Relacionar los resultados del análisis de suelo con los del tejido vegetal para obtener un diagnóstico integral del estado nutricional del cultivo.
- ✓ Evaluar posibles causas de deficiencias o toxicidades, considerando factores edafoclimáticos y prácticas de manejo agrícola.

6. **Elaboración del reporte de práctica**

- ✓ Redactar un informe técnico que incluya:
- ✓ Introducción y objetivos de la práctica.
- ✓ Metodología de interpretación.
- ✓ Tablas comparativas con los resultados y rangos de referencia.
- ✓ Análisis e interpretación de los datos.
- ✓ Conclusiones y recomendaciones agronómicas.
- ✓ Incluir referencias bibliográficas utilizadas, especialmente la NOM-021-SEMARNAT-2000.

7. **Entrega y retroalimentación**

- ✓ Entregar el reporte conforme a las especificaciones del facilitador.
- ✓ Participar en la sesión de retroalimentación para discutir hallazgos, resolver dudas y fortalecer el aprendizaje colaborativo.

RESULTADOS ESPERADOS

El resultado esperado de la práctica titulada "Interpretación de resultados de análisis de suelo y de tejido vegetal" consiste en la obtención de un diagnóstico técnico preciso sobre el estado de fertilidad del suelo y el estado nutricional del cultivo, a partir de la interpretación de los datos analíticos disponibles. Para ello, se evaluarán diversos parámetros fisicoquímicos del suelo, tales como pH, conductividad eléctrica, contenido de materia orgánica, nitrógeno total, fósforo disponible, potasio intercambiable, así como la concentración de cationes básicos (calcio, magnesio y sodio). En el caso del tejido vegetal, se analizarán los niveles de nutrientes esenciales, incluyendo macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg, S) y micronutrientes (Fe, Mn, Zn, Cu, B), en función de los rangos críticos establecidos para el cultivo en cuestión. La recolección y análisis de estos datos permitirá identificar deficiencias, excesos o desequilibrios nutricionales, y establecer recomendaciones agronómicas fundamentadas. Asimismo, se espera que los estudiantes integren los resultados en un reporte técnico estructurado, que evidencie su capacidad para interpretar información analítica conforme a la NOM-021-SEMARNAT-2000 y otras fuentes científicas pertinentes, demostrando habilidades de análisis crítico, trabajo colaborativo y comunicación técnica.

ANÁLISIS DE RESULTADOS

Para llevar a cabo una interpretación adecuada de los resultados obtenidos en los análisis de suelo y tejido vegetal, es necesario formular una serie de preguntas orientadoras que permitan evaluar de manera crítica la información disponible. En primer lugar, se debe analizar si los valores de pH del suelo se encuentran dentro del rango óptimo para el cultivo en cuestión, considerando su influencia en la disponibilidad de nutrientes. Asimismo, es pertinente cuestionarse si la conductividad eléctrica indica

un nivel adecuado de sales solubles o si existe riesgo de salinidad. En cuanto a la materia orgánica, se debe determinar si su contenido es suficiente para mantener una buena estructura del suelo y una adecuada actividad biológica.

Respecto a los nutrientes esenciales, se debe evaluar si las concentraciones de nitrógeno, fósforo y potasio se encuentran dentro de los rangos de suficiencia establecidos por la NOM-021-SEMARNAT-2000. ¿Existen deficiencias o excesos que puedan afectar el desarrollo del cultivo? ¿Qué relación existe entre los niveles de nutrientes en el suelo y los encontrados en el tejido vegetal? ¿Se observan síntomas de deficiencia nutricional que coincidan con los resultados analíticos? Además, es importante considerar si los niveles de calcio, magnesio y micronutrientes como hierro, zinc y manganeso son adecuados, y si existe algún desequilibrio que pueda interferir con la absorción de otros elementos.

Finalmente, se debe reflexionar sobre las posibles causas de los resultados observados: ¿Están relacionados con prácticas de manejo agrícola, condiciones climáticas o características intrínsecas del suelo? ¿Qué recomendaciones agronómicas pueden derivarse de esta interpretación para mejorar la fertilidad del suelo y el estado nutricional del cultivo? Estas preguntas permitirán al estudiante desarrollar un análisis integral, crítico y fundamentado, que será plasmado en el reporte técnico correspondiente.

CONCLUSIONES Y REFLEXIONES

La práctica de laboratorio permitirá consolidar conocimientos teóricos fundamentales sobre la nutrición vegetal y la fertilidad del suelo, mediante la aplicación de criterios técnicos establecidos en la NOM-021-SEMARNAT-2000. A través del análisis e interpretación de parámetros fisicoquímicos y nutrimentales, los estudiantes desarrollaron habilidades para diagnosticar el estado nutricional de un cultivo y proponer recomendaciones agronómicas fundamentadas, lo cual es esencial para una agricultura sostenible y eficiente.

Desde una perspectiva profesional, esta práctica representa una experiencia formativa clave, ya que simula procesos reales que se llevan a cabo en el ámbito de la asesoría técnica agrícola, la investigación aplicada y la toma de decisiones en el manejo de suelos y cultivos. La capacidad de interpretar correctamente los resultados de laboratorio no solo permite optimizar el uso de fertilizantes y mejorar el rendimiento de los cultivos, sino que también contribuye a la conservación de los recursos naturales y al cumplimiento de normativas ambientales. En este sentido, la práctica fortalece competencias técnicas y analíticas que son altamente valoradas en el ejercicio profesional del ingeniero agrónomo, del especialista en ciencias ambientales y de otros perfiles vinculados al sector agropecuario.

EVALUACIÓN Y EVIDENCIAS DE APRENDIZAJE

Criterios de evaluación	Rubrica de reporte de practica de laboratorio Rubrica de práctica de laboratorio
Rúbricas o listas de cotejo para valorar desempeño	La evaluación del reporte de práctica de campo se fundamenta en una rúbrica cualitativa que considera criterios de desempeño académico, técnico y comunicativo. Se valorará con especial énfasis la calidad en la redacción y formato del documento, reconociendo informes que demuestren una estructura lógica, ortografía adecuada, uso del lenguaje técnico y cumplimiento con las normas institucionales de presentación. Asimismo, se evaluará la capacidad de análisis e interpretación de

	resultados, en función del rigor con que se describan las observaciones experimentales, se relacionen con fundamentos teóricos y se extraigan conclusiones pertinentes. Otro criterio clave es la aplicabilidad profesional del contenido, el cual se medirá por la habilidad del estudiante para vincular los hallazgos con situaciones reales del contexto agrícola, proponer usos racionales de los fertilizantes o plantear consideraciones sobre su impacto en el suelo y la producción. Finalmente, las conclusiones técnicas deben reflejar una síntesis reflexiva y coherente de la experiencia, sustentada en la evidencia obtenida y con orientación al trabajo profesional en el campo de las ciencias agropecuarias.
Formatos de reporte de prácticas	Se seguía el propuesto en la rúbrica de reporte de practica de laboratorio

FUENTES DE INFORMACIÓN

1. Benton, J. (2012). Plant nutrition and soil fertility manual. Second Edition. CRC Press.
2. Bruulsema, T.W., Fixen, P.E. y Sulewki, G.D. (2012). 4R Plant Nutrition. A Manual for Improving the Management of Plant Nutrition. International Plant Nutrition Institute.
3. Casierra-Posada, F. y Vargaz-Pérez, N.J. (2015). Fisiología del crecimiento y la nutrición en cebolla de bulbo (*Allium cepa* L. hib. 'Yellow Granex') en condiciones tropicales. Editorial UPTC. <https://www.google.com.mx/url?sa=t&rctj&q&esrcs&sourceweb&cd&cadria&uact8&ved2ahUKEwi7ofeFJL7AhX0EEQIHbaUCIYQFnoECCAQAQ&url=https%3A%2F%2F repositorio.uptc.edu.co%2Fbitstream%2F001%2F3886%2F1%2F2843.pdf&usqAOvVaw1AquMRUjbRJf04tallqwFc>
5. Laboratorios AL de México, SA de CV. (2011). Análisis Foliare. <https://fuentesdeinformacioniapb.files.wordpress.com/2013/11/analisis-foliar.pdf>
6. Maschner, P. (2012). Marshner's mineral nutrition of higher plants. Third Edition.
7. Melgarejo, L.M. (2010). Experimentos en Fisiología Vegetal. Primera Edición. Universidad Nacional de Colombia. Colombia. <https://www.uv.mx/personal/tcarmona/files/2019/02/Melgarejo-2010.pdf>
8. Mengel, K. y E.A. Krikby. (2000). Principios de nutrición vegetal. Cuarta Edición. Instituto Internacional de la Potasa. https://aulavirtual.agro.unlp.edu.ar/pluginfile.php/66737/mod_resource/content/2/PRINCIPIOSDE NUTRICIÓN VEGETAL.pdf
9. Navarro-Blaya, S. y G. Navarro-García. (2003). Química Agrícola. El suelo y los elementos químicos
10. esenciales para la vida vegetal. Segunda Edición. Ediciones Mundi Prensa.
11. Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales. (2002). Norma Oficial Mexicana NOM-021SEMARNAT-2000. Que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de
12. suelos. Estudios, monitoreo y análisis. Diario Oficial de la Federación. <https://biblioteca.semarnat.gob.mx/janium/Documentos/Ciga/libros2009/DO2280n.pdf>

NORMAS TÉCNICAS APLICABLES

1. Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales. (2002). Norma Oficial Mexicana NOM-021SEMARNAT-2000. Que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de



ANEXOS

Anexo 1: Tabla 1 de recolección de datos práctica de laboratorio 1: Deficiencia y exceso de nutrientes

[illegible]

Anexo 2: Tabla 2 de recolección de datos práctica de laboratorio 1: Deficiencia y exceso de nutrientes

Nº Planta	Biomasa aérea fresca (g)	Biomasa aérea seca (g)	Biomasa radicular fresca (g)	Biomasa radicular seca (g)	Observaciones

Anexo 3: Tabla de recolección de datos de la práctica de laboratorio 2: Interacción de nutrientes esenciales

[illegible]

Anexo 4: Tabla para recolección de datos de suelo de la practica práctica de laboratorio 3: Interpretación de resultados de análisis de suelo y de tejido vegeta.

Parámetro	Valor Obtenido	Unidad	Rango de Referencia (NOM-021)	Nivel de Fertilidad (Bajo/Medio/Alto)
pH		-	5.5 – 7.5	
Conductividad Eléctrica		dS/m	< 2.0	
Materia Orgánica		%	> 3% (alto)	
Nitrógeno Total		%	0.15 – 0.30	
Fósforo Disponible (P)		mg/kg	15 – 30	
Potasio Intercambiable (K)		cmol(+)/kg	0.3 – 0.6	
Otros (Ca, Mg, Na, etc.)			Según parámetro	

Anexo 4: Tabla para recolección de datos de tejido vegetal de la practica práctica de laboratorio 3: Interpretación de resultados de análisis de suelo y de tejido vegetal.

Nutriente	Valor Obtenido	Unidad	Rango Crítico (según cultivo)	Diagnóstico (Deficiencia/Exceso/Normal)
Nitrógeno (N)		%	2.5 – 4.0	
Fósforo (P)		%	0.2 – 0.5	
Potasio (K)		%	1.5 – 3.0	
Calcio (Ca)		%	0.5 – 2.0	
Magnesio (Mg)		%	0.2 – 0.6	
Azufre (S)		%	0.2 – 0.5	
Micronutrientes (Fe, Zn, Mn, Cu, B)		mg/kg	Según cultivo y etapa	



UES

Universidad Estatal de Sonora
La Fuerza del Saber Estimulará mi Espíritu