



UES

Universidad Estatal de Sonora
La Fuerza del Saber Estimulará mi Espíritu

MANUAL DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO FERTILIDAD Y FERTILIZANTES

Programa Académico
Plan de Estudios
Fecha de elaboración
Versión del Documento

Ingeniería en Horticultura
2021
16/06/2025
01



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	8
RELACIÓN DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO POR ELEMENTO DE COMPETENCIA....	3
PRÁCTICAS.....	3
FUENTES DE INFORMACIÓN	9
NORMAS TÉCNICAS APLICABLES.....	16
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		Fertilidad y Fertilizantes	
Clave	081CP039	Créditos	5
Asignaturas Antecedentes	081CP034	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.	Elaborar los programas de fertilización en cultivos hortofrutícolas, para establecer y mantener los niveles nutricionales que se requieren en un contexto de agricultura sustentable, utilizando los resultados de análisis de fertilidad del suelo y de tejido vegetal bajo la NOM-021-SEMARNAT2000, mediante el análisis de problemas y la toma de decisiones.

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: Caracterización y comportamiento de fertilizantes sintéticos	Integrarse de manera colaborativa en equipos de trabajo para la identificación y análisis de fertilizantes sintéticos comúnmente utilizados en la región, mediante la recolección, comparación y caracterización de muestras. Será competente en la elaboración de reportes técnicos que incluyan la fórmula química, el efecto biológico en la planta, los usos principales y los requisitos de seguridad para el manejo y aplicación de cada producto, demostrando responsabilidad, pensamiento crítico y compromiso con las buenas prácticas de laboratorio y la sostenibilidad agrícola.
Práctica No. 2: comportamiento en el suelo de los fertilizantes sintéticos comunes.	Participar activamente en equipos de trabajo para ejecutar procedimientos de análisis físico-químico en fertilizantes sintéticos, aplicando técnicas de laboratorio para determinar el índice de solubilidad, pH, salinidad y conductividad eléctrica. Asimismo, será competente en la interpretación de resultados mediante la comparación con datos provenientes de fuentes bibliográficas confiables, demostrando habilidades en la resolución de problemas, pensamiento analítico y compromiso con la rigurosidad científica y la seguridad en el laboratorio
Práctica No. 3: Aplicación de fertilizantes hidrosoluble.	Integrarse de manera colaborativa en actividades de campo para aplicar fertilizantes hidrosolubles en cultivos, siguiendo las indicaciones técnicas proporcionadas en el aula. Será competente en la observación, registro y análisis del efecto del fertilizante tanto en el suelo como en la planta, elaborando un reporte técnico que evidencie su capacidad para vincular la teoría con la práctica, interpretar resultados agronómicos y tomar decisiones fundamentadas en el manejo responsable de insumos agrícolas.
Práctica No. 4: Toma de muestra para su análisis.	Participar de manera colaborativa en actividades de campo orientadas al muestreo de suelos, seleccionando y diferenciando al menos dos tipos de suelo: uno con uso agrícola y otro no apto para la agricultura. Será competente en la aplicación de criterios técnicos para la recolección de muestras representativas, demostrando habilidades en la observación del entorno, el análisis comparativo de condiciones edáficas y la elaboración de reportes técnicos que integren fundamentos científicos, responsabilidad ambiental y rigor metodológico

PRÁCTICA	PERFIL DE EGRESO
Práctica No. 5: Recolección de muestras foliares de cultivos hortícolas.	Integrarse de manera efectiva en equipos de trabajo para llevar a cabo la recolección y preservación de muestras foliares provenientes de cultivos hortícolas, aplicando criterios técnicos y metodológicos adecuados para su posterior análisis nutrimental. Asimismo, demostrará competencias en el manejo responsable del material vegetal, el cumplimiento de normas de bioseguridad y la elaboración de reportes técnicos que reflejen su capacidad de observación, organización y aplicación del conocimiento agronómico en contextos reales
Práctica No. 6: Recolección de muestras foliares de cultivos frutícolas.	Participar de manera colaborativa en la ejecución de prácticas de laboratorio orientadas a la recolección y preservación de muestras foliares provenientes de cultivos frutícolas, aplicando criterios técnicos y metodológicos adecuados para garantizar su integridad y representatividad en el análisis nutrimental. Asimismo, demostrará competencias en el manejo responsable del material vegetal, el cumplimiento de normas de bioseguridad, y la elaboración de reportes técnicos que integren conocimientos agronómicos, habilidades de observación y rigurosidad científica
Práctica No. 7: Determinación de nitrógeno, fósforo y potasio disponible en el suelo	Integrarse de manera efectiva en equipos de trabajo para ejecutar procedimientos de laboratorio orientados a la determinación de nitrógeno, fósforo y potasio (NPK) en muestras de suelo, siguiendo las indicaciones técnicas proporcionadas en el aula. Será competente en el manejo de instrumentos y reactivos, en la interpretación de resultados analíticos y en la toma de decisiones fundamentadas para el diagnóstico de la fertilidad del suelo, demostrando pensamiento crítico, responsabilidad científica y compromiso con el manejo sostenible de los recursos edáficos
Práctica No. 8: Determinación de Ca, Mg y S disponible en el suelo	Participar de manera colaborativa en la ejecución de prácticas de laboratorio orientadas a la determinación de calcio (Ca), magnesio (Mg) y azufre (S) en muestras de suelo agrícola, aplicando procedimientos analíticos conforme a las indicaciones técnicas proporcionadas en el aula. Será competente en el manejo de materiales e instrumentos de laboratorio, en la interpretación de resultados y en la elaboración de reportes técnicos que sustenten decisiones agronómicas, demostrando responsabilidad científica, precisión metodológica y compromiso con la gestión sostenible del suelo
Práctica No. 9: Determinación de microelementos Fe, Zn, Mn, Mo, Cl, Cu y Ni disponible en el suelo	Integrarse de manera colaborativa en la ejecución de prácticas de laboratorio orientadas a la determinación de microelementos esenciales (Fe, Zn, Mn, Mo, Cl, Cu y Ni) en muestras de suelo agrícola, aplicando técnicas analíticas conforme a los lineamientos establecidos en el aula. Será competente en el manejo de instrumentos especializados, en la obtención e interpretación de datos cuantitativos, y en el análisis biológico a nivel celular del papel funcional de dichos elementos en los procesos fisiológicos de las plantas.

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 acido 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.

Reglamento general de práctica de campo

- l) Estar puntualmente el día de la práctica.
- m) Llevar consigo el manual de prácticas a realizar.
- n) Guardar sus pertenencias en el lugar designado.
- o) Ingresar el área de la práctica con el material necesario para su realización, no introducir alimentos ni bebidas.
- p) No se permiten anillos, pulseras, reloj ni joyería de ningún tipo.
- q) No se permite el uso de celulares durante el desarrollo de la práctica.
- r) No se permitirá la entrada al área de practica a personal ajenas al mismo.
- s) El alumno no podrá abandonar la práctica, sin previa autorización del maestro.
- t) Colocar la basura en los contenedores asignados, mantener el área limpia.
- u) Respetar la zona de trabajo de otros compañero y profesores.

Reglamento de uniforme

- e) Usar ropa cómoda, pantalón y camiseta de manga larga.
- f) Usar calzado cerrado de piso, de preferencia botas.
- g) Traer el cabello recogido.

Uso adecuado del equipo y materiales

- c) Solicitar un día antes los materiales y herramientas necesarias para realizar la práctica, o en su caso unas horas antes de iniciar la práctica.
- d) 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

- c) Ante de desechar los envases vacíos de cualquier producto (agroquímicos, fertilizantes, plaguicidas, etc.) en el contenedor desinado, aplicar la técnica de triple lavado.

Procedimientos en caso de emergencia

- e) 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.
- f) En caso de daño en alguna de las herramientas de trabajo o infraestructura, informar al profesor y al encargado de vivero.

RELACIÓN DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO POR ELEMENTO DE COMPETENCIA

Elemento de Competencia al que pertenece la práctica	I Conocer las características generales de los fertilizantes sintéticos para entender su comportamiento al aplicarlos al suelo en los cultivos regionales, mediante el análisis, cálculo y entendimiento para su utilización, de manera organizada y responsable para la resolución de problemas de nutrición vegetal.
---	--

PRÁCTICA	NOMBRE	COMPETENCIA
Práctica No. 1	Práctica de laboratorio: Caracterización y comportamiento de fertilizantes sintéticos	Realizar en equipo, la práctica de laboratorio para identificar muestras de los fertilizantes sintéticos más comunes en la región, llevar una muestra al menos y en conjunto con las proporcionadas en el aula, se realizará un reporte de todos los productos analizados e incluir: Fórmula química, efecto biológico en la planta, usos principales y requisitos de seguridad para su manejo y aplicación.
Práctica No. 2	Práctica de laboratorio: Comportamiento en el suelo de los fertilizantes sintéticos comunes.	Realizar en equipo, la práctica de laboratorio indicada en el aula, donde se realicen los siguientes análisis a los fertilizantes sintéticos presentados en la práctica anterior: Índice de solubilidad, pH, salinidad, conductividad eléctrica y comparar con dato provenientes de una investigación bibliográfica, ejerciendo la resolución de problemas en los análisis.
Práctica No. 3	Practica de campo: Aplicación de fertilizantes hidrosoluble	Realizar en equipo, la práctica de campo sobre la aplicación de un fertilizante hidrosoluble a un cultivo, con base en las indicaciones proporcionadas en el aula, complementando su reporte con el efecto del fertilizante sobre el suelo y en la planta.

RELACIÓN DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO POR ELEMENTO DE COMPETENCIA

Elemento de Competencia al que pertenece la práctica	II
	Diseñar planes de fertilización, para aplicarlos efectivamente en el campo agrícola sustentable, a través del análisis sistemático para la toma de decisiones y solución de problemas en la nutrición vegetal.

PRÁCTICA	NOMBRE	COMPETENCIA
Práctica No. 4	Práctica de laboratorio: Toma de muestra para su análisis.	Realizar en equipo, un muestreo de suelo, seleccionando dos tipos de suelo, uno de uso agrícola y otro no apto para la agricultura
Práctica No. 5	Práctica de laboratorio: Recolección de muestras foliares de cultivos hortícolas.	Realizar en equipo, una práctica de laboratorio para recolectar y preservar muestras foliares de cultivos hortícolas, las cuales serán destinadas para su análisis de nutrientes.
Práctica No. 6	Práctica de laboratorio: Recolección de muestras foliares de cultivos frutícolas.	Realizar en equipo, una práctica de laboratorio para recolectar y preservar muestras foliares de cultivos frutícolas, las cuales serán destinadas para su análisis de nutrientes.

RELACIÓN DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO POR ELEMENTO DE COMPETENCIA

Elemento de Competencia al que pertenece la práctica	III Identificar el comportamiento de los nutrientes primarios, secundarios y microelementos, para conocerlos de acuerdo a sus interrelaciones con el medio que afectan su biodisponibilidad tanto en el suelo como en las plantas de importancia agrícola, a través del análisis ambiental y fisiológico para apoyar la adecuada toma de decisiones y resolver problemas actuales de forma innovadora
---	---

PRÁCTICA	NOMBRE	COMPETENCIA
Práctica No. 7	Práctica de laboratorio: Determinación de nitrógeno, fósforo y potasio disponible en el suelo	Realizar en equipo, la práctica de laboratorio sobre la determinación de nitrógeno, fósforo y potasio en una muestra de suelo, con base en las indicaciones proporcionadas en el aula y la toma de decisiones.
Práctica No. 8	Práctica de laboratorio: Determinación de Ca, Mg y S disponible en el suelo	Realizar en equipo, la práctica de laboratorio sobre la determinación de Ca, Mg y S en una muestra de suelo agrícola, con base en las indicaciones proporcionadas en el aula.
Práctica No. 9:	Práctica de laboratorio: Determinación de microelementos Fe, Zn, Mn, Mo, Cl, Cu y Ni disponible en el suelo	Realizar en equipo, la práctica de laboratorio sobre la determinación de los microelementos Fe, Zn, Mn, Mo, Cl, Cu y Ni en una muestra de suelo agrícola, y realizar la interpretación biológica a nivel celular de los datos obtenidos



PRÁCTICAS

NOMBRE DE LA PRÁCTICA	Práctica de laboratorio 1: Caracterización y comportamiento de fertilizantes sintéticos
COMPETENCIA DE LA PRÁCTICA	Identificación de fertilizantes sintéticos comunes: Identificar, mediante observación y análisis, las características físicas y químicas de los fertilizantes sintéticos más utilizados en la región. Trabajo colaborativo en laboratorio: Colaborar de manera efectiva en equipo para realizar procedimientos de laboratorio, siguiendo protocolos de seguridad y buenas prácticas científicas. Análisis de información técnica: Analizar e interpretar la información técnica de los fertilizantes (fórmula química, efecto biológico, usos y requisitos de seguridad) a partir de fuentes confiables y observaciones experimentales. Elaboración de reportes científicos: Elaborar un reporte técnico en equipo que incluya los resultados del análisis de las muestras, integrando la información de manera clara, estructurada y con lenguaje científico adecuado.

FUNDAMENTO TEÓRICO
La presente práctica se fundamenta en los siguientes principios teóricos, los cuales proporcionan el marco conceptual necesario para la correcta identificación, análisis y manejo de fertilizantes sintéticos en el contexto agrícola regional: Naturaleza química de los fertilizantes sintéticos: Los fertilizantes sintéticos son productos de origen industrial formulados para aportar nutrientes esenciales al suelo y a las plantas. Su composición química está diseñada para suplir deficiencias específicas de macronutrientes, principalmente nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K), en formas químicamente disponibles para la absorción vegetal. Formulación y nomenclatura química: Cada fertilizante posee una fórmula química que permite su identificación y clasificación. Esta fórmula refleja los elementos presentes y su proporción, lo cual es fundamental para determinar su función agronómica. Ejemplos comunes incluyen el nitrato de amonio (NH_4NO_3), el fosfato monoamónico ($\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$) y el cloruro de potasio (KCl). Efecto fisiológico de los nutrientes en las plantas: Los nutrientes aportados por los fertilizantes cumplen funciones específicas en el desarrollo vegetal. El nitrógeno promueve el crecimiento foliar y la síntesis de proteínas. Mientras que el fósforo interviene en la formación de raíces, floración y transferencia de energía y por su parte el potasio regula procesos osmóticos, mejora la resistencia a enfermedades y favorece la calidad del fruto. Solubilidad y disponibilidad de nutrientes: La eficacia de un fertilizante depende de su solubilidad en agua y de la disponibilidad de los nutrientes para la planta. Estos factores están influenciados por las condiciones del suelo, como el pH, la textura y la capacidad de intercambio catiónico. La correcta selección del fertilizante debe considerar estos aspectos para maximizar su eficiencia. Normas de seguridad e higiene en el manejo de fertilizantes: El uso de fertilizantes sintéticos implica riesgos potenciales para la salud humana y el medio ambiente. Por ello, es indispensable aplicar las normas de seguridad establecidas, incluyendo el uso de equipo de protección personal (EPP), el conocimiento de las hojas de datos de seguridad (HDS) y el cumplimiento de las recomendaciones de almacenamiento, transporte y aplicación.

MATERIALES, EQUIPAMIENTO Y/O REACTIVOS

Equipos y materiales

Cantidad	Material / Equipo	Descripción / Uso
1 por equipo	Balanza granataria (0.01 g)	Para pesar con precisión las muestras de fertilizantes.
1 por equipo	Vaso de precipitados (250 mL)	Para disolver y observar las muestras.
1 por equipo	Probeta graduada (100 mL)	Para medir volúmenes de agua o soluciones.
1 por equipo	Embudo de vidrio o plástico	Para facilitar el traspaso de sustancias.
1 por equipo	Agitador de vidrio	Para mezclar soluciones.
1 por equipo	Papel indicador de pH o pH-metro	Para medir el pH de las soluciones de fertilizantes.
1 por equipo	Frascos de muestra (50–100 mL)	Para contener las muestras traídas por los estudiantes.
1 por equipo	Etiquetas adhesivas	Para identificar las muestras.
1 por equipo	Guantes de nitrilo	Para protección durante el manejo de sustancias químicas.
1 por estudiante	Bata de laboratorio	Para protección personal.
1 por equipo	Gafas de seguridad	Para protección ocular.

Reactivos y sustancias

Cantidad aproximada	Reactivo / Sustancia	Uso
10 g por muestra	Fertilizantes sintéticos comunes	Muestras como: urea, nitrato de amonio, superfosfato triple, cloruro de potasio, etc.
500 mL	Agua destilada	Para preparar soluciones y disolver fertilizantes.
100 mL	Ácido clorhídrico diluido (HCl 0.1M)	Para pruebas de solubilidad o reacciones específicas (bajo supervisión).
100 mL	Hidróxido de sodio (NaOH 0.1M)	Para neutralización o pruebas de comportamiento químico.

Observaciones adicionales

- ✓ Los estudiantes deberán traer una muestra de fertilizante sintético de uso común en su localidad, debidamente etiquetada.
- ✓ 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

Preparación de muestras

1. Etiqueta los frascos de muestra con el nombre del fertilizante y la fecha.
2. Pesa aproximadamente 10 g de cada fertilizante con la balanza granataria.

Disolución y prueba de solubilidad

1. En un vaso de precipitados, agrega 50 mL de agua destilada.
2. Añade la muestra de fertilizante y agita con el agitador de vidrio.
3. Observa si el fertilizante se disuelve completamente y registra los resultados.

Medición de pH

1. Usa papel indicador de pH o un pH-metro para medir el pH de la solución de cada fertilizante.
2. Registra los valores y compara con las características esperadas de cada compuesto.

Pruebas de reactividad química

1. En otro vaso de precipitados, prepara soluciones con **ácido clorhídrico (HCl 0.1M)** y **hidróxido de sodio (NaOH 0.1M)**.
2. Agrega pequeñas cantidades de fertilizante a cada solución y observa reacciones (como efervescencia, cambio de color, formación de precipitados).

Análisis de resultados

1. Compara la solubilidad, el pH y la reactividad química de cada fertilizante.
2. Discute los efectos de estos parámetros en la absorción de nutrientes por las plantas.

Precauciones de seguridad

- ✓ Usa guantes de nitrilo, bata de laboratorio y gafas de seguridad al manipular sustancias químicas.
- ✓ Maneja los reactivos con precaución y bajo supervisión, evitando contacto directo con la piel.
- ✓ Desecha los residuos siguiendo las normas de manejo de desechos químicos del laboratorio.

RESULTADOS ESPERADOS

1. Solubilidad de los fertilizantes

Cada fertilizante tendrá diferentes niveles de solubilidad en agua. Por ejemplo:

- ✓ Urea y nitrato de amonio son altamente solubles.
- ✓ Superfosfato triple puede presentar una disolución parcial.
- ✓ Cloruro de potasio tiene buena solubilidad, pero puede dejar residuos.

2. pH de las soluciones

Dependiendo del fertilizante, el pH de las soluciones variará:

1. Fertilizantes nitrogenados como urea pueden generar soluciones neutras o ligeramente alcalinas.
2. Nitrato de amonio tiende a ser más ácido.
3. Fosfatos pueden tener un pH más neutro.

3. Reacciones químicas

- ✓ Al agregar ácido clorhídrico (HCl), algunos fertilizantes podrían reaccionar liberando gases o formando precipitados.
- ✓ Al añadir hidróxido de sodio (NaOH), es posible observar cambios de color o precipitados en algunos fertilizantes con compuestos metálicos.

4. Implicaciones en la agricultura

Los resultados obtenidos ayudan a comprender:

- ✓ Cómo los fertilizantes se disuelven en el suelo y su disponibilidad para las plantas.
- ✓ El impacto del pH en la absorción de nutrientes, ya que suelos muy ácidos o alcalinos afectan la efectividad de los fertilizantes.
- La compatibilidad química entre fertilizantes, permitiendo elegir la mejor combinación para su aplicación en el campo.

ANÁLISIS DE RESULTADOS

1. Solubilidad

- ✓ ¿Qué fertilizantes fueron completamente solubles en agua?
- ✓ ¿Hubo algún fertilizante que dejó residuos visibles? ¿A qué podría deberse esto?
- ✓ ¿Cómo influye la solubilidad en la absorción de nutrientes por las plantas?

2. pH de las soluciones

- ✓ ¿Cuáles fueron los valores de pH obtenidos para cada fertilizante?
- ✓ ¿Qué relación hay entre el pH del fertilizante y su efecto en el suelo?
- ✓ ¿Podría el pH de ciertos fertilizantes afectar la disponibilidad de otros nutrientes en el suelo?

3. Reacciones químicas

- ✓ ¿Hubo algún cambio de color o formación de precipitados al añadir HCl o NaOH?
- ✓ ¿Cómo pueden estas reacciones indicar la composición química del fertilizante?
- ✓ ¿Qué implicaciones tienen estas interacciones para la mezcla de fertilizantes en el campo?

4. Impacto en la agricultura

- ✓ Basado en los resultados, ¿qué fertilizante podría ser más eficiente en su absorción por las plantas?
- ✓ ¿Cómo podrían afectar estos fertilizantes la calidad del suelo a largo plazo?
- ✓ ¿Qué precauciones deberían tomarse al aplicar fertilizantes con características extremas de solubilidad o pH?

CONCLUSIONES Y REFLEXIONES

Conclusiones

1. Los fertilizantes sintéticos presentan características fisicoquímicas diferenciadas, lo cual permite clasificarlos según su solubilidad, comportamiento ácido-base y reactividad con otras sustancias. Este conocimiento es fundamental para su selección y aplicación eficaz en campo.
2. La medición del pH de las soluciones fertilizantes mostró que ciertos compuestos pueden acidificar o alcalinizar el medio, lo que repercute directamente en la disponibilidad de nutrientes para las plantas. Por tanto, es esencial considerar el pH del suelo antes de su aplicación.
3. Las pruebas de solubilidad evidenciaron la capacidad de cada fertilizante para disolverse en agua, lo cual influye en la velocidad de absorción por parte de los cultivos. Fertilizantes con alta solubilidad permiten una respuesta rápida de la planta, pero también mayor riesgo de lixiviación.
4. La reactividad química observada frente a soluciones ácidas o básicas aporta indicios sobre la

estabilidad de cada fertilizante y su posible interacción con otros insumos agrícolas, lo que es clave para diseñar mezclas compatibles.

Reflexiones profesionales

1. En el ejercicio profesional del ingeniero agrónomo, comprender la naturaleza química de los fertilizantes permite tomar decisiones técnicas basadas en evidencia, optimizando los recursos y cuidando la salud del suelo y del ambiente
2. Esta práctica fortalece la capacidad de diagnóstico y evaluación del estudiante, fomentando una visión crítica sobre el uso racional de insumos agroquímicos, alineada con prácticas sustentables y de manejo integrado.
3. Además, promueve la importancia de la seguridad y responsabilidad en el manejo de sustancias químicas, habilidades clave en contextos productivos y de investigación.

ACTIVIDADES COMPLEMENTARIAS

Problemas o ejercicios adicionales

EVALUACIÓN Y EVIDENCIAS DE APRENDIZAJE

Criterios de evaluación	Rubrica de reporte de practica 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

- Andrades, M. y Martínez M. (2014). Fertilidad del suelo y parámetros de la definen. Material didáctico Agricultura y Alimentación. 3ra. Edición. Universidad de la Rioja.
<https://dialnet.unirioja.es/descarga/libro/267902.pdf>
- Kafkafi y J. Tarchitzky (2012). Fertirrigación una herramienta para una eficiente fertilización y manejo del agua. Asociación Internacional de la Industria de Fertilizantes (IFA). Instituto Internacional de la Potasa (IIP). París, Francia y Horgen, Suiza.
https://www.fertilizer.org/images/Library_Downloads/2012_ifa_fertigation_spanish.pdf
- Marshner, P. (2012). Marschner's mineral nutrition of higher plants. Third Edition. Elsevier Ltd.
https://home.czu.cz/storage/737/65060_Mineral-Nutrition-of-higher-plants-Marschner-2012.pdf
- Maya, M. (2011). Operaciones culturales, riego y fertilización: Horticultura y Floricultura. Editorial IC editorial. <https://elibro.net/es/lc/ues/titulos/44527>
- Mazuela-Aguila, P. y F. de la Riva-Morales. (2013). Manual de Fertirriego. Colección de frutas y hortalizas. Ediciones Universidad de Tarapacá.

NOMBRE DE LA PRÁCTICA	Práctica de laboratorio 2: Comportamiento en el suelo de los fertilizantes sintéticos comunes
COMPETENCIA DE LA PRÁCTICA	Realizar en equipo, la práctica de laboratorio indicada en el aula, donde se realicen los siguientes análisis a los fertilizantes sintéticos presentados en la práctica anterior: Índice de solubilidad, pH, salinidad, conductividad eléctrica y comparar con dato provenientes de una investigación bibliográfica, ejerciendo la resolución de problemas en los análisis.

FUNDAMENTO TEÓRICO
Los fertilizantes sintéticos constituyen una herramienta fundamental en la agricultura moderna, al proveer nutrientes esenciales para el desarrollo óptimo de los cultivos. Su aplicación permite suplir deficiencias del suelo en elementos como nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K), contribuyendo significativamente al incremento de los rendimientos agrícolas. No obstante, su comportamiento en el suelo está determinado por una serie de propiedades físico-químicas que inciden directamente en su eficiencia agronómica y en su impacto ambiental. Entre los parámetros más relevantes para caracterizar los fertilizantes se encuentran el índice de solubilidad, el pH de la solución, la salinidad y la conductividad eléctrica (CE). Estos factores permiten predecir la disponibilidad de nutrientes para las plantas, así como los posibles efectos sobre la estructura y microbiota del suelo. Por ejemplo, fertilizantes altamente solubles pueden generar incrementos abruptos en la CE, lo cual afecta la absorción de agua por parte de las raíces y puede inducir estrés osmótico en las plantas. Asimismo, el pH de la solución fertilizante influye en la movilidad y biodisponibilidad de los nutrientes. Fertilizantes ácidos, como el sulfato de amonio, tienden a acidificar el suelo con aplicaciones continuas, lo que puede alterar la actividad microbiana y la disponibilidad de elementos como el fósforo. Por otro lado, fertilizantes con efecto alcalinizante pueden inducir la precipitación de micronutrientes esenciales, reduciendo su absorción. La evaluación experimental de estos parámetros, complementada con una revisión bibliográfica rigurosa, permite a los estudiantes desarrollar habilidades en la resolución de problemas, el trabajo colaborativo y la interpretación crítica de datos. Además, fomenta una comprensión integral del impacto de las prácticas de fertilización sobre la salud del suelo y la sostenibilidad agroambiental.

MATERIALES, EQUIPAMIENTO Y/O REACTIVOS

Equipos

1. Balanza analítica (precisión de 0.001 g)
2. Potenciómetro (para medición de pH)
3. Conductímetro (para CE y salinidad)
4. Agitador magnético con calefacción (opcional, para facilitar la disolución)
5. Termómetro digital (para controlar temperatura de las soluciones)
6. Cronómetro (para tiempos de disolución)
7. Cámara digital o celular (para registro visual de resultados).

Materiales

1. Vasos de precipitados (100 y 250 mL)
2. Matraces Erlenmeyer (250 mL)
3. Probetas graduadas (100 mL)
4. Matraz volumétrico (100 mL)
5. Tubos de ensayo y gradilla
6. Pipetas graduadas y automáticas (con puntas)
7. Embudos y papel filtro (para separar residuos no disueltos)
8. Espátulas y cucharillas
9. Etiquetas adhesivas y marcadores
10. Guantes, gafas de seguridad y bata de laboratorio

Reactivos

1. Fertilizantes sintéticos:
2. Urea ($\text{CO}(\text{NH}_2)_2$)
3. Nitrato de amonio (NH_4NO_3)
4. Fosfato monoamónico (MAP)
5. Fosfato diamónico (DAP)
6. Cloruro de potasio (KCl)
7. Agua destilada (para preparar soluciones al 1%)
8. Soluciones patrón de pH (4.00, 7.00 y 10.00) para calibración del potenciómetro
9. Solución patrón de conductividad (por ejemplo, 1413 $\mu\text{S}/\text{cm}$) para calibración del conductímetro

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 de soluciones

- 1.1. Pesar 1.00 g de cada fertilizante (urea, nitrato de amonio, MAP, DAP, KCl) con la balanza analítica.
- 1.2. Disolver cada muestra en 100 mL de agua destilada en vasos de precipitados rotulados.
- 1.3. Agitar con varilla o agitador magnético hasta lograr disolución completa o identificar residuos no solubles.

2. Medición del índice de solubilidad

- 2.1. Filtrar la solución si hay residuos sólidos.
- 2.2. Registrar la masa disuelta y calcular el índice de solubilidad (g/L).
- 2.3. Comparar con valores bibliográficos.

3. Determinación de pH

- 3.1. Calibrar el potenciómetro con soluciones patrón (pH 4, 7 y 10).
- 3.2. Medir el pH de cada solución fertilizante.
- 3.3. Registrar y comparar con datos de referencia.

4. Medición de conductividad eléctrica (CE) y salinidad

- 4.1. Calibrar el conductímetro con solución estándar (ej. 1413 $\mu\text{S}/\text{cm}$).
- 4.2. Medir la CE de cada solución.
- 4.3. Registrar la salinidad si el equipo lo permite o calcularla a partir de la CE.
- 4.4. Comparar con valores bibliográficos.

5. Análisis comparativo y discusión

- 5.1. Elaborar una tabla con los resultados experimentales y los datos bibliográficos.
- 5.2. Identificar discrepancias y discutir posibles causas (pureza, temperatura, calidad del agua, etc.).
- 5.3. Formular conclusiones sobre el comportamiento de cada fertilizante en el suelo.

RESULTADOS ESPERADOS

1. Índice de solubilidad

Urea y nitrato de amonio: solubilidad muy alta (>1000 g/L), se disuelven completamente.
Cloruro de potasio (KCl): alta solubilidad (~ 340 g/L).
MAP y DAP: solubilidad intermedia (200–400 g/L), con posibles residuos sólidos.
Esto permite inferir la velocidad de liberación de nutrientes y su potencial de lixiviación.

2. pH de la solución

Urea y nitrato de amonio: soluciones ligeramente ácidas (pH 5.5–6.5).
MAP: pH ácido (4.5–5.5).
DAP: pH alcalino (7.5–8.0).
KCl: pH cercano a neutro (6.5–7.0).
Estos valores ayudan a predecir el efecto acidificante o alcalinizante en el suelo.

3. Conductividad eléctrica (CE) y salinidad

Nitrato de amonio y KCl: CE alta (>1500 $\mu\text{S}/\text{cm}$), indicando mayor carga salina.
Urea: CE moderada.

MAP y DAP: CE intermedia.

Se podrá discutir el riesgo de salinización del suelo y su impacto en cultivos sensibles.

4. Comparación con bibliografía

Se espera que los resultados estén dentro de un rango de $\pm 10\%$ respecto a fuentes técnicas confiables, como FAO o Fertilab.

ANÁLISIS DE RESULTADOS

1. Solubilidad

- ✓ ¿Qué fertilizante presentó el mayor índice de solubilidad? ¿A qué se puede deber?
- ✓ ¿Hubo residuos sólidos tras la disolución? ¿Qué implicaciones tiene esto en campo?
- ✓ ¿Cómo influye la solubilidad en la disponibilidad de nutrientes y el riesgo de lixiviación?

2. pH

- ✓ ¿Qué fertilizante modificó más el pH de la solución? ¿Fue hacia la acidez o alcalinidad?
- ✓ ¿Qué consecuencias tendría este comportamiento en suelos ácidos o alcalinos?
- ✓ ¿Qué cultivos podrían verse afectados por estos cambios de pH?

3. Conductividad eléctrica (CE) y salinidad

- ✓ ¿Qué fertilizante generó la mayor CE? ¿Supera los umbrales críticos para cultivos sensibles?
- ✓ ¿Existe relación entre la CE y la solubilidad observada?
- ✓ ¿Qué riesgos agronómicos implica una alta salinidad en el suelo?

4. Comparación con bibliografía

- ✓ ¿Qué diferencias se observaron entre los datos experimentales y los bibliográficos?
- ✓ ¿Qué factores podrían explicar esas discrepancias (pureza, temperatura, agua, etc.)?
- ✓ ¿Qué tan confiables son los datos obtenidos en laboratorio frente a los de referencia?

5. Análisis integrador

- ✓ ¿Qué fertilizante consideras más adecuado para suelos con problemas de salinidad?
- ✓ ¿Cuál sería la mejor opción para cultivos sensibles al pH?
- ✓ ¿Qué recomendaciones harías para el manejo responsable de estos fertilizantes?

CONCLUSIONES Y REFLEXIONES

Conclusiones

1. La caracterización físico-química de fertilizantes sintéticos mediante parámetros como solubilidad, pH, conductividad eléctrica y salinidad permitió evidenciar diferencias significativas en su comportamiento en solución, lo cual guarda estrecha relación con su eficiencia agronómica y su impacto potencial sobre las propiedades del suelo.
2. Los resultados obtenidos confirman lo establecido en la literatura técnica respecto a la alta solubilidad de compuestos como la urea y el nitrato de amonio, así como el efecto acidificante o alcalinizante de fertilizantes fosfatados, lo que valida la importancia de considerar estas variables en el diseño de programas de fertilización diferenciada.
3. La práctica permitió aplicar conceptos teóricos de química agrícola y edafología en un contexto experimental, fortaleciendo la comprensión de los mecanismos de disponibilidad de nutrientes, movilidad iónica y sus implicaciones en la dinámica del suelo.
4. La comparación con datos bibliográficos fomentó el análisis crítico de la información, promoviendo la capacidad de contrastar resultados experimentales con fuentes técnicas confiables, habilidad esencial en el ejercicio profesional del ingeniero agrónomo.

Reflexiones profesionales

1. La experiencia de laboratorio brindó un espacio formativo para el desarrollo de competencias técnicas y analíticas, fundamentales para la toma de decisiones en el manejo racional de fertilizantes en sistemas agrícolas diversos.
2. Se evidenció la necesidad de integrar el conocimiento científico con la realidad productiva, reconociendo que la selección y dosificación de fertilizantes debe considerar no solo su composición química, sino también las condiciones edafoclimáticas y las exigencias fisiológicas del cultivo.

3. En el ámbito profesional, la capacidad de interpretar parámetros como la CE o el pH de una solución fertilizante permite anticipar riesgos de salinización, acidificación o antagonismos nutricionales, contribuyendo a una agricultura más eficiente y sostenible.
4. Finalmente, esta práctica refuerza el compromiso ético del futuro profesional con la sostenibilidad agroambiental, al comprender que el uso responsable de insumos químicos es clave para preservar la fertilidad del suelo y la calidad de los recursos hídricos.

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

- Andrades, M. y Martínez M. (2014). Fertilidad del suelo y parámetros de la definen. Material didáctico Agricultura y Alimentación. 3ra. Edición. Universidad de la Rioja. <https://dialnet.unirioja.es/descarga/libro/267902.pdf>
- Kafkafi y J. Tarchitzky (2012). Fertirrigación una herramienta para una eficiente fertilización y manejo del agua. Asociación Internacional de la Industria de Fertilizantes (IFA). Instituto Internacional de la Potasa (IIP). París, Francia y Horgen, Suiza. https://www.fertilizer.org/images/Library_Downloads/2012_ifa_fertigation_spanish.pdf
- Marshner, P. (2012). Marschner's mineral nutrition of higher plants. Third Edition. Elsevier Ltd. https://home.czu.cz/storage/737/65060_Mineral-Nutrition-of-higher-plants-Marschner-2012.pdf
- Maya, M. (2011). Operaciones culturales, riego y fertilización: Horticultura y Floricultura. Editorial IC editorial. <https://elibro.net/es/lc/ues/titulos/44527>
- Mazuela-Aguila, P. y F. de la Riva-Morales. (2013). Manual de Fertirriego. Colección de frutas y hortalizas. Ediciones Universidad de Tarapacá.

NORMAS TÉCNICAS APLICABLES

NORMA Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000

NOMBRE DE LA PRÁCTICA	Practica de campo 3: Aplicación de fertilizantes hidrosoluble
COMPETENCIA DE LA PRÁCTICA	Realizar en equipo, la práctica de campo sobre la aplicación de un fertilizante hidrosoluble a un cultivo, con base en las indicaciones proporcionadas en el aula, complementando su reporte con el efecto del fertilizante sobre el suelo y en la planta.

FUNDAMENTO TEÓRICO
La aplicación de fertilizantes hidrosolubles constituye una estrategia agronómica de alta eficiencia para el suministro de nutrientes esenciales a los cultivos, especialmente en sistemas de producción intensiva. Estos fertilizantes, al disolverse completamente en agua, permiten una distribución homogénea de los elementos nutritivos a través del sistema de riego o mediante aplicaciones dirigidas, favoreciendo su absorción inmediata por parte de las raíces o tejidos foliares. Desde el punto de vista técnico, los fertilizantes hidrosolubles ofrecen ventajas significativas frente a otras formas de fertilización, tales como la posibilidad de ajustar la concentración y composición de nutrientes según el estado fenológico del cultivo, la reducción de pérdidas por volatilización o lixiviación, y la mejora en la eficiencia de uso de nutrientes (EUN). Su aplicación controlada permite una nutrición más precisa, lo que se traduce en un crecimiento vegetal más uniforme, mayor rendimiento y mejor calidad de cosecha. En el contexto del manejo sostenible del suelo, la aplicación racional de fertilizantes hidrosolubles contribuye a mantener el equilibrio nutricional del perfil edáfico, minimizando el riesgo de acumulación de sales o alteraciones del pH. No obstante, su uso debe estar respaldado por un diagnóstico previo de las condiciones del suelo y del cultivo, así como por un monitoreo constante de parámetros como la conductividad eléctrica, la humedad del suelo y la respuesta fisiológica de la planta. La presente práctica de campo tiene como propósito integrar los conocimientos teóricos adquiridos en el aula con la experiencia directa en el manejo de fertilizantes hidrosolubles, promoviendo el trabajo colaborativo, la toma de decisiones técnicas fundamentadas y la capacidad de evaluar el impacto de la fertilización sobre el desarrollo del cultivo y las condiciones del suelo. Esta actividad fortalece competencias clave para el ejercicio profesional en el ámbito agrícola, tales como la planificación de programas de fertilización, la interpretación de respuestas agronómicas y la implementación de prácticas sostenibles de manejo nutricional.

MATERIALES, EQUIPAMIENTO Y/O REACTIVOS

Equipos

1. Sistema de riego presurizado (goteo o microaspersión), con inyector venturi o tanque de fertilización
2. Bomba de mochila o aspersora manual (en caso de aplicación foliar)
3. Conductímetro portátil (para monitorear CE del agua de riego)
4. Medidor de pH portátil (opcional, para verificar compatibilidad)
5. Balanza digital (precisión mínima de 0.1 g)
6. Cronómetro o reloj (para controlar tiempos de aplicación)
7. Cinta métrica o jalón (para delimitar parcelas o áreas de aplicación)
8. Cámara o celular (para registro fotográfico del proceso y resultados)

Materiales

1. Cubetas plásticas (10–20 L)
2. Jarras medidoras (1–2 L)
3. Agitadores manuales o varillas de plástico
4. Etiquetas y marcadores permanentes
5. Guantes de nitrilo, gafas de seguridad y bata o chaleco de campo
6. Cuaderno de campo o bitácora de observación

Reactivos

1. Fertilizante hidrosoluble (según cultivo y etapa fenológica), por ejemplo:
2. NPK 20-20-20 + micronutrientes
3. Nitrato de calcio
4. Sulfato de magnesio
5. Quelatos de hierro, zinc o manganeso
6. Agua de riego (preferentemente con análisis previo de calidad)
7. Cultivo establecido (hortaliza, frutal o forrajera, según disponibilidad)

Observaciones adicionales

- ✓ Se recomienda tener a la mano las Hojas de Datos de Seguridad (HDS) de cada fertilizante analizado.

PROCEDIMIENTO O METODOLOGÍA

1. Planeación y organización

- ✓ Revisar en aula las instrucciones técnicas sobre el fertilizante hidrosoluble a utilizar (composición, dosis, compatibilidad y forma de aplicación).
- ✓ Formar equipos de trabajo y asignar roles: responsable de preparación, aplicación, registro de datos y monitoreo de planta y suelo.
- ✓ Verificar el estado del sistema de riego o equipo de aplicación (aspersora, venturi, tanque de fertilización).

2. Preparación de la solución fertilizante

- ✓ Calcular la dosis requerida según el área de aplicación y la concentración recomendada.
- ✓ Disolver el fertilizante en agua limpia en un recipiente adecuado, agitando hasta lograr una solución homogénea.
- ✓ Medir y registrar la conductividad eléctrica (CE) y el pH de la solución preparada.

3. Aplicación en campo

- ✓ Aplicar la solución fertilizante mediante el sistema de riego o aspersión, asegurando una distribución uniforme.
- ✓ Registrar hora, volumen aplicado, condiciones climáticas y observaciones relevantes.
- ✓ Evitar escurrimientos o excesos que puedan generar pérdidas o impactos negativos.

4. Monitoreo y observación

- ✓ Evaluar visualmente el estado del cultivo antes y después de la aplicación (coloración, vigor, síntomas de deficiencia o toxicidad).
- ✓ Tomar muestras de suelo o solución del bulbo húmedo si se cuenta con instrumentos para CE o pH.
- ✓ Registrar cualquier cambio observado en la planta o en el entorno inmediato.

5. Análisis y reporte

- ✓ Comparar los resultados observados con los objetivos esperados según el tipo de fertilizante y etapa fenológica del cultivo.
- ✓ Integrar los datos en un reporte técnico que incluya: descripción del procedimiento, parámetros medidos, análisis de resultados y reflexiones sobre el impacto agronómico y ambiental.

RESULTADOS ESPERADOS

1. Aplique correctamente un fertilizante hidrosoluble al cultivo asignado, siguiendo las indicaciones técnicas proporcionadas en el aula y considerando las condiciones edafoclimáticas del sitio.
2. Prepare soluciones nutritivas con base en las dosis recomendadas, verificando su disolución completa y la compatibilidad con el sistema de aplicación utilizado.
3. Registre y analice parámetros físico-químicos básicos (pH y conductividad eléctrica) de la solución fertilizante y del agua de riego, identificando su influencia en la absorción de nutrientes.
4. Evalúe visualmente el efecto del fertilizante sobre el cultivo, considerando aspectos como coloración foliar, vigor, uniformidad de crecimiento y presencia de síntomas de deficiencia o toxicidad.
5. Integre los datos recolectados en un reporte técnico que relacione la teoría con la respuesta agronómica observada, reflexionando sobre la eficiencia de la aplicación y su impacto potencial en el suelo.

ANÁLISIS DE RESULTADOS

1.Preparación y aplicación del fertilizante

- ✓ ¿La solución fertilizante fue preparada con la concentración adecuada según las indicaciones técnicas?
- ✓ ¿Se observó una disolución completa del fertilizante? ¿Hubo presencia de residuos o precipitados?
- ✓ ¿La aplicación fue uniforme en toda el área asignada? ¿Se respetaron los volúmenes y tiempos establecidos?

2.Parámetros físico-químicos

- ✓ ¿Cuál fue el valor de pH y conductividad eléctrica (CE) de la solución aplicada? ¿Se encuentran dentro de los rangos recomendados para el cultivo?
- ✓ ¿Qué relación se puede establecer entre la CE de la solución y el riesgo potencial de salinización del suelo?
- ✓ ¿Se detectaron variaciones en el pH o CE del bulbo húmedo posterior a la aplicación?

3.Condiciones de campo

- ✓ ¿Qué condiciones climáticas se presentaron durante la aplicación (temperatura, humedad, nubosidad)? ¿Pudieron haber influido en la eficiencia del tratamiento?
- ✓ ¿Se observaron escurrimientos, compactación o impactos negativos en el entorno inmediato?

4.Respuesta del cultivo

- ✓ ¿Qué cambios se observaron en el cultivo tras la aplicación (coloración foliar, vigor, uniformidad de crecimiento)?
- ✓ ¿Se presentaron síntomas de deficiencia o toxicidad? ¿En qué órganos de la planta fueron más evidentes?
- ✓ ¿La respuesta observada es coherente con el tipo de fertilizante aplicado y la etapa fenológica del cultivo?

5.Análisis integrador

- ✓ ¿Qué conclusiones se pueden extraer sobre la eficiencia de la aplicación realizada?
- ✓ ¿Qué recomendaciones técnicas podrían derivarse para futuras aplicaciones en condiciones similares?
- ✓ ¿Cómo se relacionan los resultados obtenidos con los principios teóricos revisados en el aula?

CONCLUSIONES Y REFLEXIONES

Conclusiones

- 1.La aplicación de fertilizantes hidrosolubles en campo, bajo condiciones controladas y con base en criterios técnicos, permitió validar los principios teóricos relacionados con la eficiencia en la absorción de nutrientes, la movilidad iónica en solución y la respuesta fisiológica del cultivo.
2. Los resultados obtenidos evidencian que el uso racional de fertilizantes hidrosolubles mejora la uniformidad del crecimiento vegetal, optimiza el uso del agua y reduce pérdidas por lixiviación, lo cual coincide con los fundamentos de la nutrición vegetal y la eficiencia agronómica de los insumos.
- 3.La medición de parámetros como pH y conductividad eléctrica de la solución nutritiva permitió establecer relaciones directas entre la calidad de la mezcla aplicada y la respuesta del cultivo, fortaleciendo la capacidad del estudiante para interpretar indicadores técnicos en tiempo real.
- 4.La práctica contribuyó al desarrollo de competencias profesionales clave, como la planificación de programas de fertilización, la toma de decisiones basadas en datos y la evaluación de impactos sobre el suelo y el cultivo, habilidades esenciales en el ejercicio técnico del ingeniero agrónomo o tecnólogo agropecuario.

Reflexiones profesionales

1. La experiencia de campo permitió al estudiante integrar conocimientos teóricos con situaciones reales de producción, promoviendo una visión crítica y contextualizada del manejo nutricional en sistemas agrícolas.
2. Se reafirma la importancia de la capacitación continua en el uso de tecnologías de fertilización, especialmente en lo referente a la preparación de soluciones, compatibilidad de productos y monitoreo de parámetros fisicoquímicos.
3. En el ámbito profesional, la correcta aplicación de fertilizantes hidrosolubles representa una herramienta estratégica para mejorar la productividad, reducir impactos ambientales y responder a las exigencias de mercados que valoran la sostenibilidad y la trazabilidad de los insumos.
4. Finalmente, esta práctica fortalece el compromiso del futuro profesional con una agricultura tecnificada, eficiente y ambientalmente responsable, alineada con los principios de sostenibilidad y seguridad alimentaria.

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 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

- Andrades, M. y Martínez M. (2014). Fertilidad del suelo y parámetros de la definen. Material didáctico Agricultura y Alimentación. 3ra. Edición. Universidad de la Rioja. <https://dialnet.unirioja.es/descarga/libro/267902.pdf>
- Kafkafi y J. Tarchitzky (2012). Fertirrigación una herramienta para una eficiente fertilización y manejo del agua. Asociación Internacional de la Industria de Fertilizantes (IFA). Instituto Internacional de la Potasa (IIP). París, Francia y Horgen, Suiza. https://www.fertilizer.org/images/Library_Downloads/2012_ifa_fertigation_spanish.pdf
- Marshner, P. (2012). Marschner's mineral nutrition of higher plants. Third Edition. Elsevier Ltd. https://home.czu.cz/storage/737/65060_Mineral-Nutrition-of-higher-plants-Marschner-2012.pdf
- Maya, M. (2011). Operaciones culturales, riego y fertilización: Horticultura y Floricultura. Editorial IC editorial. <https://elibro.net/es/lc/ues/titulos/44527>
- Mazuela-Aguila, P. y F. de la Riva-Morales. (2013). Manual de Fertirriego. Colección de frutas y hortalizas. Ediciones Universidad de Tarapacá.

NOMBRE DE LA PRÁCTICA	Practica de laboratorio 4: Toma de muestra para su análisis.
COMPETENCIA DE LA PRÁCTICA	Realizar en equipo, un muestreo de suelo, seleccionando dos tipos de suelo, uno de uso agrícola y otro no apto para la agricultura

FUNDAMENTO TEÓRICO
La toma de muestras de suelo constituye una etapa fundamental en el análisis edafológico, ya que permite obtener información representativa de las características físicas, químicas y biológicas del suelo. Esta información es esencial para la toma de decisiones en el ámbito agrícola, ambiental y de ordenamiento territorial. Un muestreo adecuado garantiza la validez de los resultados analíticos y, por ende, la eficacia de las recomendaciones derivadas de dichos análisis. El suelo es un recurso natural no renovable en escalas humanas de tiempo, cuya calidad y aptitud para distintos usos dependen de múltiples factores, como su textura, estructura, contenido de materia orgánica, pH, capacidad de retención de agua y nutrientes, entre otros. Por ello, la selección de sitios de muestreo debe considerar criterios técnicos que aseguren la representatividad del área de estudio, diferenciando entre suelos de uso agrícola y aquellos no aptos para la agricultura. La metodología de muestreo implica la delimitación del área, la identificación de zonas homogéneas, la recolección de submuestras a diferentes profundidades y su posterior homogenización para conformar una muestra compuesta. Esta práctica debe realizarse en equipo, promoviendo la colaboración, la distribución de tareas y el cumplimiento de normas de seguridad e higiene. En el contexto de esta práctica, se busca desarrollar en los estudiantes la competencia para realizar un muestreo de suelo técnicamente fundamentado, diferenciando entre un suelo con uso agrícola y otro no apto para dicho uso. Esta distinción permitirá comprender las implicaciones del manejo del suelo en la productividad agrícola y en la conservación del medio ambiente.

MATERIALES, EQUIPAMIENTO Y/O REACTIVOS

Equipos

1. Barreno o barrena de suelo: Instrumento manual o mecánico utilizado para extraer muestras de suelo a diferentes profundidades.
2. Pala y pico: Herramientas auxiliares para excavar en suelos compactos o pedregosos.
3. Cinta métrica o regla graduada: Para medir la profundidad de muestreo con precisión.
4. GPS o aplicación de georreferenciación: Para registrar la ubicación exacta de los puntos de muestreo.
5. Balanza portátil: Para pesar las muestras si se requiere conocer su masa en campo.
6. Cámara fotográfica o dispositivo móvil: Para documentar visualmente las condiciones del sitio de muestreo.

Materiales

1. Bolsas de muestreo (plásticas o de papel kraft): Para almacenar y etiquetar las muestras de suelo.
2. Etiquetas adhesivas o marcadores permanentes: Para identificar cada muestra con datos como fecha, ubicación, profundidad y tipo de suelo.
3. Guantes de látex o nitrilo: Para evitar la contaminación de las muestras y proteger al personal.
4. Cuaderno de campo y lápiz: Para el registro de observaciones, coordenadas, condiciones climáticas y características del sitio.
5. Recipientes plásticos o metálicos: Para mezclar submuestras y conformar una muestra compuesta.

Reactivos

1. Reactivo para pH (papel indicador o solución buffer): Para determinar el nivel de acidez o alcalinidad del suelo.
2. Reactivo para detección de carbonatos (ácido clorhídrico diluido al 10%): Para identificar la presencia de carbonatos mediante efervescencia.
3. Solución de cloruro de calcio (CaCl_2): Para pruebas rápidas de conductividad eléctrica o humedad disponible.
4. Agua destilada: Para preparar soluciones o enjuagar instrumentos.

PROCEDIMIENTO O METODOLOGÍA

1. Planeación del muestreo
 - ✓ Delimitar el área de estudio, seleccionando dos sitios contrastantes: uno con uso agrícola y otro no apto para la agricultura.
 - ✓ Registrar las coordenadas geográficas de cada sitio utilizando un GPS o aplicación de georreferenciación.
 - ✓ Identificar zonas homogéneas dentro de cada sitio, considerando factores como pendiente, vegetación, textura aparente y uso del suelo.
2. Preparación del equipo y materiales
 - ✓ Verificar que el equipo de muestreo (barrena, pala, bolsas, etiquetas, guantes, etc.) esté limpio y en condiciones óptimas.
 - ✓ Etiquetar previamente las bolsas de muestreo con los datos necesarios: sitio, fecha, profundidad y número de muestra.
2. Extracción de submuestras
 - ✓ En cada sitio, seleccionar al menos 5 puntos distribuidos aleatoriamente o en zigzag.
 - ✓ En cada punto, extraer una submuestra de suelo a una profundidad estándar (por ejemplo, 0–20 cm).
 - ✓ Colocar cada submuestra en un recipiente limpio para su posterior homogenización.
3. Formación de la muestra compuesta
 - ✓ Mezclar cuidadosamente todas las submuestras de un mismo sitio en un recipiente limpio.
 - ✓ Tomar una porción representativa de la mezcla y colocarla en la bolsa etiquetada correspondiente.
 - ✓ Repetir el proceso para el segundo sitio.
4. Registro de datos de campo
 - ✓ Anotar en el cuaderno de campo las observaciones relevantes: color del suelo, presencia de raíces, humedad, textura aparente, residuos orgánicos, etc.
 - ✓ Tomar fotografías del sitio y del perfil del suelo si es posible.
5. Análisis preliminares (opcional)
 - ✓ Realizar pruebas rápidas en campo, como determinación de pH con papel indicador o detección de carbonatos con ácido clorhídrico diluido.
 - ✓ Registrar los resultados en el cuaderno de campo.
7. Transporte y conservación de muestras
 - ✓ Almacenar las muestras en un lugar fresco y seco.
 - ✓ Transportarlas al laboratorio para su análisis físico-químico detallado, asegurando que no se contaminen ni se alteren.

RESULTADOS ESPERADOS

Como resultado de la presente práctica, se espera que el equipo de trabajo obtenga muestras de suelo representativas de dos tipos de terreno: uno con uso agrícola y otro no apto para la agricultura. Estas muestras permitirán realizar una caracterización inicial del suelo, tanto en campo como en laboratorio, mediante la recolección y análisis de los siguientes parámetros:

1. Datos generales del sitio

- ✓ Ubicación geográfica (coordenadas GPS)
- ✓ Tipo de uso del suelo (agrícola o no agrícola)
- ✓ Condiciones climáticas al momento del muestreo
- ✓ Topografía y pendiente del terreno
- ✓ Cobertura vegetal y presencia de residuos orgánicos

2. Parámetros físicos del suelo

- ✓ Textura aparente (evaluación visual y táctil: arenoso, limoso, arcilloso)
- ✓ Color del suelo (según carta Munsell, si está disponible)
- ✓ Estructura del suelo (granular, masiva, laminar, etc.)
- ✓ Profundidad de muestreo (normalmente 0–20 cm)
- ✓ Presencia de piedras, raíces o compactación

3. Parámetros químicos básicos (si se realizan pruebas en campo)

- ✓ pH del suelo (ácido, neutro o alcalino)
- ✓ Presencia de carbonatos (efervescencia con HCl diluido)
- ✓ Conductividad eléctrica (indicativa de salinidad, si se dispone del equipo)
- ✓ Contenido de materia orgánica (estimación visual o por color)

4. Observaciones cualitativas

- ✓ Olor del suelo (presencia de materia orgánica en descomposición)
- ✓ Humedad relativa del suelo al tacto
- ✓ Evidencia de actividad biológica (lombrices, raíces vivas, etc.)

ANÁLISIS DE RESULTADOS

1. ¿Qué diferencias se observaron entre el suelo de uso agrícola y el suelo no apto para la agricultura en cuanto a textura, color, estructura y humedad?
- ✓ Analizar cómo estas características influyen en la capacidad del suelo para sustentar cultivos.
2. ¿Cuál fue el valor de pH registrado en cada tipo de suelo? ¿Qué implicaciones tiene este valor para la disponibilidad de nutrientes y el desarrollo de cultivos?
- ✓ Relacionar el pH con la fertilidad del suelo y la necesidad de correcciones.
3. ¿Se detectó la presencia de carbonatos en alguno de los suelos? ¿Qué indica esto sobre su origen o manejo previo?
- ✓ Interpretar la efervescencia con HCl como indicador de suelos calcáreos o alcalinos.
4. ¿Qué diferencias se identificaron en la actividad biológica (presencia de raíces, lombrices, olor a materia orgánica) entre ambos suelos?
- ✓ Evaluar la salud del suelo y su capacidad de regeneración natural.
5. ¿Qué factores físicos o químicos podrían estar limitando el uso agrícola del suelo no apto?
- ✓ Reflexionar sobre la compactación, salinidad, baja materia orgánica, entre otros.

6. ¿Cómo influye el uso actual del suelo en sus propiedades observadas?
✓ Relacionar el manejo agrícola, el uso intensivo o el abandono con la calidad del suelo.
7. ¿Qué recomendaciones preliminares podrían derivarse del análisis para mejorar o conservar la calidad del suelo agrícola?
✓ Proponer acciones como rotación de cultivos, incorporación de materia orgánica o corrección del pH.
8. ¿Qué importancia tiene la representatividad de la muestra en la validez de los resultados obtenidos?
✓ Reflexionar sobre la metodología de muestreo y su impacto en la interpretación.

CONCLUSIONES Y REFLEXIONES

Conclusiones

1. La toma adecuada de muestras de suelo es un proceso esencial para obtener información representativa de las condiciones edáficas de un terreno, lo cual permite realizar diagnósticos precisos sobre su aptitud agrícola y su estado de conservación.
2. A través de la comparación entre un suelo de uso agrícola y otro no apto para la agricultura, se evidenciaron diferencias significativas en parámetros como textura, pH, estructura y contenido de materia orgánica, lo que refleja el impacto del uso y manejo del suelo sobre sus propiedades.
3. La correcta aplicación de técnicas de muestreo, el uso de equipo apropiado y el trabajo colaborativo permitieron garantizar la calidad de las muestras recolectadas, así como la validez de los datos obtenidos en campo.
4. La práctica fortaleció competencias técnicas y metodológicas en los estudiantes, promoviendo la observación crítica, el análisis de variables edáficas y la toma de decisiones fundamentadas en evidencia.

Reflexiones profesionales

1. La salud del suelo es un indicador clave de sostenibilidad ambiental y productividad agrícola. Por ello, su monitoreo constante mediante muestreos sistemáticos debe formar parte de cualquier estrategia de manejo responsable del territorio.
2. La experiencia de campo permitió reconocer la importancia de la planificación, la precisión en la ejecución y la rigurosidad en el registro de datos como elementos fundamentales en cualquier estudio edafológico.
3. Esta práctica también evidenció la necesidad de integrar conocimientos multidisciplinarios (biología, química, geografía, agronomía) para interpretar adecuadamente los resultados y proponer soluciones viables a los problemas detectados en los suelos analizados.

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

- Andrades, M. y Martínez M. (2014). Fertilidad del suelo y parámetros de la definen. Material didáctico Agricultura y Alimentación. 3ra. Edición. Universidad de la Rioja.
<https://dialnet.unirioja.es/descarga/libro/267902.pdf>
- Kafkafi y J. Tarchitzky (2012). Fertirrigación una herramienta para una eficiente fertilización y manejo del agua. Asociación Internacional de la Industria de Fertilizantes (IFA). Instituto Internacional de la Potasa (IIP). París, Francia y Horgen, Suiza.
https://www.fertilizer.org/images/Library_Downloads/2012_ifa_fertigation_spanish.pdf
- Marshner, P. (2012). Marschner's mineral nutrition of higher plants. Third Edition. Elsevier Ltd.
https://home.czu.cz/storage/737/65060_Mineral-Nutrition-of-higher-plants-Marschner-2012.pdf
- Maya, M. (2011). Operaciones culturales, riego y fertilización: Horticultura y Floricultura. Editorial IC editorial. <https://elibro.net/es/lc/ues/titulos/44527>
- Mazuela-Aguila, P. y F. de la Riva-Morales. (2013). Manual de Fertirriego. Colección de frutas y hortalizas. Ediciones Universidad de Tarapacá.

NORMAS TÉCNICAS APLICABLES

1. NORMA Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000

NOMBRE DE LA PRÁCTICA	Practica de laboratorio 5: Recolección de muestras foliares de cultivos hortícolas.
COMPETENCIA DE LA PRÁCTICA	Realizar en equipo, una práctica de laboratorio para recolectar y preservar muestras foliares de cultivos hortícolas, las cuales serán destinadas para su análisis de nutrientes.

FUNDAMENTO TEÓRICO
La recolección de muestras foliares constituye una etapa crítica en el diagnóstico nutricional de cultivos hortícolas, ya que permite evaluar el estado nutricional de las plantas mediante el análisis de los nutrientes presentes en el tejido vegetal. Esta práctica se fundamenta en principios agronómicos y fisiológicos que reconocen a las hojas como órganos metabólicamente activos, donde se reflejan de manera directa las deficiencias, excesos o desequilibrios nutricionales. El análisis foliar es una herramienta complementaria al análisis de suelos, y su eficacia depende en gran medida de la correcta selección, recolección, manejo y preservación de las muestras. Para garantizar resultados representativos y confiables, es indispensable seguir protocolos estandarizados que consideren el estado fenológico del cultivo, la parte específica de la planta a muestrear (generalmente la hoja más joven completamente desarrollada), así como las condiciones ambientales y de manejo agronómico. Durante la recolección, se deben evitar hojas dañadas, enfermas o contaminadas con polvo, agroquímicos o excrementos de aves, ya que estos factores pueden alterar la composición química del tejido. Asimismo, el almacenamiento y transporte de las muestras debe realizarse en condiciones que eviten la descomposición o pérdida de humedad, utilizando bolsas de papel o recipientes adecuados, y manteniéndolas en refrigeración si es necesario. Esta práctica promueve el trabajo colaborativo y el desarrollo de habilidades técnicas en el manejo de materiales biológicos, fomentando una actitud responsable y rigurosa en la ejecución de procedimientos de laboratorio. Además, fortalece la capacidad de análisis crítico al relacionar los resultados obtenidos con las necesidades nutricionales del cultivo, contribuyendo a una agricultura más eficiente y sostenible.

MATERIALES, EQUIPAMIENTO Y/O REACTIVOS

Equipos

1. Tijeras de podar o navajas de acero inoxidable: Para cortar las hojas sin dañarlas.
2. Balanza electrónica: Para pesar las muestras si es necesario.
3. Cámara o dispositivo móvil con cámara: Para documentar el estado del cultivo y las condiciones de muestreo.
4. Refrigerador portátil o hielera: Para conservar las muestras durante el transporte.
5. GPS o aplicación de georreferenciación: Para registrar la ubicación exacta del muestreo.

Materiales

1. Bolsas de papel kraft o sobres de papel: Para almacenar las muestras foliares (evitan la condensación y permiten la transpiración).
2. Etiquetas adhesivas o marcadores permanentes: Para identificar cada muestra con datos como fecha, cultivo, variedad, etapa fenológica y ubicación.
3. Guantes de látex o nitrilo: Para evitar la contaminación de las muestras.
4. Cuaderno de campo o formato de registro: Para anotar observaciones relevantes durante la recolección.
5. Toallas de papel o servilletas limpias: Para secar las hojas si están húmedas.

Reactivos

1. Agua destilada: Para enjuagar las hojas si es necesario eliminar residuos superficiales (solo si el protocolo lo indica).
1. Alcohol etílico al 70%: Para desinfectar herramientas entre muestras y evitar contaminación cruzada.
2. Sílice gel o papel secante: Para deshidratar muestras si se requiere preservación en seco.

PROCEDIMIENTO O METODOLOGÍA

1. Planeación del muestreo

- ✓ Identificar el cultivo hortícola a evaluar, considerando la especie, variedad, etapa fenológica y condiciones de manejo.
- ✓ Delimitar el área representativa del lote o parcela donde se realizará el muestreo.
- ✓ Establecer el número de submuestras necesarias para conformar una muestra compuesta representativa.

2. Preparación del equipo y materiales

- ✓ Verificar que las herramientas de corte (tijeras o navajas) estén limpias y desinfectadas.
- ✓ Etiquetar previamente las bolsas de papel o sobres con la información correspondiente: nombre del cultivo, fecha, ubicación, número de muestra y observaciones relevantes.
- ✓ Colocar guantes de protección para evitar la contaminación de las muestras.

3. Recolección de las muestras foliares

- ✓ Seleccionar hojas sanas, sin daños mecánicos, síntomas de enfermedades o residuos de agroquímicos.
- ✓ Cortar la hoja más joven completamente desarrollada, de acuerdo con el protocolo específico del cultivo.
- ✓ Recolectar entre 20 y 30 hojas por muestra compuesta, distribuidas de manera uniforme en el área seleccionada.
- ✓ Introducir las hojas en las bolsas de papel previamente etiquetadas, evitando el amontonamiento excesivo.

4. Registro de datos

- ✓ Anotar en el cuaderno de campo o formato de registro los datos relevantes: condiciones climáticas, estado del cultivo, fecha y hora de recolección, y observaciones particulares.

5. Preservación y transporte

- ✓ Mantener las muestras en un lugar fresco y ventilado. En caso de altas temperaturas, utilizar una hielera o refrigerador portátil.
- ✓ Transportar las muestras al laboratorio lo antes posible para su procesamiento y análisis.

6. Entrega en laboratorio

- ✓ Entregar las muestras al responsable del laboratorio, junto con el formato de registro debidamente llenado.
- ✓ Asegurarse de que las muestras sean almacenadas adecuadamente hasta su análisis.

RESULTADOS ESPERADOS

Al concluir la práctica de recolección de muestras foliares de cultivos hortícolas, se espera que el equipo de trabajo haya cumplido con los siguientes objetivos técnicos y formativos:

1. Obtención de muestras representativas

- ✓ Muestras foliares recolectadas de acuerdo con el protocolo establecido para cada cultivo.
- ✓ Hojas seleccionadas en el estado fenológico adecuado (hoja más joven completamente desarrollada).
- ✓ Ausencia de daños físicos, síntomas de enfermedades o residuos de agroquímicos en las muestras.

2. Documentación precisa del proceso de muestreo

Registro completo de datos en el formato de campo, incluyendo:

- ✓ Fecha y hora de recolección.
- ✓ Cultivo y variedad.
- ✓ Etapa fenológica.
- ✓ Ubicación georreferenciada (si aplica).
- ✓ Condiciones ambientales al momento del muestreo.
- ✓ Observaciones relevantes sobre el estado del cultivo.

3. Identificación y preservación adecuada de las muestras

- ✓ Etiquetado correcto de cada muestra con información clara y legible.
- ✓ Uso de materiales apropiados para el almacenamiento (bolsas de papel, sobres o recipientes ventilados).
- ✓ Conservación de las muestras en condiciones que eviten su deterioro (sombra, refrigeración, ventilación).

4. Aplicación de buenas prácticas de laboratorio y bioseguridad

- ✓ Uso adecuado de equipo de protección personal (guantes, cubrebocas si es necesario).
- ✓ Limpieza y desinfección de herramientas entre cada muestra para evitar contaminación cruzada.
- ✓ Manejo responsable de residuos generados durante la práctica.

5. Preparación para análisis de laboratorio

- ✓ Entrega oportuna de las muestras al laboratorio para su análisis químico.
- ✓ Condiciones de las muestras compatibles con los requerimientos del análisis foliar (sin descomposición, sin humedad excesiva, sin contaminación).

ANÁLISIS DE RESULTADOS

1. ¿Las concentraciones de nutrientes encontradas en las hojas se encuentran dentro de los rangos óptimos establecidos para el cultivo evaluado?
- ✓ En caso negativo, ¿qué nutriente(s) se encuentran en deficiencia o en exceso?
2. ¿Qué síntomas visuales (clorosis, necrosis, enanismo, etc.) se observaron en el cultivo durante la recolección, y cómo se relacionan con los resultados del análisis foliar?
3. ¿Qué factores agronómicos podrían haber influido en el estado nutricional del cultivo?
- ✓ Considerar prácticas de fertilización, tipo de suelo, riego, pH, historial de cultivo, entre otros.
4. ¿Las muestras recolectadas fueron representativas del lote?
5. ¿Se siguieron correctamente los criterios de selección y el protocolo de muestreo?
6. ¿Qué recomendaciones de manejo nutricional podrían derivarse de los resultados obtenidos?
7. ¿Es necesario ajustar el plan de fertilización? ¿Qué tipo de fertilizantes serían más adecuados?
8. ¿Qué limitaciones o posibles fuentes de error se identificaron durante la recolección, transporte o análisis de las muestras?
9. ¿Cómo podrían evitarse en futuras prácticas?
10. ¿Qué importancia tiene el análisis foliar como herramienta de diagnóstico en comparación con el análisis de suelos?
11. ¿En qué situaciones es más útil uno u otro?

CONCLUSIONES Y REFLEXIONES

Conclusiones

1. La práctica de recolección de muestras foliares en cultivos hortícolas permitió a los estudiantes aplicar conocimientos teóricos relacionados con la fisiología vegetal, la nutrición mineral y las técnicas de diagnóstico agrícola. A través de esta actividad, se fortalecieron competencias técnicas esenciales para el ejercicio profesional en el ámbito de la agronomía, particularmente en el manejo nutricional de cultivos.
2. Desde una perspectiva teórica, se comprendió la importancia de las hojas como indicadores fisiológicos del estado nutricional de la planta, así como la necesidad de seguir protocolos rigurosos para garantizar la representatividad y confiabilidad de las muestras. La correcta selección, manipulación y preservación del material vegetal es fundamental para obtener resultados analíticos precisos que sirvan como base para la toma de decisiones agronómicas.

Reflexiones profesionales

1. En el contexto profesional, esta práctica tiene una aplicación directa en programas de monitoreo nutricional, manejo integrado de cultivos y agricultura de precisión. El análisis foliar es una herramienta clave para optimizar el uso de fertilizantes, mejorar la eficiencia productiva y reducir el impacto ambiental de la actividad agrícola. Por tanto, el dominio de estas técnicas contribuye a la formación de profesionales capaces de implementar estrategias sostenibles y basadas en evidencia científica.
2. Finalmente, la experiencia práctica fomentó el trabajo colaborativo, la responsabilidad en el manejo de datos y el pensamiento crítico, habilidades transversales altamente valoradas en el entorno laboral agrícola y agroindustrial.

EVALUACIÓN Y EVIDENCIAS DE APRENDIZAJE	
Crterios de evaluacón	Rubrica de reporte de practica de laboratorio Rubrica de prctica de laboratorio
Rúbricas o listas de cotejo para valorar desempeo	La evaluacón del reporte de prctica de campo se fundamenta en una rúbrica cualitativa que considera criterios de desempeo académico, técnico y comunicativo. Se valorará con especial énfasis la calidad en la redaccón y formato del documento, reconociendo informes que demuestren una estructura lógica, ortografía adecuada, uso del lenguaje técnico y cumplimiento con las normas institucionales de presentacón. Asimismo, se evaluará la capacidad de análisis e interpretacón de resultados, en funcón 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 agrcola, proponer usos racionales de los fertilizantes o plantear consideraciones sobre su impacto en el suelo y la produccón. Finalmente, las conclusiones técnicas deben reflejar una síntesis reflexiva y coherente de la experiencia, sustentada en la evidencia obtenida y con orientacón al trabajo profesional en el campo de las ciencias agropecuarias.
Formatos de reporte de prcticas	Se seguía el propuesto en la rúbrica de reporte de practica de laboratorio

FUENTES DE INFORMACIÓN

- Andrades, M. y Martínez M. (2014). Fertilidad del suelo y parámetros de la definen. Material didáctico Agricultura y Alimentación. 3ra. Edición. Universidad de la Rioja. <https://dialnet.unirioja.es/descarga/libro/267902.pdf>
- Kafkafi y J. Tarchitzky (2012). Fertirrigación una herramienta para una eficiente fertilización y manejo del agua. Asociación Internacional de la Industria de Fertilizantes (IFA). Instituto Internacional de la Potasa (IIP). París, Francia y Horgen, Suiza. https://www.fertilizer.org/images/Library_Downloads/2012_ifa_fertigation_spanish.pdf
- Marshner, P. (2012). Marschner's mineral nutrition of higher plants. Third Edition. Elsevier Ltd. https://home.czu.cz/storage/737/65060_Mineral-Nutrition-of-higher-plants-Marschner-2012.pdf
- Maya, M. (2011). Operaciones culturales, riego y fertilización: Horticultura y Floricultura. Editorial IC editorial. <https://elibro.net/es/lc/ues/titulos/44527>
- Mazuela-Aguila, P. y F. de la Riva-Morales. (2013). Manual de Fertirriego. Colección de frutas y hortalizas. Ediciones Universidad de Tarapacá.

NOMBRE DE LA PRÁCTICA	Practica de laboratorio 6: Recolección de muestras foliares de cultivos frutícolas.
COMPETENCIA DE LA PRÁCTICA	Realizar en equipo, una práctica de laboratorio para recolectar y preservar muestras foliares de cultivos frutícolas, las cuales serán destinadas para su análisis de nutrientes.

FUNDAMENTO TEÓRICO
La recolección de muestras foliares es una técnica fundamental en el diagnóstico nutricional de los cultivos frutícolas. A través del análisis foliar, es posible determinar el estado nutricional de las plantas, permitiendo identificar deficiencias, excesos o desequilibrios de nutrientes esenciales. Esta información es clave para tomar decisiones agronómicas que optimicen el rendimiento y la calidad de los frutos, así como para establecer programas de fertilización más eficientes y sostenibles. Las hojas son órganos metabólicamente activos que reflejan con precisión la disponibilidad de nutrientes en la planta. Sin embargo, para que el análisis foliar sea representativo y confiable, es indispensable seguir un protocolo riguroso en la recolección, manejo y preservación de las muestras. Factores como la edad de la hoja, la posición en la planta, la época del año, el estado fenológico del cultivo y las condiciones ambientales pueden influir significativamente en los resultados del análisis. Durante la práctica, los estudiantes aprenderán a identificar el momento y el tejido foliar adecuado para el muestreo, así como las técnicas correctas de recolección, etiquetado y conservación de las muestras. Además, se fomentará el trabajo en equipo y la aplicación de buenas prácticas de laboratorio, con el objetivo de garantizar la integridad de las muestras hasta su análisis en laboratorio. Esta actividad no solo fortalece competencias técnicas en el ámbito agrícola, sino que también promueve habilidades colaborativas y de observación crítica, esenciales para el desarrollo profesional en el campo de la agronomía.

MATERIALES, EQUIPAMIENTO Y/O REACTIVOS

Equipos

6. Tijeras de podar o navajas de acero inoxidable: Para cortar las hojas sin dañarlas.
7. Balanza electrónica: Para pesar las muestras si es necesario.
8. Cámara o dispositivo móvil con cámara: Para documentar el estado del cultivo y las condiciones de muestreo.
9. Refrigerador portátil o hielera: Para conservar las muestras durante el transporte.
10. GPS o aplicación de georreferenciación: Para registrar la ubicación exacta del muestreo.

Materiales

1. Bolsas de papel kraft o sobres de papel: Para almacenar las muestras foliares (evitan la condensación y permiten la transpiración).
2. Etiquetas adhesivas o marcadores permanentes: Para identificar cada muestra con datos como fecha, cultivo, variedad, etapa fenológica y ubicación.
3. Guantes de látex o nitrilo: Para evitar la contaminación de las muestras.
4. Cuaderno de campo o formato de registro: Para anotar observaciones relevantes durante la recolección.
5. Toallas de papel o servilletas limpias: Para secar las hojas si están húmedas.

Reactivos

2. Agua destilada: Para enjuagar las hojas si es necesario eliminar residuos superficiales (solo si el protocolo lo indica).
3. Alcohol etílico al 70%: Para desinfectar herramientas entre muestras y evitar contaminación cruzada.
4. Sílice gel o papel secante: Para deshidratar muestras si se requiere preservación en seco.

PROCEDIMIENTO O METODOLOGÍA

7. Planeación del muestreo

- ✓ Identificar el cultivo hortícola a evaluar, considerando la especie, variedad, etapa fenológica y condiciones de manejo.
- ✓ Delimitar el área representativa del lote o parcela donde se realizará el muestreo.
- ✓ Establecer el número de submuestras necesarias para conformar una muestra compuesta representativa.

8. Preparación del equipo y materiales

- ✓ Verificar que las herramientas de corte (tijeras o navajas) estén limpias y desinfectadas.
- ✓ Etiquetar previamente las bolsas de papel o sobres con la información correspondiente: nombre del cultivo, fecha, ubicación, número de muestra y observaciones relevantes.
- ✓ Colocar guantes de protección para evitar la contaminación de las muestras.

9. Recolección de las muestras foliares

- ✓ Seleccionar hojas sanas, sin daños mecánicos, síntomas de enfermedades o residuos de agroquímicos.
- ✓ Cortar la hoja más joven completamente desarrollada, de acuerdo con el protocolo específico del cultivo.
- ✓ Recolectar entre 20 y 30 hojas por muestra compuesta, distribuidas de manera uniforme en el área seleccionada.
- ✓ Introducir las hojas en las bolsas de papel previamente etiquetadas, evitando el amontonamiento excesivo.

10. Registro de datos

- ✓ Anotar en el cuaderno de campo o formato de registro los datos relevantes: condiciones climáticas, estado del cultivo, fecha y hora de recolección, y observaciones particulares.

11. Preservación y transporte

- ✓ Mantener las muestras en un lugar fresco y ventilado. En caso de altas temperaturas, utilizar una hielera o refrigerador portátil.
- ✓ Transportar las muestras al laboratorio lo antes posible para su procesamiento y análisis.

12. Entrega en laboratorio

- ✓ Entregar las muestras al responsable del laboratorio, junto con el formato de registro debidamente llenado.
- ✓ Asegurarse de que las muestras sean almacenadas adecuadamente hasta su análisis.

RESULTADOS ESPERADOS

Al concluir la práctica de recolección de muestras foliares de cultivos frutícolas, se espera que el equipo de trabajo haya cumplido con los siguientes objetivos técnicos y formativos:

1. Obtención de muestras representativas

- ✓ Muestras foliares recolectadas de acuerdo con el protocolo establecido para cada cultivo.
- ✓ Hojas seleccionadas en el estado fenológico adecuado (hoja más joven completamente desarrollada).
- ✓ Ausencia de daños físicos, síntomas de enfermedades o residuos de agroquímicos en las muestras.

2. Documentación precisa del proceso de muestreo

Registro completo de datos en el formato de campo, incluyendo:

- ✓ Fecha y hora de recolección.
- ✓ Cultivo y variedad.
- ✓ Etapa fenológica.
- ✓ Ubicación georreferenciada (si aplica).
- ✓ Condiciones ambientales al momento del muestreo.
- ✓ Observaciones relevantes sobre el estado del cultivo.

3. Identificación y preservación adecuada de las muestras

- ✓ Etiquetado correcto de cada muestra con información clara y legible.
- ✓ Uso de materiales apropiados para el almacenamiento (bolsas de papel, sobres o recipientes ventilados).

- ✓ Conservación de las muestras en condiciones que eviten su deterioro (sombra, refrigeración, ventilación).
- 4. Aplicación de buenas prácticas de laboratorio y bioseguridad**
- ✓ Uso adecuado de equipo de protección personal (guantes, cubrebocas si es necesario).
- ✓ Limpieza y desinfección de herramientas entre cada muestra para evitar contaminación cruzada.
- ✓ Manejo responsable de residuos generados durante la práctica.
- 12. Preparación para análisis de laboratorio**
- ✓ Entrega oportuna de las muestras al laboratorio para su análisis químico.
- ✓ Condiciones de las muestras compatibles con los requerimientos del análisis foliar (sin descomposición, sin humedad excesiva, sin contaminación).

ANÁLISIS DE RESULTADOS

1. ¿Las concentraciones de nutrientes encontradas en las hojas se encuentran dentro de los rangos óptimos establecidos para el cultivo evaluado?
- ✓ En caso negativo, ¿qué nutriente(s) se encuentran en deficiencia o en exceso?
2. ¿Qué síntomas visuales (clorosis, necrosis, enanismo, etc.) se observaron en el cultivo durante la recolección, y cómo se relacionan con los resultados del análisis foliar?
3. ¿Qué factores agronómicos podrían haber influido en el estado nutricional del cultivo?
- ✓ Considerar prácticas de fertilización, tipo de suelo, riego, pH, historial de cultivo, entre otros.
4. ¿Las muestras recolectadas fueron representativas del lote?
5. ¿Se siguieron correctamente los criterios de selección y el protocolo de muestreo?
13. ¿Qué recomendaciones de manejo nutricional podrían derivarse de los resultados obtenidos?
14. ¿Es necesario ajustar el plan de fertilización? ¿Qué tipo de fertilizantes serían más adecuados?
15. ¿Qué limitaciones o posibles fuentes de error se identificaron durante la recolección, transporte o análisis de las muestras?
16. ¿Cómo podrían evitarse en futuras prácticas?
17. ¿Qué importancia tiene el análisis foliar como herramienta de diagnóstico en comparación con el análisis de suelos?
18. ¿En qué situaciones es más útil uno u otro?

CONCLUSIONES Y REFLEXIONES

Conclusiones

3. La práctica de recolección de muestras foliares en cultivos hortícolas permitió a los estudiantes aplicar conocimientos teóricos relacionados con la fisiología vegetal, la nutrición mineral y las técnicas de diagnóstico agrícola. A través de esta actividad, se fortalecieron competencias técnicas esenciales para el ejercicio profesional en el ámbito de la agronomía, particularmente en el manejo nutricional de cultivos.
4. Desde una perspectiva teórica, se comprendió la importancia de las hojas como indicadores fisiológicos del estado nutricional de la planta, así como la necesidad de seguir protocolos rigurosos para garantizar la representatividad y confiabilidad de las muestras. La correcta

selección, manipulación y preservación del material vegetal es fundamental para obtener resultados analíticos precisos que sirvan como base para la toma de decisiones agronómicas.

Reflexiones profesionales

3. En el contexto profesional, esta práctica tiene una aplicación directa en programas de monitoreo nutricional, manejo integrado de cultivos y agricultura de precisión. El análisis foliar es una herramienta clave para optimizar el uso de fertilizantes, mejorar la eficiencia productiva y reducir el impacto ambiental de la actividad agrícola. Por tanto, el dominio de estas técnicas contribuye a la formación de profesionales capaces de implementar estrategias sostenibles y basadas en evidencia científica.
4. Finalmente, la experiencia práctica fomentó el trabajo colaborativo, la responsabilidad en el manejo de datos y el pensamiento crítico, habilidades transversales altamente valoradas en el entorno laboral agrícola y agroindustrial.

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

- Andrades, M. y Martínez M. (2014). Fertilidad del suelo y parámetros de la definen. Material didáctico Agricultura y Alimentación. 3ra. Edición. Universidad de la Rioja.
<https://dialnet.unirioja.es/descarga/libro/267902.pdf>
- Kafkafi y J. Tarchitzky (2012). Fertirrigación una herramienta para una eficiente fertilización y manejo del agua. Asociación Internacional de la Industria de Fertilizantes (IFA). Instituto Internacional de la Potasa (IIP). París, Francia y Horgen, Suiza.
https://www.fertilizer.org/images/Library_Downloads/2012_ifa_fertigation_spanish.pdf
- Marshner, P. (2012). Marschner's mineral nutrition of higher plants. Third Edition. Elsevier Ltd.
https://home.czu.cz/storage/737/65060_Mineral-Nutrition-of-higher-plants-Marschner-2012.pdf
- Maya, M. (2011). Operaciones culturales, riego y fertilización: Horticultura y Floricultura. Editorial IC editorial.
<https://elibro.net/es/lc/ues/titulos/44527>
- Mazuela-Aguila, P. y F. de la Riva-Morales. (2013). Manual de Fertirriego. Colección de frutas y hortalizas. Ediciones Universidad de Tarapacá.

NOMBRE DE LA PRÁCTICA	Practica de laboratorio 7: Determinación de nitrógeno, fósforo y potasio disponible en el suelo
COMPETENCIA DE LA PRÁCTICA	Realizar en equipo, la práctica de laboratorio sobre la determinación de nitrógeno, fósforo y potasio en una muestra de suelo, con base en las indicaciones proporcionadas en el aula y la toma de decisiones.

FUNDAMENTO TEÓRICO
El análisis de nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K) en el suelo constituye una herramienta fundamental en el diagnóstico de la fertilidad edáfica y en la toma de decisiones para una adecuada gestión agronómica. Estos tres elementos, conocidos como macronutrientes primarios, son esenciales para el desarrollo fisiológico y bioquímico de las plantas, y su disponibilidad en el suelo influye directamente en la productividad de los cultivos. El nitrógeno es un componente clave de aminoácidos, proteínas, ácidos nucleicos y clorofila. Su forma más comúnmente absorbida por las plantas es el ion nitrato (NO_3^-), aunque también puede ser absorbido como ion amonio (NH_4^+). La determinación de nitrógeno disponible en el suelo generalmente se realiza mediante métodos colorimétricos o por destilación, dependiendo de la forma nitrogenada a cuantificar. El fósforo, por su parte, participa en procesos energéticos como la fotosíntesis y la transferencia de energía (ATP), además de intervenir en la formación de estructuras celulares. Su disponibilidad en el suelo está influenciada por el pH y la presencia de cationes como calcio, hierro y aluminio. El método de extracción más común para fósforo disponible es el método Bray I o el método Olsen, dependiendo de la acidez del suelo. El potasio es esencial para la regulación osmótica, la activación enzimática y la síntesis de proteínas. A diferencia del nitrógeno y el fósforo, el potasio no forma parte de compuestos orgánicos estructurales, pero su papel en la fisiología vegetal es igualmente crítico. Su determinación se realiza comúnmente mediante extracción con acetato de amonio y posterior lectura en espectrofotometría de absorción atómica o fotometría de llama. La presente práctica tiene como propósito que el estudiante, en un entorno colaborativo, aplique los procedimientos técnicos para la determinación de estos nutrientes en una muestra de suelo, siguiendo las indicaciones proporcionadas en el aula. Asimismo, se busca fomentar la toma de decisiones fundamentadas en los resultados obtenidos, promoviendo el desarrollo de competencias analíticas y de trabajo en equipo, esenciales en el ámbito de las ciencias agropecuarias.

MATERIALES, EQUIPAMIENTO Y/O REACTIVOS

Equipos

1. Equipos
2. Balanza analítica (0.0001 g de precisión)
3. Espectrofotómetro UV-Vis o fotómetro de llama
4. Destilador Kjeldahl (para nitrógeno total)
5. Agitador mecánico o vortex
6. Centrífuga
7. Estufa de secado
8. Mufla (opcional, para calcinación)
9. pH-metro
10. Conductímetro (opcional)
11. Vidriería básica: vasos de precipitados, matraces Erlenmeyer, tubos de ensayo, probetas, buretas, pipetas volumétricas y automáticas
12. Embudos y papel filtro.

Materiales

1. Muestras de suelo secas y tamizadas (malla de 2 mm)
2. Papel filtro (Whatman No. 42 o equivalente)
3. Etiquetas y marcadores
4. Guantes, bata de laboratorio y gafas de seguridad
5. Frascos de plástico o vidrio para almacenamiento de muestras

Reactivos

1. Nitrógeno (método Kjeldahl o colorimétrico):

- ✓ Ácido sulfúrico (H_2SO_4) concentrado
- ✓ Catalizador Kjeldahl (mezcla de sulfato de potasio y selenio o cobre)
- ✓ Hidróxido de sodio (NaOH) al 40%
- ✓ Ácido bórico (H_3BO_3) al 4%
- ✓ Indicador de mezcla (rojo de metilo y azul de metileno)
- ✓ Solución estándar de ácido clorhídrico (HCl) o ácido sulfúrico (H_2SO_4) para titulación

2. Fósforo (método Bray I u Olsen):

- ✓ Solución extractante Bray I (ácido clorhídrico 0.03 N + fluoruro de amonio 0.025 N) o solución Olsen (bicarbonato de sodio 0.5 M, pH 8.5)
- ✓ Reactivo de molibdato de amonio
- ✓ Ácido ascórbico (reductor)
- ✓ Ácido sulfúrico diluido

3. Potasio (extracción con acetato de amonio):

- ✓ Solución de acetato de amonio 1 M (pH 7)
- ✓ Solución estándar de potasio (para curva de calibración)
- ✓ Agua destilada o desionizada

PROCEDIMIENTO O METODOLOGÍA

13. Planeación del muestreo

- ✓ Identificar el cultivo hortícola a evaluar, considerando la especie, variedad, etapa fenológica y condiciones de manejo.
- ✓ Delimitar el área representativa del lote o parcela donde se realizará el muestreo.
- ✓ Establecer el número de submuestras necesarias para conformar una muestra compuesta representativa.

14. Preparación del equipo y materiales

- ✓ Verificar que las herramientas de corte (tijeras o navajas) estén limpias y desinfectadas.
- ✓ Etiquetar previamente las bolsas de papel o sobres con la información correspondiente: nombre del cultivo, fecha, ubicación, número de muestra y observaciones relevantes.
- ✓ Colocar guantes de protección para evitar la contaminación de las muestras.

15. Recolección de las muestras foliares

- ✓ Seleccionar hojas sanas, sin daños mecánicos, síntomas de enfermedades o residuos de agroquímicos.
- ✓ Cortar la hoja más joven completamente desarrollada, de acuerdo con el protocolo específico del cultivo.
- ✓ Recolectar entre 20 y 30 hojas por muestra compuesta, distribuidas de manera uniforme en el área seleccionada.
- ✓ Introducir las hojas en las bolsas de papel previamente etiquetadas, evitando el amontonamiento excesivo.

16. Registro de datos

- ✓ Anotar en el cuaderno de campo o formato de registro los datos relevantes: condiciones climáticas, estado del cultivo, fecha y hora de recolección, y observaciones particulares.

17. Preservación y transporte

- ✓ Mantener las muestras en un lugar fresco y ventilado. En caso de altas temperaturas, utilizar una hielera o refrigerador portátil.
- ✓ Transportar las muestras al laboratorio lo antes posible para su procesamiento y análisis.

18. Entrega en laboratorio

- ✓ Entregar las muestras al responsable del laboratorio, junto con el formato de registro debidamente llenado.
- ✓ Asegurarse de que las muestras sean almacenadas adecuadamente hasta su análisis.

RESULTADOS ESPERADOS

Al concluir la práctica, se espera que el equipo de trabajo obtenga resultados cuantitativos correspondientes a las concentraciones de nitrógeno, fósforo y potasio disponibles en la muestra de suelo analizada. Estos datos permitirán evaluar la fertilidad del suelo y su capacidad para satisfacer las necesidades nutricionales de los cultivos.

La interpretación de los resultados debe realizarse de manera crítica y colaborativa, integrando los conocimientos teóricos adquiridos en clase con la evidencia empírica generada en el laboratorio. Asimismo, se espera que el equipo documente sus conclusiones en un informe técnico, sustentado en datos y referencias científicas pertinentes.

ANÁLISIS DE RESULTADOS

1. ¿Cuál es la concentración de nitrógeno, fósforo y potasio disponible en la muestra de suelo?
 - ✓ Expresar los resultados en unidades estándar (mg/kg o ppm).
 - ✓ Comparar los valores obtenidos con rangos de referencia establecidos para suelos agrícolas.
2. ¿Los niveles de N, P y K se encuentran dentro de los rangos óptimos para el tipo de cultivo y suelo en estudio?
 - ✓ Consultar tablas de suficiencia nutricional para distintos cultivos.
 - ✓ Identificar posibles deficiencias o excesos.
3. ¿Qué factores pueden haber influido en la disponibilidad de estos nutrientes en el suelo?
 - ✓ Considerar el pH del suelo, textura, contenido de materia orgánica, prácticas de manejo agrícola previas, entre otros.
4. ¿Qué recomendaciones agronómicas pueden derivarse de los resultados obtenidos?
 - ✓ Proponer estrategias de fertilización o enmiendas del suelo.
 - ✓ Sugerir prácticas de manejo sostenible para mejorar la disponibilidad de nutrientes.
5. ¿Qué grado de precisión y confiabilidad presentan los resultados obtenidos?
 - ✓ Evaluar la repetibilidad de las mediciones.
 - ✓ Identificar posibles fuentes de error experimental.

CONCLUSIONES Y REFLEXIONES

Conclusiones

1. La presente práctica permitió a los estudiantes aplicar técnicas analíticas fundamentales para la determinación de nitrógeno, fósforo y potasio disponibles en una muestra de suelo, utilizando metodologías estandarizadas y equipos de laboratorio especializados. Los resultados obtenidos proporcionan información clave sobre la fertilidad del suelo, lo cual es esencial para la toma de decisiones en el manejo agronómico y la planificación de programas de fertilización.
2. Se concluye que la correcta ejecución de los procedimientos analíticos, así como la interpretación crítica de los datos, son competencias indispensables para el ejercicio profesional en las ciencias agropecuarias. Asimismo, se evidenció la importancia de trabajar en equipo, seguir protocolos establecidos y mantener una actitud ética y responsable en el manejo de muestras y reactivos.

Reflexiones profesionales

1. Esta práctica integra de manera efectiva los conocimientos teóricos adquiridos en el aula con su aplicación práctica en el laboratorio, fortaleciendo el vínculo entre la ciencia del suelo y la producción agrícola sostenible. La determinación de N, P y K no solo representa una actividad técnica, sino una herramienta estratégica para diagnosticar la salud del suelo y optimizar el uso de insumos agrícolas.
2. En el ámbito profesional, estas habilidades son altamente valoradas en sectores como la agricultura de precisión, la consultoría agroambiental, la investigación científica y el desarrollo de políticas públicas relacionadas con el uso racional de los recursos naturales. Por tanto, la experiencia adquirida en esta práctica contribuye significativamente a la formación integral del estudiante, preparándolo para enfrentar los retos del sector agropecuario con una base científica sólida y una visión orientada a la sostenibilidad.

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 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

- Andrades, M. y Martínez M. (2014). Fertilidad del suelo y parámetros de la definen. Material didáctico Agricultura y Alimentación. 3ra. Edición. Universidad de la Rioja. <https://dialnet.unirioja.es/descarga/libro/267902.pdf>
- Kafkafi y J. Tarchitzky (2012). Fertirrigación una herramienta para una eficiente fertilización y manejo del agua. Asociación Internacional de la Industria de Fertilizantes (IFA). Instituto Internacional de la Potasa (IIP). París, Francia y Horgen, Suiza. https://www.fertilizer.org/images/Library_Downloads/2012_ifa_fertigation_spanish.pdf
- Marshner, P. (2012). Marschner's mineral nutrition of higher plants. Third Edition. Elsevier Ltd. https://home.czu.cz/storage/737/65060_Mineral-Nutrition-of-higher-plants-Marschner-2012.pdf
- Maya, M. (2011). Operaciones culturales, riego y fertilización: Horticultura y Floricultura. Editorial IC editorial. <https://elibro.net/es/lc/ues/titulos/44527>
- Mazuela-Aguila, P. y F. de la Riva-Morales. (2013). Manual de Fertirriego. Colección de frutas y hortalizas. Ediciones Universidad de Tarapacá.

NOMBRE DE LA PRÁCTICA	Practica de laboratorio 8: Determinación de Ca, Mg y S disponible en el suelo
COMPETENCIA DE LA PRÁCTICA	Realizar en equipo, la práctica de laboratorio sobre la determinación de Ca, Mg y S en una muestra de suelo agrícola, con base en las indicaciones proporcionadas en el aula.

FUNDAMENTO TEÓRICO
El análisis de calcio (Ca), magnesio (Mg) y azufre (S) disponibles en el suelo constituye una herramienta fundamental para la evaluación de la fertilidad edáfica y la formulación de recomendaciones agronómicas orientadas a una nutrición vegetal balanceada. Estos elementos, clasificados como nutrientes esenciales, desempeñan funciones clave en el metabolismo vegetal, la estructura celular y la regulación del pH del suelo. El calcio es un componente estructural de las paredes celulares y participa en la estabilidad de las membranas, así como en la señalización intracelular. El magnesio, por su parte, es el átomo central de la molécula de clorofila y actúa como cofactor en numerosas reacciones enzimáticas. El azufre es esencial para la síntesis de aminoácidos azufrados (como la cisteína y la metionina), vitaminas y coenzimas, además de intervenir en procesos redox dentro de la planta. La disponibilidad de estos nutrientes en el suelo depende de factores como el pH, la textura, la materia orgánica y la actividad biológica. Para su determinación en laboratorio, se emplean métodos analíticos específicos: el calcio y el magnesio suelen extraerse con soluciones de acetato de amonio neutro y cuantificarse mediante espectrofotometría de absorción atómica o titulación complejométrica con EDTA. El azufre disponible, generalmente en forma de sulfato (SO_4^{2-}), se extrae con soluciones salinas como el acetato de calcio y se determina por turbidimetría o espectrofotometría. La correcta ejecución de esta práctica requiere el trabajo colaborativo, la aplicación rigurosa de las normas de seguridad y el seguimiento preciso de los procedimientos establecidos. A través de esta actividad, el estudiante desarrollará habilidades técnicas para el análisis químico de suelos, fortalecerá su capacidad de trabajo en equipo y comprenderá la importancia de estos nutrientes en la productividad agrícola sostenible.

MATERIALES, EQUIPAMIENTO Y/O REACTIVOS

Equipos

1. Balanza analítica (precisión de 0.0001 g)
2. Agitador magnético con calentador
3. Embudos de filtración
4. Matraces Erlenmeyer (250 mL)
5. Matraces aforados (100 y 250 mL)
6. Probetas (100 mL)
7. Vasos de precipitados (100 y 250 mL)
8. Pipetas volumétricas (10 y 25 mL)
9. Bureta (50 mL)
10. Soporte universal con pinzas
11. Papel indicador de pH o potenciómetro
12. Espectrofotómetro de absorción atómica (o turbidímetro, según el método)
13. Sistema de filtración (papel filtro o filtros de membrana)
14. Baño María (opcional, para ciertas extracciones)

Materiales

1. Muestras de suelo seco y tamizado (malla de 2 mm)
2. Papel filtro (Whatman No. 42 o equivalente)
3. Etiquetas y marcadores
4. Frascos plásticos o de vidrio para almacenamiento de muestras
5. Guantes de nitrilo
6. Gafas de seguridad
7. Bata de laboratorio

Reactivos

1. solución de acetato de amonio 1 M (pH 7.0) – para la extracción de Ca y Mg
2. Solución de EDTA 0.01 M – para titulación complejométrica (Ca y Mg)
3. Indicador negro de eriocromo T – para titulación de Mg
4. Solución tampón de amoníaco – para mantener el pH durante la titulación
5. Solución de acetato de calcio 0.01 M – para extracción de azufre disponible
6. Reactivo de cloruro de bario (BaCl_2) – para precipitación de sulfatos (S)
7. Ácido acético glacial – para ajuste de pH en soluciones extractantes
8. Agua destilada o desionizada

PROCEDIMIENTO O METODOLOGÍA

1. Preparación de la muestra de suelo

- ✓ Tomar una porción representativa de la muestra de suelo previamente secada al aire y tamizada con malla de 2 mm.
- ✓ Pesar exactamente 10.00 g de suelo y transferir a un matraz Erlenmeyer de 250 mL.

2. Extracción de Ca y Mg intercambiables

- ✓ Añadir 100 mL de solución de acetato de amonio 1 M (pH 7.0) al matraz que contiene la muestra de suelo.
- ✓ Agitar la mezcla en un agitador mecánico o magnético durante 30 minutos.
- ✓ Filtrar la suspensión utilizando papel filtro (Whatman No. 42) y recolectar el filtrado en un matraz limpio.
- ✓ Conservar el extracto para su análisis posterior de Ca y Mg.

3. Determinación de Ca y Mg por titulación con EDTA

- ✓ Tomar una alícuota de 10 mL del extracto y transferirla a un matraz Erlenmeyer.
- ✓ Añadir 2 mL de solución tampón de amoníaco para ajustar el pH a aproximadamente 10.
- ✓ Agregar unas gotas de indicador negro de eriocromo T.
- ✓ Titular con solución de EDTA 0.01 M hasta que el color cambie de vino a azul (Mg + Ca).
- ✓ Para determinar únicamente el calcio, repetir la titulación utilizando murexida como indicador específico para Ca.

4. Extracción y determinación de azufre disponible ($S-SO_4^{2-}$)

- ✓ Pesar 10.00 g de suelo seco y colocarlo en un matraz Erlenmeyer.
- ✓ Añadir 50 mL de solución de acetato de calcio 0.01 M.
- ✓ Agitar durante 30 minutos y filtrar la mezcla.
- ✓ Tomar una alícuota del filtrado y añadir solución de cloruro de bario ($BaCl_2$) para precipitar los sulfatos como sulfato de bario ($BaSO_4$).
- ✓ Medir la turbidez generada mediante espectrofotometría o turbidimetría, comparando con una curva de calibración previamente elaborada.

5. Registro y análisis de resultados

- ✓ Registrar cuidadosamente los volúmenes de titulante utilizados y las absorbancias obtenidas.
- ✓ Calcular las concentraciones de Ca, Mg y S disponibles en el suelo, expresadas en meq/100g o mg/kg, según corresponda.
- ✓ Comparar los resultados con rangos de referencia para interpretar la fertilidad del suelo.

RESULTADOS ESPERADOS

Al concluir la práctica, se espera que el equipo de trabajo obtenga resultados cuantitativos correspondientes a las concentraciones de Ca, Mg y S disponibles en la muestra de suelo analizada. Estos datos permitirán evaluar la fertilidad del suelo y su capacidad para satisfacer las necesidades nutricionales de los cultivos.

La interpretación de los resultados debe realizarse de manera crítica y colaborativa, integrando los conocimientos teóricos adquiridos en clase con la evidencia empírica generada en el laboratorio. Asimismo, se espera que el equipo documente sus conclusiones en un informe técnico, sustentado en datos y referencias científicas pertinentes.

ANÁLISIS DE RESULTADOS

1. ¿Cuál es la concentración de calcio, magnesio y azufre disponible en la muestra de suelo?
 - ✓ Expresar los resultados en unidades estándar (mg/kg o ppm).
 - ✓ Comparar los valores obtenidos con rangos de referencia establecidos para suelos agrícolas.
2. ¿Los niveles de Ca, Mg y S se encuentran dentro de los rangos óptimos para el tipo de cultivo y suelo en estudio?
 - ✓ Consultar tablas de suficiencia nutricional para distintos cultivos.
 - ✓ Identificar posibles deficiencias o excesos.
3. ¿Qué factores pueden haber influido en la disponibilidad de estos nutrientes en el suelo?
 - ✓ Considerar el pH del suelo, textura, contenido de materia orgánica, prácticas de manejo agrícola previas, entre otros.
4. ¿Qué recomendaciones agronómicas pueden derivarse de los resultados obtenidos?
 - ✓ Proponer estrategias de fertilización o enmiendas del suelo.
 - ✓ Sugerir prácticas de manejo sostenible para mejorar la disponibilidad de nutrientes.
5. ¿Qué grado de precisión y confiabilidad presentan los resultados obtenidos?
 - ✓ Evaluar la repetibilidad de las mediciones.
 - ✓ Identificar posibles fuentes de error experimental.

CONCLUSIONES Y REFLEXIONES

Conclusiones

1. La presente práctica permitió la identificación y cuantificación de los elementos calcio (Ca), magnesio (Mg) y azufre (S) disponibles en una muestra de suelo agrícola, mediante técnicas analíticas estandarizadas. Los resultados obtenidos reflejan la importancia de estos nutrientes en la evaluación de la fertilidad del suelo y su influencia directa en el desarrollo y productividad de los cultivos.
2. Se comprobó que la correcta preparación de la muestra, el uso adecuado de los reactivos y la aplicación precisa de los métodos de extracción y análisis son determinantes para obtener datos confiables. Asimismo, se fortalecieron competencias técnicas relacionadas con la titulación complejométrica, la espectrofotometría y el manejo de soluciones extractantes.

Reflexiones profesionales

1. Esta práctica integra conocimientos teóricos de química analítica, edafología y nutrición vegetal, aplicados en un contexto experimental que simula condiciones reales del trabajo profesional en laboratorios agrícolas, centros de investigación y empresas del sector agroindustrial.
2. En el ejercicio profesional, la capacidad de interpretar los niveles de Ca, Mg y S en el suelo permite tomar decisiones fundamentadas sobre el manejo de fertilizantes, la corrección de deficiencias nutricionales y la mejora de la calidad del suelo. Por tanto, el dominio de estas técnicas analíticas no solo contribuye a la formación académica del estudiante, sino que también fortalece su perfil como futuro profesional competente en el diagnóstico y manejo sostenible de los recursos edáficos.

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 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

- Andrades, M. y Martínez M. (2014). Fertilidad del suelo y parámetros de la definen. Material didáctico Agricultura y Alimentación. 3ra. Edición. Universidad de la Rioja. <https://dialnet.unirioja.es/descarga/libro/267902.pdf>
- Kafkafi y J. Tarchitzky (2012). Fertirrigación una herramienta para una eficiente fertilización y manejo del agua. Asociación Internacional de la Industria de Fertilizantes (IFA). Instituto Internacional de la Potasa (IIP). París, Francia y Horgen, Suiza. https://www.fertilizer.org/images/Library_Downloads/2012_ifa_fertigation_spanish.pdf
- Marshner, P. (2012). Marschner's mineral nutrition of higher plants. Third Edition. Elsevier Ltd. https://home.czu.cz/storage/737/65060_Mineral-Nutrition-of-higher-plants-Marschner-2012.pdf
- Maya, M. (2011). Operaciones culturales, riego y fertilización: Horticultura y Floricultura. Editorial IC editorial. <https://elibro.net/es/lc/ues/titulos/44527>
- Mazuela-Aguila, P. y F. de la Riva-Morales. (2013). Manual de Fertirriego. Colección de frutas y hortalizas. Ediciones Universidad de Tarapacá.

NOMBRE DE LA PRÁCTICA	Practica de laboratorio 9: Determinación de microelementos Fe, Zn, Mn, Mo, Cl, Cu y Ni disponible en el suelo
COMPETENCIA DE LA PRÁCTICA	Realizar en equipo, la práctica de laboratorio sobre la determinación de los microelementos Fe, Zn, Mn, Mo, Cl, Cu y Ni en una muestra de suelo agrícola, y realizar la interpretación biológica a nivel celular de los datos obtenidos

FUNDAMENTO TEÓRICO
La disponibilidad de microelementos en el suelo agrícola es un factor determinante para el adecuado desarrollo fisiológico y bioquímico de las plantas. Los elementos hierro (Fe), zinc (Zn), manganeso (Mn), molibdeno (Mo), cloro (Cl), cobre (Cu) y níquel (Ni) son esenciales en concentraciones traza, ya que participan en funciones celulares críticas como la fotosíntesis, la respiración, la síntesis de proteínas, la activación enzimática y el metabolismo del nitrógeno. La determinación cuantitativa de estos micronutrientes en el suelo permite evaluar la fertilidad del mismo y establecer estrategias de manejo agronómico que optimicen la productividad de los cultivos. La disponibilidad de estos elementos está influenciada por factores como el pH del suelo, la materia orgánica, la textura, la capacidad de intercambio catiónico y las condiciones redox. Para su análisis, se emplean técnicas analíticas como la espectrofotometría de absorción atómica (AAS), la espectrometría de emisión óptica con plasma acoplado inductivamente (ICP-OES) o métodos colorimétricos, dependiendo del elemento y la sensibilidad requerida. Estas técnicas permiten detectar concentraciones muy bajas con alta precisión y exactitud. Desde una perspectiva biológica, la interpretación de los datos obtenidos se enfoca en comprender cómo la presencia o deficiencia de estos micronutrientes afecta los procesos celulares. Por ejemplo, el Fe es esencial para la síntesis de clorofila y el transporte de electrones en la cadena respiratoria; el Zn actúa como cofactor en numerosas enzimas; el Mn participa en la fotólisis del agua durante la fotosíntesis; el Mo es clave en la reducción de nitratos; el Cl interviene en el equilibrio osmótico y la fotosíntesis; el Cu es fundamental en la lignificación y la defensa contra patógenos; y el Ni es necesario para la actividad de la ureasa. Esta práctica de laboratorio tiene como propósito que los estudiantes, trabajando en equipo, desarrollen habilidades técnicas para la extracción y análisis de microelementos en muestras de suelo, así como competencias interpretativas para relacionar los resultados obtenidos con los procesos celulares en las plantas, fortaleciendo así su formación científica y profesional en el ámbito de las ciencias agropecuarias.

MATERIALES, EQUIPAMIENTO Y/O REACTIVOS

Equipos

1. Balanza analítica (precisión de 0.0001 g)
2. Agitador magnético con calentador
3. Centrífuga
4. Estufa de secado
5. Horno mufla (si se requiere digestión por calcinación)
6. Espectrofotómetro de absorción atómica (AAS) o ICP-OES
7. Sistema de digestión (bloque digestor o microondas, si aplica)
8. pH-metro
9. Conductímetro (opcional)
10. Vidriería de laboratorio (matraces aforados, vasos de precipitados, tubos de ensayo, embudos, etc.)

Materiales

1. Papel filtro (Whatman N° 42 o equivalente)
2. Frascos de polietileno o vidrio para almacenamiento de muestras
3. Probetas y pipetas graduadas y automáticas
4. Tubos Falcon o tubos de centrífuga
5. Guantes de nitrilo
6. Gafas de seguridad
7. Bata de laboratorio
8. Etiquetas y marcadores

Reactivos

1. Agua destilada o desionizada
2. Ácido nítrico (HNO_3) concentrado
3. Ácido clorhídrico (HCl) concentrado
4. Ácido perclórico (HClO_4) o ácido sulfúrico (H_2SO_4) (según el método de digestión)
5. Soluciones estándar de Fe, Zn, Mn, Mo, Cl, Cu y Ni (para curvas de calibración)
6. Solución extractante (por ejemplo, DTPA, EDTA o Mehlich 3, según el protocolo)
7. Solución tampón (si se requiere para el método extractivo)
8. Reactivos colorimétricos específicos (si se usa espectrofotometría UV-Vis)

PROCEDIMIENTO O METODOLOGÍA

1. Preparación de la muestra de suelo
 - a) Tomar una muestra representativa de suelo agrícola (previamente secada al aire y tamizada a 2 mm).
 - b) Pesar exactamente 10.00 g de suelo seco en un vaso de precipitados limpio y etiquetado.
2. Extracción de microelementos
 - a) Añadir 20 mL de solución extractante (por ejemplo, DTPA 0.005 M con CaCl_2 y TEA, ajustada a pH 7.3).
 - b) Colocar el vaso en un agitador mecánico o magnético y agitar durante 2 horas a temperatura ambiente.
 - c) Filtrar la mezcla utilizando papel filtro (Whatman N° 42) y recolectar el filtrado en un tubo de ensayo o frasco de polietileno limpio.
3. Preparación de soluciones estándar
 - a) Preparar soluciones estándar de Fe, Zn, Mn, Mo, Cl, Cu y Ni a diferentes concentraciones a partir de soluciones madre certificadas.
 - b) Utilizar estas soluciones para construir curvas de calibración en el equipo analítico correspondiente.
4. Análisis instrumental
 - a) Encender y calibrar el espectrofotómetro de absorción atómica (AAS) o el ICP-OES según el manual del equipo.
 - b) Introducir las soluciones estándar para generar la curva de calibración de cada elemento.
 - c) Analizar las muestras extraídas de suelo y registrar las concentraciones obtenidas para cada microelemento.
5. Interpretación de resultados
 - a) Comparar los valores obtenidos con rangos de suficiencia establecidos para suelos agrícolas.
 - b) Realizar una interpretación biológica a nivel celular, relacionando la disponibilidad de cada microelemento con sus funciones fisiológicas en las plantas.
6. Limpieza y disposición de residuos
 - a) Lavar cuidadosamente todo el material utilizado con agua destilada.
 - b) Disponer los residuos líquidos en los contenedores designados para desechos ácidos o metálicos, según las normas de seguridad del laboratorio.

RESULTADOS ESPERADOS

Al concluir la práctica, se espera que el equipo de trabajo obtenga resultados cuantitativos correspondientes a las concentraciones de Hierro (Fe), Zinc (Zn), Manganeseo (Mn), Molibdeno (Mo), Cloro (Cl), Cobre (Cu), Níquel (Ni) disponibles en la muestra de suelo analizada. Estos datos permitirán evaluar la fertilidad del suelo y su capacidad para satisfacer las necesidades nutricionales de los cultivos.

La interpretación de los resultados debe realizarse de manera crítica y colaborativa, integrando los conocimientos teóricos adquiridos en clase con la evidencia empírica generada en el laboratorio. Asimismo, se espera que el equipo documente sus conclusiones en un informe técnico, sustentado en datos y referencias científicas pertinentes.

ANÁLISIS DE RESULTADOS

1. ¿Cuál es la concentración de microelementos disponible en la muestra de suelo?
 - ✓ Expresar los resultados en unidades estándar (mg/kg o ppm).
 - ✓ Comparar los valores obtenidos con rangos de referencia establecidos para suelos agrícolas.
2. ¿Los niveles de microelementos se encuentran dentro de los rangos óptimos para el tipo de cultivo y suelo en estudio?
 - ✓ Consultar tablas de suficiencia nutricional para distintos cultivos.
 - ✓ Identificar posibles deficiencias o excesos.
3. ¿Qué factores pueden haber influido en la disponibilidad de estos nutrientes en el suelo?
 - ✓ Considerar el pH del suelo, textura, contenido de materia orgánica, prácticas de manejo agrícola previas, entre otros.
4. ¿Qué recomendaciones agronómicas pueden derivarse de los resultados obtenidos?
 - ✓ Proponer estrategias de fertilización o enmiendas del suelo.
 - ✓ Sugerir prácticas de manejo sostenible para mejorar la disponibilidad de nutrientes.
5. ¿Qué grado de precisión y confiabilidad presentan los resultados obtenidos?
 - ✓ Evaluar la repetibilidad de las mediciones.
 - ✓ Identificar posibles fuentes de error experimental.

CONCLUSIONES Y REFLEXIONES

Conclusiones

3. La presente práctica permitió la identificación y cuantificación de los microelementos disponibles en una muestra de suelo agrícola, mediante técnicas analíticas estandarizadas. Los resultados obtenidos reflejan la importancia de estos nutrientes en la evaluación de la fertilidad del suelo y su influencia directa en el desarrollo y productividad de los cultivos.
4. Se comprobó que la correcta preparación de la muestra, el uso adecuado de los reactivos y la aplicación precisa de los métodos de extracción y análisis son determinantes para obtener datos confiables. Asimismo, se fortalecieron competencias técnicas relacionadas con la titulación complejométrica, la espectrofotometría y el manejo de soluciones extractantes.

Reflexiones profesionales

3. Esta práctica integra conocimientos teóricos de química analítica, edafología y nutrición vegetal, aplicados en un contexto experimental que simula condiciones reales del trabajo profesional en laboratorios agrícolas, centros de investigación y empresas del sector agroindustrial.
4. En el ejercicio profesional, la capacidad de interpretar los niveles de los microelementos en el suelo permite tomar decisiones fundamentadas sobre el manejo de fertilizantes, la corrección de deficiencias nutricionales y la mejora de la calidad del suelo. Por tanto, el dominio de estas técnicas analíticas no solo contribuye a la formación académica del estudiante, sino que también fortalece su perfil como futuro profesional competente en el diagnóstico y manejo sostenible de los recursos edáficos.

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 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

- Andrades, M. y Martínez M. (2014). Fertilidad del suelo y parámetros de la definen. Material didáctico Agricultura y Alimentación. 3ra. Edición. Universidad de la Rioja.
<https://dialnet.unirioja.es/descarga/libro/267902.pdf>
- Kafkafi y J. Tarchitzky (2012). Fertirrigación una herramienta para una eficiente fertilización y manejo del agua. Asociación Internacional de la Industria de Fertilizantes (IFA). Instituto Internacional de la Potasa (IIP). París, Francia y Horgen, Suiza.
https://www.fertilizer.org/images/Library_Downloads/2012_ifa_fertigation_spanish.pdf
- Marshner, P. (2012). Marschner's mineral nutrition of higher plants. Third Edition. Elsevier Ltd.
https://home.czu.cz/storage/737/65060_Mineral-Nutrition-of-higher-plants-Marschner-2012.pdf
- Maya, M. (2011). Operaciones culturales, riego y fertilización: Horticultura y Floricultura. Editorial IC editorial. <https://elibro.net/es/lc/ues/titulos/44527>
- Mazuela-Aguila, P. y F. de la Riva-Morales. (2013). Manual de Fertirriego. Colección de frutas y hortalizas. Ediciones Universidad de Tarapacá.



ANEXOS

Anexo1: Tabla de recolección de datos, practica de laboratorio 1: Caracterización y comportamiento de fertilizantes sintéticos

Fertilizante	Solubilidad en Agua	Observaciones de Solubilidad	pH de la Solución	Reacción con HCl	Reacción con NaOH
Urea	Alta				
Nitrato de amonio	Alta				
Superfosfato triple	Parcial				
Cloruro de potasio	Buena				

Instrucciones de llenado:

- ✓ Solubilidad en Agua: Marca si es Alta, Parcial, o Baja.
- ✓ Observaciones de Solubilidad: Anota si hay residuos, turbidez, o si se disuelve completamente.
- ✓ pH de la Solución: Mide con papel indicador o pH-metro y anota el valor.
- ✓ Reacción con HCl: Describe si hay formación de gas, precipitado o cambio de color.
- ✓ Reacción con NaOH: Anota si hay precipitado, cambio de color o ninguna reacción.

Anexo 2: Tabla de recolección de datos practica 2: Comportamiento en el suelo de los fertilizantes sintéticos comunes

Fertilizante	Índice de Solubilidad (g/L)	pH	CE	Observaciones Adicionales
Urea				
Nitrato de amonio				
Cloruro de potasio (KCl)				
MAP				
DAP				

Anexo 3: Tabla de recolección de datos practica de laboratorio 7: Determinación de nitrógeno, fósforo y potasio disponible en el suelo.

[illegible]

Anexo 4: Tabla de recolección de datos de práctica de laboratorio 8: Determinación de Ca, Mg y S disponible en el suelo.

Muestra de Suelo	Concentración de) [mg/kg]			Interpretación de resultados
	Ca	Mg	S	

Leyenda interpretación

Calcio (Ca):

- < 500 mg/kg → Bajo: puede limitar el desarrollo radicular y la estructura del suelo.
- 500–1500 mg/kg → Óptimo: adecuado para la mayoría de los cultivos.
- > 1500 mg/kg → Alto: generalmente no tóxico, pero puede interferir con la absorción de Mg y K.

Magnesio (Mg):

- < 50 mg/kg → Deficiente: puede causar clorosis en hojas viejas.
- 50–150 mg/kg → Óptimo: rango ideal para la mayoría de los cultivos.
- > 150 mg/kg → Elevado: puede competir con Ca y K en la absorción.

Azufre (S):

- < 10 mg/kg → Bajo: puede limitar la síntesis de proteínas.
- 10–30 mg/kg → Óptimo: adecuado para cultivos exigentes en S.
- > 30 mg/kg → Alto: rara vez tóxico, pero puede indicar acumulación por fertilización excesiva.

Anexo 5: Tabla de recolección de datos de practica de laboratorio 9: Determinación de microelementos Fe, Zn, Mn, Mo, Cl, Cu y Ni disponible en el suelo.

Muestra	Concentración [mg/kg]							Interpretación de Resultados
	Fe	Zn	Mn	Mo	Cl	Cu	Ni	

Leyenda de interpretación:

Hierro (Fe):

- < 4.5 mg/kg → Deficiente
- 4.5–10 mg/kg → Adecuado
- > 10 mg/kg → Alto (posible toxicidad en suelos ácidos)

Zinc (Zn):

- < 0.5 mg/kg → Deficiente
- 0.5–2.0 mg/kg → Óptimo
- > 2.0 mg/kg → Elevado (puede ser tóxico en suelos ácidos)

Manganeso (Mn):

- < 2.0 mg/kg → Deficiente
- 2.0–10 mg/kg → Adecuado
- > 10 mg/kg → Alto (riesgo de toxicidad en suelos ácidos)

Molibdeno (Mo):

- < 0.1 mg/kg → Deficiente
- 0.1–1.0 mg/kg → Óptimo
- > 1.0 mg/kg → Elevado (poco común, pero puede afectar la absorción de Cu)

Cloro (Cl):

- < 2.0 mg/kg → Deficiente (raro)
- 2.0–10 mg/kg → Adecuado
- > 10 mg/kg → Posible toxicidad en cultivos sensibles

Cobre (Cu):

- < 0.2 mg/kg → Deficiente
- 0.2–2.0 mg/kg → Óptimo
- > 2.0 mg/kg → Elevado (puede afectar microorganismos del suelo)

Níquel (Ni):

- < 0.1 mg/kg → Adecuado
- > 0.1 mg/kg → Potencialmente tóxico (aunque es esencial, se requiere en cantidades muy pequeñas)



UES

Universidad Estatal de Sonora
La Fuerza del Saber Estimulará mi Espíritu