

SB  
191  
RS  
26583  
V-4

# UNIDADES DE APRENDIZAJE PARA LA CAPACITACION EN TECNOLOGIA DE PRODUCCION DE ARROZ

# 4

## USO EFICIENTE DE LOS FERTILIZANTES EN EL CULTIVO DEL ARROZ EN EL ECUADOR

29 MARZO 1991



98661

**Francisco Romero  
Patricia Vizuetto  
Ciro Paca  
Angel Carranza**

030105

06 JUN 1991

**República del Ecuador  
Ministerio de Agricultura y Ganadería  
CIAT-INIAP-PROTECA-PNAR  
1991**

# USO EFICIENTE DE LOS FERTILIZANTES EN EL CULTIVO DEL ARROZ EN EL ECUADOR

**Autores:**

Francisco Romero Ing. Agr.

Patricia Vizueté Ing. Agr.

Ciro Paca Ing. Agr.

Angel Carranza Ing. Agr.

**Asesor científico:**

Alfredo León, Ph.D.

**Coordinación general:**

Vicente Zapata S., Ed.D.

Elías García, Ing. Agr.

**Producción:**

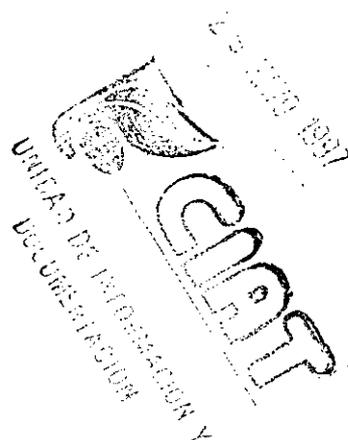
Liliana Bejarano O. Ing. Agr.

Lucy García, Ing. Agr.

Yolanda Romero F., Biól.

**Diagramación:**

Juan Carlos Londoño, Biól.



La serie de unidades de aprendizaje sobre tecnologías de producción de arroz fue elaborada y publicada con el auspicio del **Banco Interamericano de Desarrollo (BID)** Proyecto de Formación de Capacitadores, convenio CIAT-BID: ATN/SF-3840-RE (2).

Otros títulos de la misma serie:

0. Crecimiento, desarrollo y manejo del cultivo del arroz.
1. Principios básicos para el manejo integrado de las malezas del arroz en el Ecuador
2. Insectos-plaga de importancia y su manejo en el cultivo del arroz en el Ecuador
3. Principales enfermedades del arroz en el Ecuador y su manejo

Romero, Francisco ; Vizuite, Patricia ; Paca, Ciro ; Carranza, Angel ; Uso eficiente de los fertilizantes en el cultivo del arroz en el Ecuador  
Asesor científico: Alfredo León ; coordinación general , Vicente Zapata S., Elías García D. ; Producción, Liliana Bejarano O. , Lucy García S., Yolanda Romero F., diagramación, Juan Carlos Londoño -- Cali, Colombia: Centro Internacional de Agricultura Tropical.

Incluye 11 diapositivas col y 30 transparencias en bolsillo.

ISBN:

Publicado en cooperación con el Ministerio de Agricultura y Ganadería, Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria, Programa de Desarrollo Tecnológico Agropecuario, Programa Nacional de Arroz.

1. Arroz -- Requerimientos nutricionales. 2. Arroz -- Deficiencias nutricionales -- Sintomatología. 3. Arroz -- Suelo de arrozales -- Ecuador. 4. Arroz -- Fertilizantes. I. Romero, Francisco II. Vizuite, Patricia III. Paca, Ciro IV. Carranza, Angel V. Ministerio de Agricultura y Ganadería VI. Programa de Desarrollo Tecnológico Agropecuario VII. Programa Nacional de Arroz VIII. Centro Internacional de Agricultura Tropical.

## Agradecimientos

Los autores de este material agradecen al Ing. Elfas García asociado de capacitación del CIAT, y al Ing. Eugenio Tascón asociado de capacitación del CIAT hasta 1992, el apoyo técnico que les brindaron durante todas las etapas de su formación como capacitadores y en la elaboración de esta Unidad de Aprendizaje. Las múltiples contribuciones que ellos hicieron para garantizar la publicación de esta serie de materiales dignas de reconocimiento de todos aquellos que se benefician de la capacitación que se imparte mediante el empleo de las Unidades de Aprendizaje.

*Los autores.*

# Contenido

	Página
Prefacio .....	1
Características de la audiencia .....	3
Instrucciones para el manejo de la Unidad .....	4
Flujograma para el estudio de esta Unidad .....	6
Dinámica de grupo .....	7
Expectativas de aprendizaje .....	8
Exploración inicial de conocimientos .....	11
Objetivos: terminal y específicos .....	18
Introducción .....	19
<b>Requerimientos nutricionales de la planta de arroz y síntomas de deficiencias</b>	
Funciones de los nutrientes en la fisiología de la planta .....	1-10
Proceso de absorción de los macronutrientes .....	1-13
Requerimientos de minerales de la planta .....	1-16
Síntomas de deficiencia de macro y micronutrientes .....	1-17
Ejercicio 1.1. Ensayo demostrativo del diagnóstico nutricional del arroz en un suelo determinado .....	1-20
Práctica 1.1. Ensayo demostrativo del diagnóstico nutricional del arroz en un suelo determinado .....	1-25
Resumen de la Secuencia 1 .....	1-34

**Características de los suelos arroceros del Ecuador  
y efectos de su inundación**

Suelos de las zonas de la provincia de Guayas ..... 2-11

Suelos de las zonas de la provincia de Los Ríos ..... 2-12

Condiciones ideales del suelo para el cultivo del arroz ..... 2-13

Efectos primarios de la inundación en los suelos ..... 2-13

Cambios físicos ..... 2-15

Cambios químicos ..... 2-18

Ejercicio 2.1. Zonas arroceras de Ecuador y sus características .... 2-27

Resumen de la Secuencia 2 ..... 2-32

**Recomendaciones para el uso racional de fertilizantes**

Toma de la muestra de suelo ..... 3-9

Interpretación del análisis del suelo ..... 3-11

Epoca y dosis de aplicación de los fertilizantes ..... 3-13

Fuentes de fertilización disponibles en el país ..... 3-14

Eficiencia en el uso de los fertilizantes ..... 3-14

Cálculo de las dosis de los fertilizantes ..... 3-18

Aspectos económicos de las recomendaciones sobre el uso  
de fertilizantes ..... 3-18

Práctica 3.1. Toma de muestra de suelo y recomendaciones  
sobre el uso de fertilizantes ..... 3-19

Ejercicio 3.1. Recomendaciones para el uso racional  
de fertilizantes ..... 3-22

Resumen de la Secuencia 3 ..... 3-32

Evaluación final de conocimientos ..... 3-33

Bibliografía ..... 3-42

**Anexos**

Anexo 1. Evaluación del evento de capacitación .....	A-5
Anexo 2. Evaluación del desempeño de los instructores .....	A-8
Anexo 3. Evaluación de los instructores .....	A-10
Anexo 4. Formas en que son absorbidos los nutrimentos en la solución del suelo .....	A-14
Anexo 5. Características de las variedades de arroz sembradas en el Ecuador .....	A-17
Anexo 6. Clave para la determinación de deficiencias de nutrimentos en las plantas .....	A-18
Anexo 7. Diapositivas que complementan la Unidad .....	A-19
Anexo 8. Transparencias para uso del instructor .....	A-20

## Prefacio

En las últimas décadas el Centro Internacional de Agricultura Tropical, CIAT, en colaboración con los programas nacionales de investigación agrícola, ha desarrollado tecnología para los cultivos de frijol, yuca y arroz. Al mismo tiempo, el Centro contribuyó al fortalecimiento de la investigación en los programas nacionales mediante la capacitación de muchos de sus investigadores. Como consecuencia, ahora existe en América Latina un acervo de tecnologías superiores para los agricultores y un número importante de profesionales expertos en los cultivos mencionados.

También existe en nuestros países latinoamericanos un gran número de extensionistas dedicados a estos cultivos. Sin embargo, muchos de ellos no han tenido la oportunidad de actualizarse en las nuevas tecnologías y, por lo tanto, el flujo de ellas a los agricultores no ocurre con la rapidez y amplitud requeridas para responder a las necesidades de mayor producción de alimentos y de aumento de los ingresos de nuestros pueblos. Para superar esta limitación, el CIAT ha fomentado redes de capacitación que ayudan a los extensionistas a actualizarse en las nuevas tecnologías.

Las nuevas redes están integradas por profesionales expertos en frijol, yuca o arroz, quienes aprendieron métodos de orientación del aprendizaje para la capacitación de otros profesionales, y quienes están provistos de ayudas didácticas para facilitar el aprendizaje: Unidades de Aprendizaje, una de las cuales es la presente.

Hasta ahora se desarrollaron tres redes de capacitación; en el proceso de su transformación de especialistas agrícolas en "capacitadores" de profesionales agrícolas, elaboraron estas Unidades de Aprendizaje. Creemos que ellas son instrumentos dinámicos que esperamos sean adoptados por muchos profesionales, quienes harán ajustes a sus contenidos para adecuarlos a las condiciones locales particulares en que serán usados.

Hasta ahora las Unidades pasaron exitosamente la prueba de su uso. Pero sólo con el correr del tiempo veremos si realmente habrán servido para que la tecnología haya llegado a los agricultores, mejorando su bienestar y el de los consumidores de los productos generados en sus tierras. Con el ferviente deseo de que estos beneficios se hagan realidad entregamos las Unidades para su uso en las redes y fuera de ellas.

En el desarrollo metodológico de las Unidades y en su producción colaboraron muchas personas e instituciones. A todas ellas nuestro reconocimiento; especialmente a los nuevos capacitadores, a los dirigentes de sus instituciones y a los científicos del CIAT.

Un particular agradecimiento corresponde a la señora Flora Stella Collazos de Lozada por su eficaz y eficiente transcripción de los originales.

Hacemos un claro reconocimiento de la labor de dirección de la estrategia de formación de capacitadores, realizada por Vicente Zapata S., Ed. D., y de las correspondientes actividades de capacitación de las cuales surgió la serie de Unidades de Aprendizaje para la Capacitación en frijol.

Finalmente nuestro agradecimiento al Banco Interamericano de Desarrollo que financió el Proyecto para la Formación de Capacitadores, incluyendo la producción de estas Unidades.

---

*Gerardo Hábich*

Director Asociado de Relaciones Institucionales  
CIAT

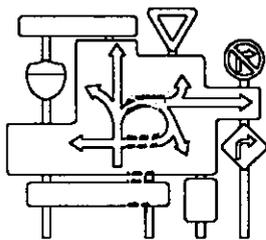
## Características de la audiencia



Esta Unidad está diseñada para capacitar y concientizar acerca del uso eficiente de los fertilizantes en el cultivo del arroz en Ecuador y está dirigida principalmente a asistentes técnicos, profesores de la materia en las universidades, técnicos de extensión agrícola de institutos gubernamentales, técnicos de casas comerciales, productores avanzados y líderes en el cultivo del arroz. También constituye material de apoyo para quienes, una vez capacitados y concientizados, transfieran la tecnología apropiada a otros técnicos y productores dedicados al cultivo.

La capacitación que se lleve a cabo con este material estará dirigida a Ingenieros Agrónomos que trabajen como extensionistas en entidades estatales y a asistentes técnicos de entidades privadas o independientes. Estos poseen conocimientos generales del cultivo, pero necesitan actualización en el uso de los fertilizantes en el cultivo del arroz.

## Instrucciones para el manejo de la Unidad



Esta Unidad de Aprendizaje ha sido preparada para su uso en el área de Ecuador, por lo cual en ella se hace referencia específica a ese contexto geográfico y a los agroecosistemas comprendidos en dicha región. Las personas interesadas en emplear este material para la capacitación en otras regiones o países deberán realizar los ajustes necesarios, tanto en el contenido teórico como en aquellas partes que se refieren a los resultados de la investigación local.

El contenido de la Unidad se distribuye en tres secuencias instruccionales, con recursos metodológicos y materiales de apoyo, con el fin de facilitarle a la audiencia el aprendizaje. Para optimizar su utilidad sugerimos tener en cuenta las siguientes recomendaciones.

Antes de usar la Unidad cerciórese de que sus componentes (páginas de contenido, diapositivas y transparencias) se encuentren en buen estado y con la secuencia adecuada; familiarícese con ellas; asegúrese de contar con el equipo necesario para proyectar las diapositivas y transparencias; compruebe su buen funcionamiento; ponga en práctica los recursos metodológicos de la Unidad, midiéndoles el tiempo para que pueda llevar a cabo todos los eventos de instrucción (preguntas, respuestas, ejercicios, presentaciones, etc.); prepare los sitios y materiales que necesite para las prácticas de campo y finalmente asegúrese de tener a mano todos los materiales necesarios para la instrucción.

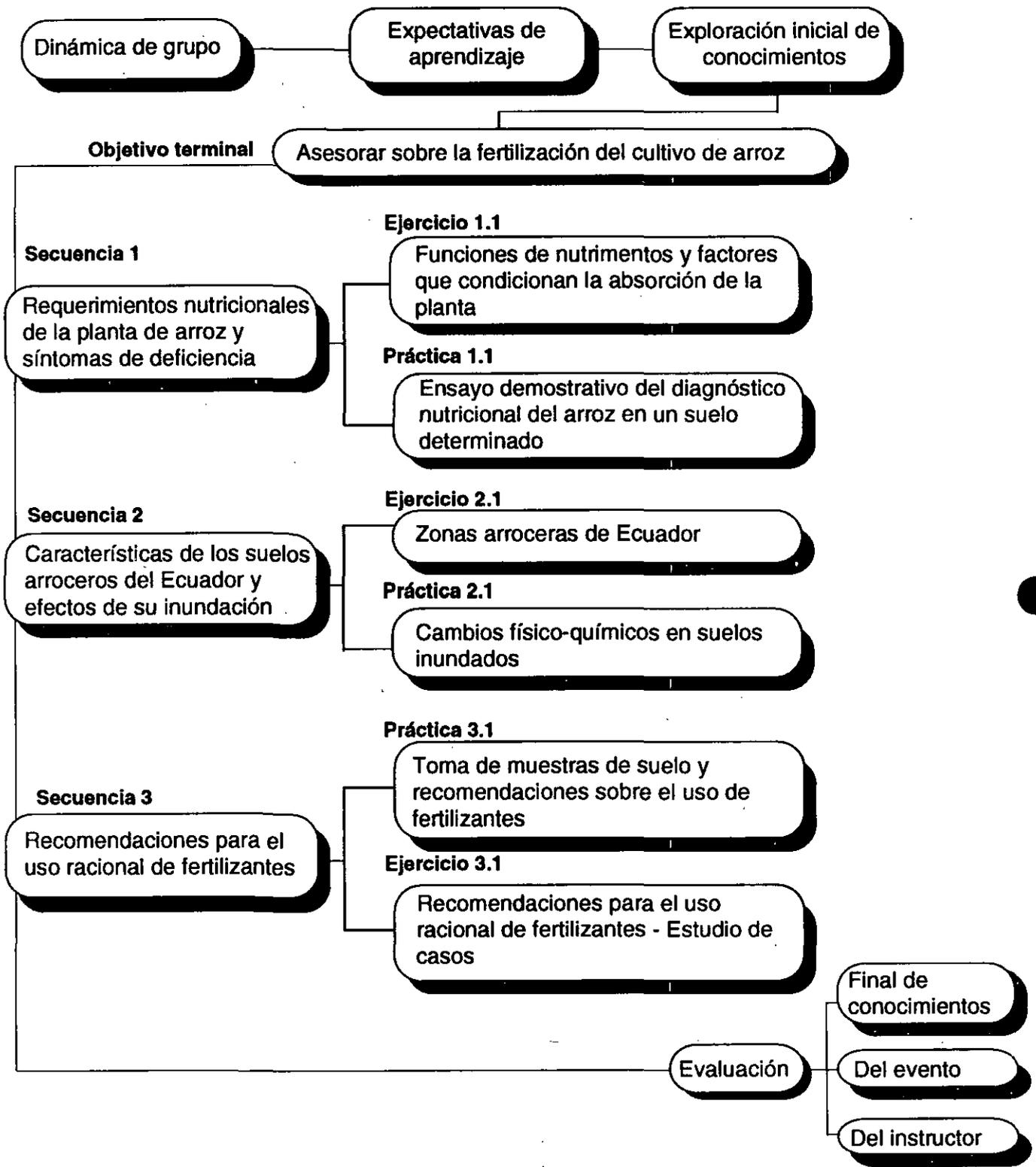
Durante el uso de la Unidad tenga siempre presente que los participantes en el curso son los protagonistas de su propio aprendizaje, por lo tanto, anímelos a participar activamente; revise continuamente el flujograma de actividades programadas y el tiempo que ha destinado para cada una con el fin de asegurar su cumplimiento; evite las discusiones personales innecesarias para que pueda cumplir con los objetivos de la Unidad; escriba las observaciones que, según su criterio, permiten mejorar el contenido y la metodología de la Unidad; haga énfasis en los objetivos específicos para aumentar la concentración de la audiencia; centre la atención de los participantes en los puntos principales y en la relación que tienen todos los subtemas con el objetivo terminal de la Unidad.

Para desarrollar cada secuencia, el instructor discutirá los objetivos específicos, luego expondrá el contenido técnico e introducirá las prácticas y ejercicios en el aula y en el campo.

**A los participantes se les hará una evaluación formativa y al final del taller se realizará la evaluación sumativa.**

**Después de usar la Unidad cerciórese de que todos sus elementos queden en buen estado y en el orden adecuado; obtenga información de retorno con respecto a su eficacia como instrumento de aprendizaje; responda a las inquietudes de la audiencia y haga las preguntas que considere convenientes. Insista en la consulta de la bibliografía recomendada y en la búsqueda de información más detallada sobre los temas del contenido que hayan despertado mayor interés en la audiencia. Finalmente, después de transcurrido el tiempo necesario, evalúe la forma en que se está realizando el uso eficiente de los fertilizantes en el cultivo del arroz en la zona de influencia de quienes recibieron la capacitación; sus aplicaciones en los lotes de los productores le indicarán su utilidad y el grado de aprendizaje obtenido.**

# Flujograma para el estudio de esta Unidad<sup>1</sup>



1/ El flujograma muestra la secuencia de pasos que el instructor y la audiencia deben dar para lograr los objetivos.

## Dinámica de grupo



Para hacer esta dinámica de grupo no es necesario ningún material de apoyo.

**Paso 1.** Divida el grupo en dos equipos y colóquelos el uno frente al otro, como si estuvieran realmente listos para comenzar un juego de voleibol.

**Paso 2.** Dígales a los jugadores que ellos van a hacer una pantomima, o sea que van a jugar como si estuvieran en una cancha con un balón y una malla.

**Paso 3.** Establezca las reglas:

- Cuando la primera persona va a hacer el primer pase deberá decir su nombre y un dato personal o profesional.
- Quien recibe la pelota deberá repetir la información de quien le lanzó la pelota y decir su propia información y así sucesivamente.
- Quien falle en reproducir la información en forma acertada, perderá un punto, quien acierte gana un punto. El instructor lleva el récord de los puntajes.

El instructor puede optar por otra forma de iniciación, especialmente cuando los participantes han compartido varios días de trabajo en equipo, u otro instructor ha realizado un ejercicio similar al descrito aquí.

También se puede prescindir de esta dinámica de grupo.

## Expectativas de aprendizaje

### **Orientación para el instructor**

En el cuestionario de Expectativas de Aprendizaje los participantes pueden expresar sus intereses y/o qué esperan del contenido técnico de esta Unidad. Este resultado será correlacionado con los objetivos de la capacitación. Las preguntas deben responderse en forma individual; al terminar cada participante se reunirá con sus compañeros de grupo para compartir sus respuestas. El grupo escogerá un relator quien tendrá a su cargo la presentación de las expectativas del grupo.

Con base en las presentaciones realizadas por los relatores, el instructor clasificará en un papelógrafo la información presentada. Cuando todos los relatores hayan hecho su presentación, el instructor procederá a indicar cuáles expectativas:

- Coinciden plenamente con los objetivos de la Unidad.
- Tienen alguna relación con los objetivos de la Unidad.
- Se refieren a otros aspectos de la capacitación que no han sido considerados en la Unidad.

## Expectativas de aprendizaje

### Instrucciones para el participante



El cuestionario que se presenta a continuación tiene como objetivo correlacionar sus expectativas con las de sus compañeros y con los objetivos de la Unidad. Cuando haya contestado a las preguntas reúnanse con sus compañeros de grupo, comparta con ellos las respuestas y nombren un relator para presentar las conclusiones del grupo.

Tiempo: 20 minutos

Nombre: \_\_\_\_\_

Fecha: \_\_\_\_\_

Edad: \_\_\_\_\_

Nivel académico: \_\_\_\_\_

Institución o Entidad: \_\_\_\_\_

#### Responsabilidad actual en su trabajo

- Investigación
- Extensión
- Docencia
- Administración
- Otros

1. ¿Qué espera usted aprender con el estudio de esta Unidad? \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

2. ¿Para qué cree que le pueda servir este aprendizaje? \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

3. ¿Cree usted que sus experiencias le serán útiles en el desarrollo de esta Unidad? ¿Por qué? \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

4. ¿Qué cree que el instructor espera de usted? \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

## Exploración inicial de conocimientos

### **Orientación para el instructor**

A continuación se presenta un cuestionario con una serie de preguntas que tienen relación con el contenido técnico de la Unidad. Al contestar estas preguntas se espera lograr en los participantes una evaluación de conocimientos sobre los temas principales de la Unidad.

Una vez que los participantes hayan contestado el formulario, el instructor dará las respuestas correctas sin entrar en mayores detalles o explicaciones sobre el porqué de las respuestas.

Al concluir el estudio de la Unidad se hará la evaluación final de conocimientos para comparar los resultados con la exploración inicial. De esta manera se podrá tener una indicación sobre el progreso logrado por los participantes.

# Exploración inicial de conocimientos

## Instrucciones para el participante



Responder a este cuestionario le ayudará a conocer cuánto sabe acerca de los aspectos más importantes de esta Unidad. Una vez que lo haya respondido, usted podrá comparar los resultados que obtenga con los que le presente el instructor y estimar los conocimientos con que usted inicia el estudio de este tema.

Tiempo: 15 minutos

Nombre: \_\_\_\_\_

Fecha: \_\_\_\_\_

Describa las funciones que desempeñan los siguientes elementos en la planta de arroz:

1. Nitrógeno \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

2. Fósforo \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

3. Potasio \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

Describe los síntomas de deficiencia de los siguientes elementos en la planta de arroz:

4. Nitrógeno \_\_\_\_\_

---

---

---

5. Fósforo \_\_\_\_\_

---

---

---

6. Potasio \_\_\_\_\_

---

---

---

7. ¿Cuáles son las condiciones ambientales de las zonas productoras de arroz? \_\_\_\_\_

---

---

---

8. ¿Qué tipos de suelos se encuentran en la provincia de Guayas?

---

---

---

9. ¿Qué tipos de suelos se encuentran en la provincia de Los Ríos?

---

---

---

10. Describa las condiciones ideales de un suelo para la siembra del arroz \_\_\_\_\_

---

---

---

11. ¿Qué tipos de análisis de suelos se realizan en el Ecuador? \_\_\_\_\_

---

---

---

12. ¿En qué momento se recomienda hacer la aplicación del fertilizante nitrogenado en siembras directas y en siembras por trasplante?

---

---

---

13. ¿En qué momento se recomienda hacer la aplicación de fósforo y de potasio? \_\_\_\_\_

---

---

---

## Exploración inicial de conocimientos - Información de retorno

### Orientación para el instructor

Una vez los participantes hayan contestado las preguntas del cuestionario, el instructor procede de la siguiente manera:

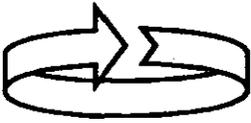
- Presenta las respuestas correctas (papelógrafo, transparencia o impreso).
- Permite que los participantes comparen sus respuestas con las que él ha presentado.
- Discute brevemente las respuestas sin profundizar demasiado en cada una de ellas.

Para hacer más dinámico este ejercicio, los cuestionarios se pueden intercambiar entre los participantes y revisarse. El instructor puede hacer un conteo del número de individuos que contestaron acertadamente a cada una de las preguntas. De esta manera el instructor puede conocer en qué medida un mayor o menor número de participantes posee un conocimiento previo acerca de los diferentes tópicos a tratar.

Es también recomendable que el instructor tenga a disposición de los participantes las referencias bibliográficas específicas (texto, capítulo, página) que se relacionan con las respuestas.



## Exploración inicial de conocimientos - Información de retorno



1. Fomenta el crecimiento rápido de la planta, aumenta el tamaño de las hojas y de los granos e incrementa su contenido proteínico.
2. Induce la floración y maduración tempranas, estimula el desarrollo de las raíces y aumenta la producción de granos.
3. Es esencial para la actividad de las enzimas, aumenta la resistencia de la planta al ataque de enfermedades y a las condiciones climáticas adversas, favorece el desarrollo de renuevos e incrementa el tamaño y el peso de los granos.
4. Plantas raquílicas y con pocos hijos. Con excepción de las hojas jóvenes que son verdes, las demás son angostas, cortas, erectas y amarillentas. Las hojas inferiores presentan secamiento del ápice a la base.
5. Plantas raquílicas con escaso macollamiento y desarrollo radical defectuoso; las hojas se presentan angostas, cortas, erectas y de un color verde grisáceo. Las hojas más jóvenes son sanas y las inferiores se tornan de color marrón y mueren. Si la variedad tiene tendencia a producir pigmentos antocianinos las hojas pueden desarrollar un color púrpura.
6. Reducción en el macollamiento y las plantas pueden sufrir raquitismo moderado. A medida que las plantas crecen las hojas inferiores toman un color verde amarillento entre las venas y se inclinan. Con el tiempo las hojas inferiores se tornan de color marrón y la coloración amarillenta pasa a las hojas superiores.
7. La temperatura oscila entre 22 y 26°C, la humedad relativa es del 75% y hay un régimen de lluvias de 1000 a 2000 mm distribuidos desde diciembre hasta abril y en un período de mayo hasta noviembre.
8. Suelos aluviales en su mayoría de textura arcillosa, con buena retención de agua y pH de 6.0 - 6.5, con buen contenido de fósforo y potasio pero escasos en nitrógeno; existen deficiencias localizadas de azufre y zinc, al igual que toxicidad causada por el hierro en los sectores que permanecen inundados.

9. Los suelos de estas zonas son derivados de ceniza volcánica, en su mayoría de textura franco-arcillosa, con predominio de la arcilla tipo caolinita, drenaje moderado y un pH de 5.6 - 7.0.
10. Las condiciones ideales de un suelo para la siembra del arroz son, buen contenido de materia orgánica (superior al 5%), buena capacidad de intercambio catiónico, buen contenido de arcilla (40%), topografía plana, capa arable profunda (mayor de 25 cm) y buen drenaje superficial.
11. Los análisis de suelos que se realizan en Ecuador son: análisis simple para determinar el contenido de nitrógeno, fósforo, potasio y pH del suelo; análisis completo para establecer además de lo anterior, los niveles de calcio, magnesio y azufre; y el análisis para determinar la conductividad eléctrica del suelo.
12. En siembras directas se recomienda aplicar el fertilizante nitrogenado en dos partes, una al comenzar el macollamiento y la otra al inicio del primordio floral.

En siembras mediante transplante la primera aplicación se debe hacer 10 días después de la siembra y la segunda al inicio del primordio floral. Es importante tener en cuenta el ciclo de la variedad, porque en las variedades tardías el inicio del primordio floral ocurre más tarde.

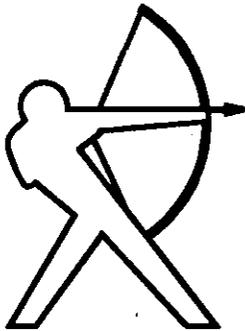
13. Antes de la siembra, incorporándolos al suelo con el último pase del rastrillo.

# Objetivos

## Terminal

Al finalizar el estudio de esta Unidad de aprendizaje, el participante estará en capacidad de asesorar a los agricultores en el uso eficiente de los fertilizantes disponibles en el Ecuador, con el fin de incrementar los rendimientos del cultivo del arroz.

## Específicos



Para lograr el objetivo terminal, usted deberá estar en capacidad de:

- ✓ Definir las funciones de los macronutrientes en la fisiología de la planta de arroz.
- ✓ Describir la forma en que la planta absorbe los macronutrientes y los factores que pueden influir en este proceso.
- ✓ Identificar en la planta los síntomas de deficiencia de nitrógeno, fósforo y potasio.
- ✓ Describir las características de los suelos ecuatorianos en las zonas de cultivos de arroz.
- ✓ Identificar las condiciones ideales del suelo para la siembra del arroz.
- ✓ Explicar las transformaciones que ocurren en el suelo como consecuencia de su inundación.
- ✓ Tomar en el campo muestras de suelos para análisis de laboratorio, usando dos instrumentos diferentes.
- ✓ Describir los tipos de análisis de suelos que se realizan en el laboratorio en el Ecuador.
- ✓ Enumerar por lo menos cuatro consideraciones que se deben tener en cuenta para hacer una aplicación eficiente de nitrógeno.
- ✓ Enumerar los factores que intervienen en la respuesta del cultivo a la aplicación del fertilizante nitrogenado.
- ✓ Identificar los factores que intervienen en la respuesta del cultivo a la aplicación de fertilizante con potasio y fósforo.
- ✓ Calcular la cantidad de producto comercial que se debe aplicar como fertilizante teniendo en cuenta la dosificación recomendada.
- ✓ Enumerar los aspectos económicos que deben tenerse en cuenta al elegir un fertilizante.

## Introducción



Existen diversos factores cuya acción independiente o interrelacionada afecta el rendimiento del arroz. En términos generales estos factores incluyen el genotipo, los procesos fisiológicos de la planta y los recursos bióticos y abióticos que el medio ambiente les proporciona.

El éxito del cultivo radica en el buen manejo de todos los factores involucrados en la producción. El manejo racional de los fertilizantes es uno de los más importantes, ya que su adecuada utilización puede incrementar los rendimientos del cultivo, siempre y cuando se apliquen teniendo un conocimiento previo de las necesidades fisiológicas de la planta y de las carencias nutricionales del suelo. Para lograr este objetivo, inicialmente se estudian los requerimientos nutricionales de la planta de arroz y los síntomas de deficiencia; luego se describen las características de los suelos arroceros del Ecuador y finalmente se hacen las recomendaciones para el uso racional de los fertilizantes.

Esta Unidad está diseñada para capacitar en el uso eficiente de los fertilizantes a los profesionales y técnicos agrícolas que ya tengan experiencia en el cultivo. A su vez, pretende convertirse en un material de apoyo para aquellos que, una vez capacitados en el tema y en el planeamiento de la capacitación, transfieran la tecnología apropiada a los agricultores con poca o ninguna escolaridad.

De esta forma se pretende multiplicar la difusión de los avances en la tecnología del cultivo del arroz, para aumentar los rendimientos del cultivo en el país.

# **Secuencia 1**

**Requerimientos  
nutricionales de la  
planta de arroz  
y síntomas de  
deficiencias**

# Contenido

	Página
Objetivos .....	1-7
Información .....	1-9
Funciones de los nutrimentos en la fisiología de la planta. ....	1-10
•Proceso de absorción de los macronutrimentos .....	1-13
•Requerimientos de minerales en la planta. ....	1-16
•Síntomas de deficiencias de los macro y micronutrimentos. ....	1-17
Ejercicio 1.1. Ensayo demostrativo del diagnóstico nutricional del arroz en un suelo determinado .....	1-20
• Objetivos	
• Recursos necesarios	
• Instrucciones	
• Hoja de trabajo	
• Información de retorno	
Práctica 1.1. Ensayo demostrativo del diagnóstico nutricional del arroz en un suelo determinado .....	1-25
• Objetivos	
• Recursos necesarios	
• Instrucciones	
• Hoja de trabajo	
• Información de retorno	
Resumen de la Secuencia 1 .....	1-34

# Flujograma Secuencia 1

## Requerimientos nutricionales de la planta de arroz y síntomas de deficiencias

### Objetivos

- Definir las funciones de los macronutrientes en la fisiología de la planta de arroz.
- Describir la forma en que la planta absorbe los macronutrientes y los factores que pueden influir en este proceso.
- Identificar en la planta los síntomas de deficiencia de nitrógeno, fósforo y potasio.

### Contenido

- Definir las funciones de los macronutrientes en la fisiología de la planta de arroz.
- Describir la forma en que la planta absorbe los macronutrientes y los factores que pueden influir en este proceso.
- Identificar en la planta los síntomas de deficiencia de nitrógeno, fósforo y potasio.

### Bibliografía

### Ejercicio 1.1

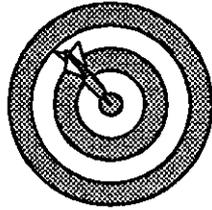
- Ensayo demostrativo del diagnóstico nutricional del arroz en un suelo determinado.
- Objetivos
  - Recursos necesarios
  - Instrucciones
  - Hoja de trabajo
  - Información de retorno.

### Práctica 1.1

- Ensayo demostrativo del diagnóstico nutricional del arroz en un suelo determinado.
- Objetivos
  - Recursos necesarios
  - Instrucciones
  - Hoja de trabajo
  - Información de retorno.

### Resumen Secuencia 1

## Objetivos



Al finalizar este subtema el participante estará en capacidad de:

- ✓ Definir las funciones de los macronutrientes en la fisiología de la planta de arroz.
- ✓ Describir la forma en que la planta absorbe los macronutrientes y los factores que pueden influir en este proceso.
- ✓ Identificar en la planta los síntomas de deficiencia de nitrógeno, fósforo y potasio.

## Información

En la planta de arroz se han identificado 17 elementos indispensables para su óptimo crecimiento, desarrollo y producción de grano. La planta toma estos elementos del medio ambiente en que se desarrolla, es decir del aire, el agua y el suelo. Los elementos tomados del aire y el agua son: carbono (C), hidrógeno (H) y oxígeno (O), los cuales constituyen entre el 90-94% de la materia seca.

Los elementos tomados del suelo son: nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K), silicio (Si), calcio (Ca), magnesio (Mg), azufre (S), hierro (Fe), manganeso (Mn), zinc (Zn), boro (B), molibdeno (Mo), cobre (Cu) y cloro (Cl), los cuales constituyen menos del 10% de la materia seca.

Estos elementos se clasifican de acuerdo con la cantidad que de cada uno absorbe la planta, así: macronutrientes los que requiere en mayor proporción, que a su vez se dividen en primarios y secundarios y micronutrientes los que requiere en menor proporción.

### *Macronutrientes*

Primarios: N, P, K y en el caso del arroz Si.

Secundarios: Ca, Mg y S

*Micronutrientes:* Fe, Mn, Zn, B, Mo, Cu y Cl.

## **Funciones de los nutrientes en la fisiología de la planta**

Las funciones de los macronutrientes en la fisiología de la planta de arroz son:

### **Nitrógeno**

La mayor o menor cantidad de granos es el resultado de la relación entre la fotosíntesis y la respiración y éstas son actividades que están influenciadas directa o indirectamente por el contenido de nutrientes. Por ejemplo, el nitrógeno es un componente de las proteínas, las que a su vez son constituyentes del protoplasma, los cloroplastos y las enzimas. Los efectos que el nitrógeno produce en el arroz son los siguientes: da un color verde oscuro a las partes de la planta, estimula el crecimiento rápido (aumento de la altura y formación de renuevos, siendo esto último importante para incrementar el rendimiento en grano), hace que aumente el tamaño de las hojas y los granos, incrementa el contenido proteínico de los granos, mejora la calidad de los cultivos y sirve de alimento a microorganismos, mientras se descomponen materiales orgánicos de bajo contenido de nitrógeno (Takahashi, 1964).

### **Fósforo**

El fósforo, como fosfato inorgánico, es un compuesto rico en energía, y como una coenzima está directamente involucrado en la fotosíntesis. Es un elemento indispensable para que la planta crezca y tenga un alto rendimiento en grano, estimula el desarrollo de las raíces haciendo que las plantas sean más resistentes a la sequía, induce la floración y maduración tempranas neutralizándose o reduciéndose así la influencia desfavorable de los trasplantes tardíos, facilita la formación más activa de renuevos, lo que a su vez permite que las plantas de arroz se recuperen más rápidamente y de manera más completa después de cualquier situación adversa y, finalmente, le da al arroz un mayor valor alimenticio, debido al contenido más alto de fósforo en los granos (De Geus, 1954).

### **Potasio**

El potasio, al actuar en la apertura y cierre de los estomas, tiene que ver en el control de la difusión del  $\text{CO}_2$  en los tejidos verdes, que es el primer paso de la fotosíntesis. Es un elemento esencial en la actividad de las enzimas, hace al cultivo resistente a las enfermedades y a los efectos adversos provocados por condiciones climáticas desfavorables, estimula el desarrollo de renuevos e incrementa el tamaño y peso de los granos (Jacob, 1958).

**Calcio**

El calcio hace parte de las paredes de las células y es necesario para su división, incrementa la resistencia de la planta al acame y al ataque de enfermedades.

**Magnesio**

El magnesio es un componente de la clorofila y de varias enzimas esenciales; sus funciones son similares a las del calcio.

**Azufre**

El azufre es un componente de algunos aminoácidos, tales como cisteína, cistina y metionina y de las hormonas tiamina y biotina; es importante en el funcionamiento de algunas enzimas activadoras y en las reacciones de oxido - reducción.

**Silicio**

El silicio interviene en cuatro aspectos fundamentales:

- El crecimiento normal de las plantas. El silicio promueve el desarrollo de la planta porque fortalece las raíces y los tallos, favorece la formación temprana de la panícula, incrementa el número de espiguillas por panícula y el porcentaje de maduración de los granos.
- La economía de agua. Cuando las plantas carecen de silicio sufren estrés si se colocan en ambientes en los que la transpiración se incrementa o la absorción de agua es muy deficiente; la absorción de silicio es crítica durante la iniciación de la panícula, cuando la actividad radical es más reducida y el nivel de transpiración es alto.
- La resistencia a plagas y enfermedades. Una cutícula de silicio es una excelente barrera contra el ataque de hongos, insectos y ácaros porque constituye una barrera física. La aplicación de silicio reduce la acción desfavorable del nitrógeno sobre la resistencia del arroz a las enfermedades como el añublo.
- Los efectos en otros nutrimentos. El silicio parece promover la traslocación de fósforo en la planta e impide su consumo excesivo, también facilita la absorción del fósforo del suelo por la planta.

Las funciones de los micronutrientes son las siguientes:

- Hierro** El hierro participa en la formación de la clorofila sin ser uno de sus componentes; en su forma orgánica o combinado con compuestos orgánicos es un posible catalizador que actúa como un componente de enzimas reductoras e inhibe la absorción de potasio.
- Manganeso** El manganeso interviene en la fotosíntesis y en los procesos de oxidación-reducción; activa varias enzimas, tales como la oxidasa, la peroxidasa, la deshidrogenasa, la descarboxidasa y la kinasa.
- Zinc** El zinc probablemente tiene relación con la producción de auxinas, activa varias reacciones enzimáticas y está estrechamente involucrado en el metabolismo del nitrógeno.
- Boro** El boro es un catalizador del sistema metabólico de la planta y regula algunas funciones fisiológicas como el metabolismo del nitrógeno y el calcio.
- Molibdeno** El molibdeno es un componente y regulador enzimático.
- Cobre** El cobre aumenta la resistencia a las enfermedades y disminuye la esterilidad masculina.
- Cloro** El cloro es esencial en la fotosíntesis (De Data, 1981).

## Proceso de absorción de los macronutrientes

La absorción de los nutrientes por la planta está condicionada a diversos factores: las propiedades del suelo, la cantidad de fertilizante aplicado, la variedad de arroz, el sistema de cultivo y las condiciones ecológicas (Ishizuka, 1964). El proceso fisiológico mediante el cual la planta absorbe los nutrientes y la forma iónica en que son absorbidos se explican en el Anexo No.4.

La Figura 1.1 muestra las curvas de absorción de nitrógeno, fósforo y potasio durante las etapas de desarrollo de la variedad IR-36 bien fertilizada (130-40-40) que ha crecido en un suelo con adecuada disponibilidad de P y K; las raíces de las plantas fueron sumergidas en ZnO antes del trasplante, para corregir la deficiencia local de este micronutriente.

El nitrógeno es absorbido rápidamente durante las primeras etapas de desarrollo hasta el final de la etapa de grano pastoso y disminuye un poco durante el estado de máximo macollamiento y diferenciación.

La absorción de fósforo es lenta hasta cuando se inicia el primordio floral, posteriormente es un tanto más rápida hasta poco después de la floración, cuando las necesidades de fósforo de la planta están satisfechas.

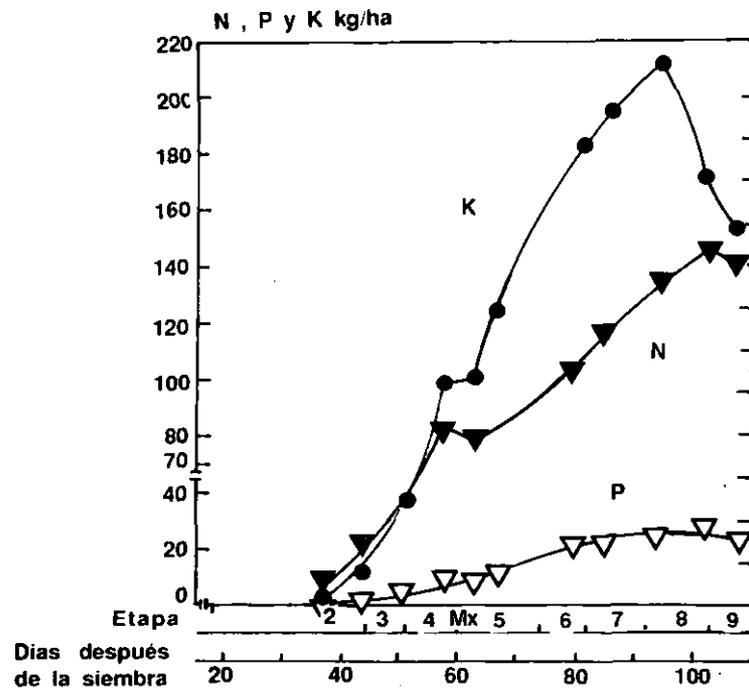


Figura 1.1. Absorción de N, P y K durante las etapas de desarrollo de la variedad IR-36 bien fertilizada (Fernández, 1978)

El potasio es absorbido por la planta hasta el final de la etapa lechosa del grano y luego decae.

Aunque no se han hecho experimentos respecto a la absorción con las variedades que se siembran en Ecuador, cuyas características se muestran en el Anexo No. 5, la tendencia de la planta de arroz es absorber  $K > N > P$ , proceso que va aumentando en forma paralela al incremento de la materia seca de la planta.

En el Cuadro 1.1 se observa cómo la variedad CICA 8 absorbe el silicio; este proceso es paralelo al aumento de materia seca durante las diversas etapas de desarrollo del cultivo. La cantidad de este elemento útil que absorbe el cultivo es mayor que la de los elementos esenciales. Alto contenido de silicio ( $SiO_2$ ) en los suelos mejora la absorción por la planta de otros nutrimentos.

Cuadro 1.1 Absorción de silicio por la variedad CICA 8, en el CIAT (Perdomo, et al, 1982)

Edad de la planta (días)	Si (kg/ha)
15	0.30
30	2.43
45	8.12
60	17.89
75	40.48
90	92.24
105	• paja • panícula 166.53
140	• paja • grano 387.97

El calcio es absorbido de acuerdo con el crecimiento de la planta y de manera continua hasta la etapa pastosa. Al igual que en el caso de los elementos mayores la absorción aumenta paralelamente al incremento de materia seca.

En la Figura 1.2 se observa la absorción de calcio, magnesio y azufre durante el período vegetativo. Hasta la etapa de iniciación de la panícula el cultivo ha absorbido el 14.1% del total del calcio; de este período a la maduración toma el 85.9% restante. Respecto al magnesio hasta la iniciación de la panícula la planta toma el 12.71%, y de esta época a la maduración el 87.28%. En cuanto al azufre hasta la etapa de iniciación del primordio floral la planta toma el 24.2% del total y de esta etapa a la maduración el 75.8%.(Perdomo, *et al*, 1982).

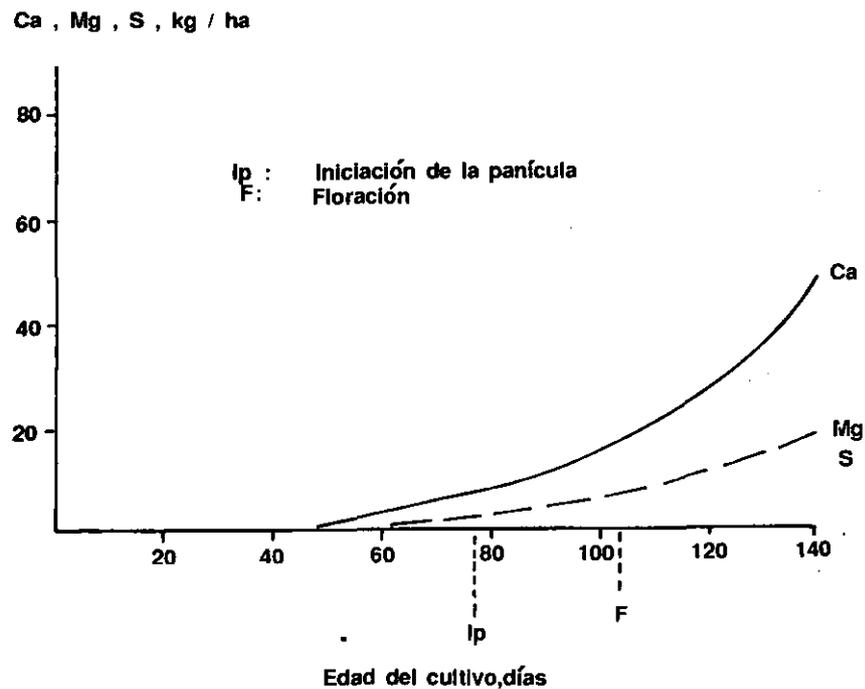


Figura 1.2. Absorción de calcio, magnesio y azufre (Perdomo, *et al*, 1982).

## Requerimientos de minerales de la planta

La cantidad de elementos removidos del suelo por las plantas de arroz depende de la cantidad de materia seca producida (kg/ha) y de su contenido (%) de nutrientes, lo que a su vez varía según el contenido de los elementos del suelo disponibles para la planta. El total de cobre varía de 30 a 40 kg/ha; respecto al silicio, de 890 - 1780 kg/ha (Yoshida, 1981). El silicio es el elemento que más toma la planta.

En el Cuadro 1.2 se observa la cantidad de nutrientes removidos del suelo por algunas variedades, según diferentes autores.

Cuadro 1.2 Cantidad de macronutrientes extraídos del suelo por diferentes variedades de arroz en kg/ha

Nutriente	Variedad tradicional <sup>1</sup>	IR-36 <sup>2</sup>	CICA 8 <sup>3</sup>	IR-8 <sup>4</sup>
N	90	146	162	164
P	20	25	22	46
K	219	212	90	309
Ca	34	---	49	27
Mg	25	---	17	34
SiO <sub>2</sub>	1780	---	378	890 <sup>a</sup>
S	---	---	13	14

<sup>1</sup> IRRI, 1963

<sup>2</sup> Fernández, *et al.* 1978

<sup>3</sup> Perdomo, *et al.* 1982

<sup>4</sup> Yoshida, 1981

<sup>a</sup> como Si

Para producir una tonelada de arroz en el trópico se necesitan aproximadamente:

Nitrógeno: 18 - 27 kg      Calcio: 3 - 8 kg

Fósforo: 4 - 5 kg      Magnesio: 3 - 4 kg

Potasio: 15 - 35 kg      Azufre: 1.5 - 2.5 kg

Por ejemplo, de acuerdo con los datos anteriores, para producir 5 toneladas de arroz sembrando la variedad INIAP 11 se necesitan aproximadamente de 90-135 kg/ha de nitrógeno.

## **Síntomas de deficiencia de macro y micronutrientes**

Se conocen como síntomas de deficiencia las manifestaciones externas que se presentan en la planta cuando existen carencias agudas de uno o más nutrientes. Estos síntomas son más comunes cuando se trata de los elementos que la planta toma en menor proporción y en los suelos infértiles; en algunos casos, los mismos síntomas pueden ser producidos por factores fisiológicos, patológicos y otros agentes dañinos que inhiben la toma de los nutrientes. En otros casos los síntomas pueden confundirse con los causados por sustancias minerales y organismos contenidos en el ambiente, tales como: exceso de Na, Fe, Al y algunos componentes orgánicos.

En situaciones de deficiencias menores o sea cuando los síntomas no se presentan (hambre escondida) se requieren análisis de laboratorio o experimentos de campo y/o invernadero para poder diagnosticar la deficiencia.

La movilidad de los nutrientes en la planta y la posición de las hojas en las que aparecen los síntomas de deficiencia están relacionados. Cuando se trata de un nutriente de poca movilidad, como el calcio y el hierro, por ejemplo, los síntomas normalmente aparecen en las hojas superiores. Por el contrario, cuando el elemento es móvil, los síntomas aparecen en las hojas inferiores, debido a que el nutriente ha sido translocado a las hojas superiores o al punto de crecimiento. El nitrógeno, el fósforo, el potasio y el azufre son ejemplos de nutrientes móviles.

La clorosis, que es un signo de deficiencia, es diferente según el elemento que escasea; la deficiencia de potasio y magnesio causan clorosis intervenal, mientras que la de nitrógeno y azufre producen clorosis total.

### **Deficiencia de nitrógeno**

Las plantas con deficiencia de nitrógeno son raquíticas y con pocos hijos. Con excepción de las hojas jóvenes que son verdes, las demás son angostas, cortas, erectas y amarillentas. Las hojas inferiores presentan secamiento del ápice a la base.

### **Deficiencia de fósforo**

Las plantas con deficiencia de fósforo también son raquíticas, con escaso macollamiento y defectuoso desarrollo radicular. Las hojas son angostas, cortas, erectas y con un color verde-grisáceo opaco. Las hojas jóvenes son sanas y las inferiores se tornan de color marrón y mueren. Si la variedad tiene tendencia a producir pigmentos antocianinos las hojas pueden desarrollar un color púrpura.

Deficiencia de potasio	Como consecuencia de la deficiencia de potasio se reduce el macollamiento y las plantas pueden sufrir de raquitismo moderado. A medida que las plantas crecen las hojas inferiores toman un color verde amarillento entre las venas y se inclinan. Con el tiempo las hojas inferiores se tornan de color marrón y la coloración amarillenta pasa a las hojas superiores.
Deficiencia de calcio	La deficiencia de calcio afecta muy poco la apariencia general de la planta, excepto cuando es aguda, en cuyo caso el punto de crecimiento de las hojas superiores se torna blanco, enrollado y encrespado, la planta es raquílica y los puntos de crecimiento mueren.
Deficiencia de magnesio	La deficiencia de magnesio cuando es moderada afecta levemente la altura de la planta y el macollamiento. Las hojas son onduladas y se doblan debido a la expansión del ángulo entre la lámina foliar y la vaina. La clorosis intervenal ocurre en las hojas inferiores y se caracteriza por un color anaranjado.
Deficiencia de silicio	La deficiencia de silicio hace que las plantas presenten hojas con una apariencia débil y marchita.
Deficiencia de azufre	La deficiencia de azufre produce síntomas similares a los de deficiencia de nitrógeno y diferenciarlos visualmente es casi imposible. Inicialmente se manifiesta en las vainas foliares, que se amarillean, avanza hacia las láminas de las hojas, y provoca la clorosis general de la planta durante la etapa de formación de macollas. La panícula de las plantas afectadas es más pequeña y su número es menor.
Deficiencia de manganeso	La deficiencia de manganeso hace que las plantas presenten los siguientes síntomas: enanismo pero con un número de macollas normal, clorosis intervenal, rayas cloróticas que se extienden desde la punta hasta la base de las hojas, las cuales se tornan de color café oscuro y necróticas, las hojas recién emergidas son cortas, angostas y de color café.

**Deficiencia de zinc**

La deficiencia de zinc trae como consecuencia la decoloración de las hojas más bajas (puntos y manchas de color café), síntomas que aparecen dos o tres semanas después del trasplante; las plantas severamente afectadas se localizan por lo común en las partes más bajas; la mayoría de las plantas afectadas se recuperan, pero las que sufren la deficiencia más severa mueren.

**Deficiencia de boro**

La deficiencia de boro causa reducción del tamaño de las plantas; la punta de las hojas recién emergidas es blanca y enrollada como cuando hay deficiencia de calcio; cuando la deficiencia es severa los primordios de la planta pueden morir, pero también puede producirse un nuevo macollamiento.

**Deficiencia de cobre**

La deficiencia de cobre se reconoce en las plantas por la coloración azulada que presentan las hojas, las cuales se tornan cloróticas cerca de la punta; se desarrolla una clorosis descendiente a ambos lados de la nervadura central de la hoja que posteriormente se torna café oscura con necrosis en la punta; las hojas nuevas no se desenrollan y permanecen en forma de aguja, y en algunas ocasiones al desenrollarlas solamente está la mitad de la hoja, sin embargo la base de las hojas se ha desarrollado normalmente.

Los síntomas de deficiencia de molibdeno y de cloro no han sido descritos hasta el momento.

## **Ejercicio 1.1 Ensayo demostrativo del diagnóstico nutricional del arroz en un suelo determinado**

### **Objetivos**

- ✓ Definir las funciones de los macronutrientes en la fisiología de la planta
- ✓ Enumerar los factores que condicionan la absorción de los nutrientes por la planta

### **Recursos necesarios**

- Material bibliográfico referente a los temas
- Hoja de trabajo

### **Instrucciones**

Los participantes deben responder el cuestionario que les entrega el instructor, en discusión grupal

Para ello, pueden usar los materiales de referencia bibliográfica que tengan a su alcance

- El instructor divide al grupo en subgrupos
- Cada subgrupo tendrá un relator que expondrá en la plenaria
- Se realizará una plenaria con el fin de discutir los resultados obtenidos

1. Defina brevemente las funciones del nitrógeno, el fósforo y el potasio en la fisiología de la planta de arroz.

a. Funciones del nitrógeno: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

b. Funciones del fósforo: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

c. Funciones del potasio: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

2. Enumere los cinco factores que condicionan la absorción de los nutrientes por la planta:

a. \_\_\_\_\_

b. \_\_\_\_\_

c. \_\_\_\_\_

d. \_\_\_\_\_

e. \_\_\_\_\_

3. De acuerdo con la gráfica de absorción del nitrógeno, el fósforo y el potasio en la variedad IR-36, ¿cuál es la tendencia que muestra cada uno de los elementos durante el desarrollo de la planta?

---

---

---

## **Ejercicio 1.1 - Información de retorno**

1. **Funciones del nitrógeno:** da un color verde oscuro a las partes de la planta, estimula su rápido crecimiento, hace que aumente el tamaño de las hojas y los granos, incrementa el contenido proteínico de los granos, mejora la calidad de los cultivos y proporciona alimento a microorganismos, mientras se descomponen materiales orgánicos de bajo contenido de nitrógeno.

**Funciones del fósforo:** es indispensable para el crecimiento vigoroso de la planta y un alto rendimiento en grano, estimula el enraizamiento lo cual aumenta la resistencia de las plantas a sequía, induce la floración y maduración tempranas neutralizándose así la influencia desfavorable de los trasplantes tardíos, estimula la formación más activa de renuevos permitiendo así a la planta una recuperación más rápida y completa después de cualquier situación adversa; también le da al arroz mayor valor alimenticio porque aumenta el contenido de fósforo en los granos.

**Funciones del potasio:** es esencial en la actividad enzimática, controla la apertura y cierre de los estomas, hace al cultivo resistente a las enfermedades y a los efectos adversos provocados por condiciones climáticas desfavorables, estimula el desarrollo de renuevos e incrementa el tamaño y peso de los granos.

Se recomienda a los interesados en ampliar este tema, consultar la Unidad Audiotutorial del CIAT sobre “Los macronutrientes en la nutrición de la planta de arroz”.

2.
  - a. Las propiedades del suelo
  - b. La cantidad de fertilizante aplicado
  - c. La variedad de arroz sembrada
  - d. El sistema de cultivo
  - e. Las condiciones del ecosistema.

3. De acuerdo con la gráfica de absorción de nitrógeno, fósforo y potasio en la variedad IR-36 la planta de arroz absorbe  $K > N > P$ , proceso que se va incrementando en forma paralela al aumento de materia seca.

## Práctica 1.1 Ensayo demostrativo del diagnóstico nutricional del arroz en un suelo determinado

### Objetivo

- ✓ Observar los síntomas de deficiencia de nitrógeno, fósforo, potasio y calcio en la planta de arroz.
- ✓ Calcular la cantidad de fertilizante que debe aplicarse dadas algunas muestras de suelo.

### Recursos necesarios

- El suelo.
- Materos.
- Las fuentes de los elementos indispensables para la nutrición de la planta, especificadas en el Cuadro 1.3.
- Semilla de arroz.
- Paletas plastificadas para indicar los tratamientos.
- Casa de malla o invernadero para realizar el experimento.

Cuadro 1.3. Dosis de las fuentes de cada uno de los elementos empleados en el ensayo

Nutrimiento	Dosis (kg/ha)	Fuente	Concentración en fuente (%)
N	100	Urea	46.0
P	100	H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	31.6
K	72	KCl	52.4
Mg	50	MgCl <sub>2</sub> ·6H <sub>2</sub> O	12.0
Zn	102	ZnSO <sub>4</sub> ·7H <sub>2</sub> O	2.7
Fe	2	Fe (quelato)	4.2
B	12	Solubor	20.5
Cu	5	CuCl <sub>2</sub> ·2H <sub>2</sub> O	37.3
S*	50	S. elemental	100.0
Ca*	4000	CaCO <sub>3</sub> puro	100.0

\* Aplicado sólido para el peso del suelo estimado en kg/ha- Materos con sus platos respectivos

## **Instrucciones**

Es necesario que el instructor prepare la práctica por lo menos con 40-60 días de anticipación siguiendo estos pasos:

1. Tomar una muestra del suelo que se va a emplear para la siembra y hacerle un análisis completo para determinar su grado de fertilidad.
2. Secar, moler, homogenizar y de ser posible desinfectar el suelo evitando el uso de productos como el amoníaco o cualquier otra fuente de elementos nutritivos. Bromuro de metilo o calor son los desinfectantes más recomendables.
3. Pesarse el suelo antes de colocarlo en los materos. Si la textura es arenosa se emplean 3 kg/matero, si es arcillosa 4 kg/matero.
4. En suelos fértiles es necesario eliminar el exceso de elementos disponibles con el fin de que cumplan con la condición de "suelo virgen". Para esto se acostumbra sembrar por unas tres semanas maíz, eliminando después la planta y raíces.
5. De acuerdo con los resultados del análisis del suelo y los requerimientos del cultivo, se realizan los tratamientos correctivos del caso. Por ejemplo, en suelos ácidos se elimina el tratamiento con manganeso, mientras que en suelos alcalinos se elimina el tratamiento con cal. Los niveles se establecen según las referencias de máximas extracciones, eficiencia y solubilidad de los elementos fertilizantes.
6. Para los tratamientos se utiliza el método de bloques al azar, empleando tres repeticiones en cada tratamiento.

Así:

- a. Testigo absoluto (suelo en su condición natural)
- b. Completo (suelo con los fertilizantes adecuados para la fertilización de la planta)
- c. Completo - N (suelo sin la fuente de nitrógeno)
- d. Completo - P (suelo sin la fuente de fósforo)
- e. Completo - K (suelo sin la fuente de potasio)
- f. Completo - Ca (suelo sin la fuente de calcio)

## Aplicación

Para calcular la cantidad de fertilizante que se debe aplicar a cada matero es necesario tener en cuenta la concentración del elemento en la fuente que se va a utilizar, la dosis recomendada de acuerdo con los resultados del análisis del suelo y la densidad aparente del mismo.

El procedimiento para calcular la densidad aparente del suelo por el método de la parafina es el siguiente:

- Seleccione por lo menos tres terrones de suelo sin revolver en el lote de donde extrajo el suelo para la siembra.
- Séquelos dejándolos expuestos al sol por lo menos durante un día y péselos.
- Amárrelos con un hilo de nylon
- Derrita parafina en un recipiente e introduzca los terrones en ella momentáneamente, con el fin de cerrar sus poros.
- Llene con agua una probeta hasta un volumen conocido
- Sumerja un terrón en la probeta y anote el volumen desplazado.
- Calcule el volumen del terrón por diferencia.
- Calcule la densidad aparente dividiendo el peso del terrón por el volumen de agua desplazado.

Por ejemplo, para aplicar en un matero de 4 kg de suelo, cuya densidad aparente es de 1.2 g/cm<sup>3</sup>, el equivalente a 100 kg/ha de nitrógeno, utilizando úrea al 46%, se procede así:

$$\begin{array}{rcl} 100 \text{ kg de úrea} & \underline{\hspace{2cm}} & 46 \text{ kg de N} \\ X \text{ kg de úrea} & \underline{\hspace{2cm}} & 100 \text{ kg de N} \end{array}$$

$$X = \frac{100 \times 100}{46} = 217.39 \text{ kg de úrea/ha}$$

1 ha = 10000 m<sup>2</sup>. Para calcular su volumen se supone que tiene una profundidad efectiva de 20 cm o sea 0.2 m, entonces:

$$V \text{ ha} = 100 \text{ m} \times 100 \text{ m} \times 0.2 \text{ m} = 2000 \text{ m}^3$$

Suponiendo que la densidad aparente del suelo sea de  $1.2 \text{ g/cm}^3$

$$P = 2000 \text{ m}^3 \times 1.2 \times 106 \text{ g/m}^3 = 2400 \times 106 \text{ g}$$

$$P = 2400 \times 103 \text{ kg}$$

$$217.39 \text{ kg de úrea} \quad \underline{\hspace{2cm}} \quad 2400 \times 103 \text{ kg de suelo}$$

$$X \text{ kg de úrea} \quad \underline{\hspace{2cm}} \quad 4 \text{ kg de suelo}$$

$$X = \frac{217.39 \times 4}{2400 \times 1000} = \frac{0.36 \times 10^{-3} \text{ kg} \times 1000 \text{ g}}{1 \text{ kg}} = 0.36 \text{ g de úrea.}$$

El mismo procedimiento se lleva a cabo para calcular la cantidad que se debe aplicar de cada una de las fuentes de nutrimentos. Los elementos sólidos, como la cal y el azufre, se deben mezclar con el suelo de cada matero. Los solubles se aplican en soluciones, de tal forma que un volumen dado proporcione el elemento adecuado para cada unidad. El volumen total debe ser igual al necesario para todo el ensayo.

## Manejo

Aplicados los tratamientos se requiere revolver el suelo y regar para distribuir los nutrimentos, evitando así que se presente toxicidad. La aplicación de N y P puede hacerse fraccionada. La cal, de ser posible, debe aplicarse con dos o más semanas de anticipación.

## Siembra

Es recomendable sembrar de 15 a 20 semillas de arroz por matero, las que pueden estar pregerminadas. Dejar de 10 a 12 plántulas por matero una vez estén las plántulas establecidas (8 días), esto facilitará la realización de evaluaciones destructivas durante el transcurso del ensayo; para ensayos que duren todo el ciclo vegetativo se deben dejar 2 ó 3 plantas.

## Riego

Para el riego se debe utilizar agua desionizada o destilada. La cantidad diaria se inicia con 100 cc y se incrementa a medida que las plantas crecen. En plantas completamente desarrolladas puede requerirse de 0.5 a 1 litro por día, pero varía el consumo de acuerdo con la cantidad de follaje.

## **Práctica 1.1 Ensayo demostrativo del diagnóstico nutricional del arroz en un suelo determinado**

### **Objetivos**

Evaluar los síntomas de deficiencia de nitrógeno, fósforo, potasio y calcio en la planta de arroz.

### **Recursos necesarios**

- Guía de la práctica
- Hojas de trabajo
- Materos con los tratamientos
- Tabla para el diagnóstico de las deficiencias (Anexo 6)

### **Instrucciones**

- Los participantes se dividirán en grupos de cuatro personas y se les asignarán seis materos por grupo para la realización de la práctica.
- Cada grupo observará la apariencia general de la plantas y anotará en las hojas de trabajo las evaluaciones realizadas en cada matero. Para las evaluaciones se tomarán las plantas de los testigos absoluto y completo como referencia.
- Cada grupo tabulará sus resultados y nombrará un relator para que presente los resultados y conclusiones.
- Al final de la práctica se hará una plenaria para discutir los resultados de cada grupo.
- El instructor presentará la información de retorno, basada en las mediciones realizadas con anterioridad al ensayo establecido.

Tiempo de la práctica: 3 horas

Mediciones	Matero No.						Observaciones
	1	2	3	4	5	6	
Altura de las plantas (cm)							
Desarrollo radicular (cm)							
Tamaño de las hojas (cm)							
Longitud de la raíz (cm)							
# tallos/plantas							
Color de hojas inferiores							
Color de hojas superiores							

**Resultados:**

1. Testigo absoluto
2. Completo
3. Completo - N
4. Completo - P
5. Completo - K
6. Completo - Ca

<b>Matero No.</b>	<b>Observaciones</b>
1	
2	
3	
4	
5	
6	

# Práctica 1.1 - Información de retorno

Mediciones	Matero No.						Observaciones
	1	2	3	4	5	6	
Altura de las plantas (cm)	17	19	15	14	15	18	
Desarrollo radicular (cm)	6	7	9	4	3	4	
Tamaño de las hojas (cm)	8	9	10	8	10	9	
Longitud de la raíz (cm)	5	7	6	4	5	7	
# tallos/plantas	2	4	3	3	3	4	
Color de hojas inferiores	Amar.	Verde	Amar.	Marrón	Marrón	Verde	
Color de hojas superiores	Verde	Verde	Verde	Verde	Amar.	Blanco	

## Resultados:

1. Testigo absoluto
2. Completo
3. Completo - N
4. Completo - P
5. Completo - K
6. Completo - Ca

## Práctica 1.1 - Información de retorno

<b>Matero No.</b>	<b>Observaciones</b>
1	Plantas anormales - Testigo absoluto
2	Plantas normales - Completo
3	Hojas inferiores amarillas y superiores verdes - Completo - N
4	Hojas inferiores marrón y superiores verdes - Completo -P
5	Hojas inferiores marrón y superiores amarillas- Completo - K
6	Hojas inferiores verdes y superiores blancas - Completo - Ca

## Resumen de la Secuencia 1

La planta de arroz necesita para su óptimo desarrollo 17 elementos, de los cuales el nitrógeno, el fósforo, el potasio y el silicio son los que absorbe del suelo en mayor proporción, por esto se han denominado macronutrientes primarios.

La absorción de los nutrientes por la planta está condicionada a los siguientes factores: las propiedades del suelo, la cantidad de fertilizante aplicado, la variedad de arroz, el sistema de cultivo y las condiciones ecológicas. Aunque no se han hecho experimentos de crecimiento y desarrollo con las variedades que se siembran en Ecuador, la tendencia de la planta de arroz es absorber  $K > N > P$ , proceso que se va aumentando en forma paralela al incremento de la materia seca de la planta.

Cada uno de los elementos que absorbe la planta, desarrolla una función vital en su funcionamiento. Por ejemplo, el nitrógeno es un componente importante de las proteínas, las que a su vez son constituyentes del protoplasma, los cloroplastos y las enzimas. Así mismo, la carencia de cualquiera de ellos ocasiona trastornos en la fisiología de la planta.

## **Secuencia 2**

**Características  
de los suelos  
arroceros del Ecuador  
y efectos de su  
inundación**

## Contenido

	Página
Objetivos .....	2-7
Información .....	2-9
Suelos de las zonas de la provincia de Guayas .....	2-11
• Zona de Daule .....	2-11
• Zona de Palestina .....	2-11
• Zona de Samborondón.....	2-12
Suelos de las zonas de la provincia de Los Ríos .....	2-12
• Zona central .....	2-12
• Zona de Babahoyo.....	2-13
Condiciones ideales del suelo para el cultivo del arroz.....	2-13
Efectos primarios de la inundación en los suelos.....	2-13
• Difusión del oxígeno .....	2-13
• Producción de gases .....	2-14
• Capa oxidada y capa reducida de un suelo inundado.....	2-14
Cambios físicos .....	2-15
• Cambios en el pH .....	2-15
• Reacciones de óxido-reducción .....	2-16
• Aumento de la conductividad eléctrica .....	2-18
Cambios químicos .....	2-18
• Transformación de nitrógeno.....	2-19
• Reducción del manganeso y del hierro.....	2-22
• Disponibilidad del fósforo .....	2-24
• Transformación del silicio .....	2-25
• Transformación del azufre.....	2-25

Ejercicio 2.1. Zonas arroceras del Ecuador y sus características ...2-27

- Objetivos
- Recursos necesarios
- Instrucciones
- Hoja de trabajo
- Información de retorno

Resumen de la Secuencia 2 .....2-32

## Flujograma Secuencia 2

Características de los suelos arroceros del Ecuador y efectos de su inundación

### Objetivos

- Describir las características de los suelos ecuatorianos en las zonas de cultivos de arroz
- Identificar las condiciones ideales del suelo para la siembra del arroz
- Explicar las transformaciones que ocurren en el suelo a consecuencia de su inundación

### Contenido

- Suelos de las zonas de la Provincia de Guayas
- Suelos en las zonas de la Provincia de Los Ríos
- Condiciones ideales de suelo para el cultivo del arroz
- Efectos primarios de la inundación en los suelos
- Cambios físico-químicos en los suelos
- Cambios químicos en los suelos

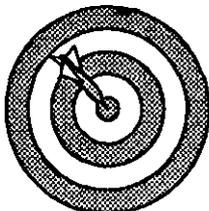
### Bibliografía

### Ejercicio 2.1

- Zonas arroceras del Ecuador y sus características
- Objetivos
  - Recursos necesarios
  - Instrucciones
  - Hoja de trabajo
  - Información de retorno

### Resumen Secuencia 2

## Objetivos



Al finalizar el estudio de esta secuencia el participante estará en capacidad de:

- ✓ Describir las características de los suelos ecuatorianos en las zonas de cultivo de arroz.
- ✓ Identificar las condiciones ideales del suelo para la siembra del arroz.
- ✓ Explicar las transformaciones que ocurren en el suelo a consecuencia de su inundación.

## Información

En 1989 el área sembrada de arroz en el Ecuador se calculó en 149.475 ha, con una producción de arroz en cáscara (seco) de 505.971 t y un rendimiento promedio de 3.4 t/ha. El 92% de dicha área está localizada en sólo dos provincias: Guayas, con el 52% del área cultivada y el 57.8% de la producción y Los Ríos, con el 40% del área cultivada y el 35.7% de la producción. El restante 8% del área está distribuida en pequeñas provincias de la sierra y el oriente del país (Figura 2.1).

En la provincia de Guayas las zonas arroceras más importantes son Daule, Santa Lucía, Palestina y Samborondón (Figura 2.2). Los suelos de estas zonas son aluviales y en su mayoría de textura arcillosa; tienen buena retención de agua y un pH de 6.0 - 6.5; el contenido de fósforo y potasio es bueno, pero el nitrógeno es escaso; existen deficiencias localizadas de azufre y zinc, al igual que toxicidad de hierro en los sectores que permanecen inundados. Algunos sectores de Daule y Samborondón presentan problemas de salinidad por influencia de las mareas en los ríos Daule y Babahoyo, especialmente durante la época seca en los últimos meses del año.

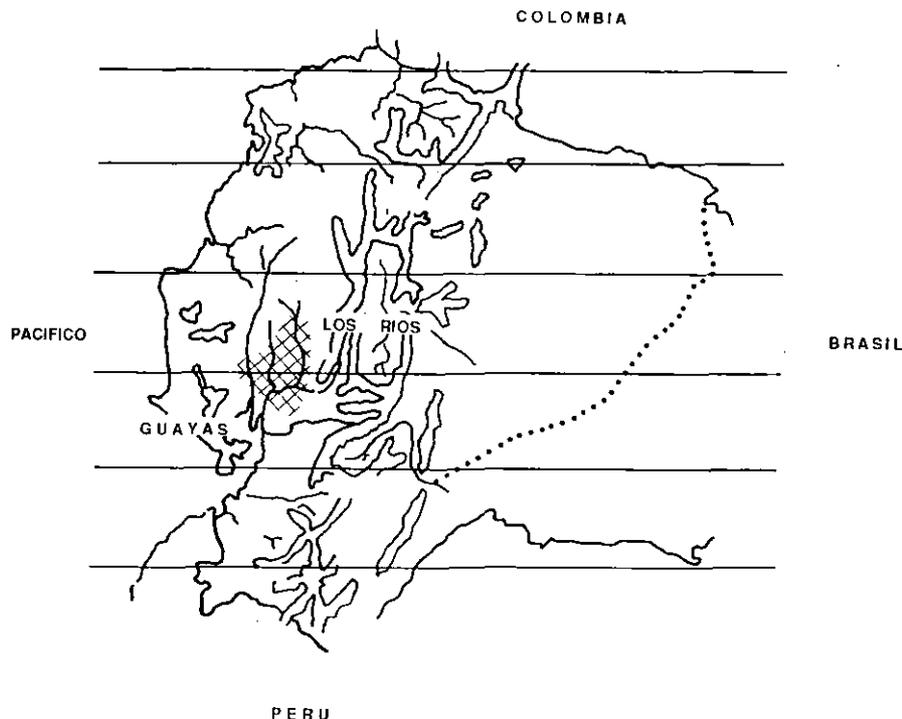


Figura 2.1. Zonas arroceras de Ecuador.

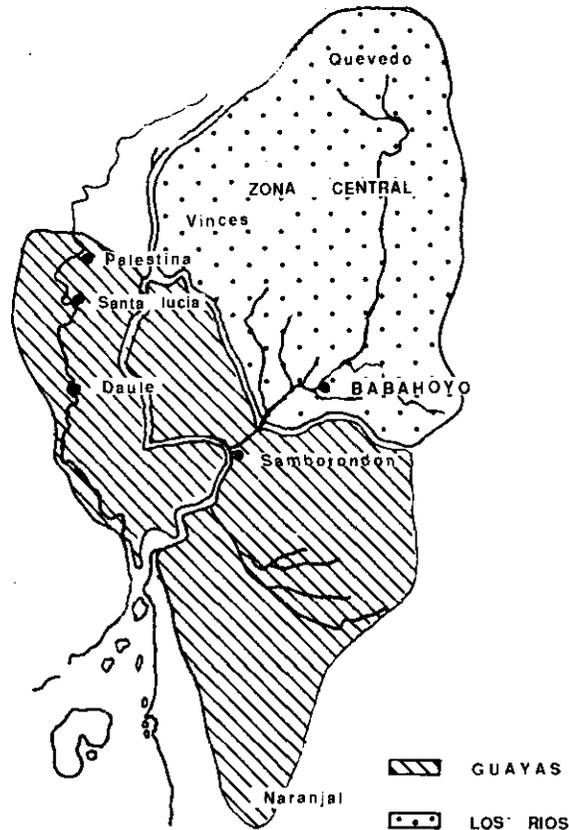


Figura 2.2. Provincias de Guayas y Los Ríos, donde se concentra el 92% del área arrocera del país.

En la provincia de Los Ríos las zonas arroceras más importantes son la zona Central y Babahoyo (Figura 2.2). Los suelos de estas zonas son derivados de cenizas volcánicas, en su mayoría de textura franco-arcillosa, con predominio de la arcilla tipo caolinita, drenaje moderado y un pH de 5.6 - 7.0.

La temperatura de las zonas productoras antes mencionadas oscila entre los 22 y 26°C, humedad relativa del 75% y un régimen de lluvias de 1000 a 2000 mm, distribuidos de diciembre hasta abril y un período seco de mayo hasta noviembre.

El sistema hidrográfico de las zonas arroceras lo constituye el río Guayas, con sus dos afluentes Daule y Babahoyo. El proyecto de propósito múltiple "Jaime Roldós Aguilera" encierra la denominada Cuenca del Río Guayas, donde se han implementado dos distritos de riego: Babahoyo con 7000 ha y América con 33.000 ha.

Existen además dos proyectos de control de inundaciones: Samborondón con 8000 ha y el de la "Cuenca Baja" con 60.000 ha. Además el Instituto de Recursos Hidráulicos mantiene dos distritos de riego en los cantones Mariscal Sucre y Manuel de J. Calle, que suministraron riego a 5000 ha aproximadamente.

A continuación consideramos en más detalle las condiciones del suelo de cada una de las zonas:

## **Suelos de las zonas de la provincia de Guayas**

### **Zona de Daule**

Esta zona está ubicada a lo largo del río Daule al sur de Balzar. Los suelos se han formado de la inundación de las llanuras del río y la irrigación se hace por inundación, son de textura arcillosa, pobremente drenados y al secarse se agrietan en grandes bloques masivos. El color superficial varía de gris a gris oscuro y los horizontes subyacentes varían de gris a gris oliva. Es una zona apropiada para la siembra de arroz por riego ya que no hay ningún riesgo de erosión.

#### **Análisis del perfil**

- A 0 - 50 cm. Suelo de textura arcillosa, de color superficial gris a gris muy oscuro, forma bloques muy duros y grietas hasta de 5 cm de ancho, tiene baja porosidad excepto en las grietas.
- B 50 - 100 cm. Suelo de textura arcillosa a franco-arcillo-arenosa muy fina, de color gris oliva a gris oliva muy fuerte, y de baja porosidad.

### **Zona de Palestina**

Los suelos de esta zona son relativamente pobres para la agricultura, están formados de sedimentos marinos viejos, elevados y deformados con el tiempo, el drenaje superficial es medio a rápido y el interno es lento, la topografía general es plana o ligeramente ondulada, el pH neutro. El horizonte B es duro, masivo, oscuro y con baja permeabilidad. En esta zona predomina el sistema de siembra por riego.

#### **Análisis del perfil**

- A 0 - 10 cm. Suelo de textura arcillosa moderadamente fuerte y estructura blocosa de color gris cuando está seco y café muy oscuro cuando está húmedo.

B 10 - 50 cm. Suelo de textura arcillosa, estructura masiva, ligeramente porosa con pequeñas concreciones negras, de color negro cuando está seco y café grisáceo muy oscuro cuando está húmedo.

## Zona de Samborondón

Esta zona comprende la parte más baja de la llanura de inundación de la Cuenca del Guayas. Los suelos son planos y aluviales, formados de sedimentos marinos, la textura es franco arcillosa y son clasificados como suelos salino sódicos debido a la influencia de las mareas que salinizan el agua de riego. El drenaje superficial e interno es lento, topografía general plana, no tiene riesgo de erosión y la irrigación se lleva a cabo por inundación, el pH es alcalino. En esta zona predomina el sistema de siembra por riego.

### Análisis del perfil

- A 0 - 20 cm. Suelo de textura arcillosa, extremadamente duro, forma bloques grandes, de muy baja permeabilidad excepto en las grietas, de coloración gris cuando está seco y café grisáceo cuando está húmedo.
- B 20 - 65 cm. Suelo de textura arcillosa, extremadamente duro, forma bloques grandes, de muy baja permeabilidad, tanto seco como húmedo es de coloración negra.

## Suelos de las zonas de la provincia de Los Ríos

### Zona central

Los suelos de esta zona son volcánicos recientes, de textura franca y franco-arcillosa, predomina el sistema de siembra de secano, drenaje interno y superficial medio, topografía general ondulada, erosión moderada.

### Análisis de perfil

- A 0 - 40 cm. Suelo de textura franca a franco-limosa, estructura granular, color superficial café cuando está seco y café oscuro al humedecerse.
- B 40 - 75 cm. Suelo de textura franco-arenosa muy fina a franco-limosa, estructura subangular débilmente blocosa y granular, color café oscuro al humedecerse y café claro.

## Zona de Babahoyo

Suelos aluviales de textura franca a franco-arcillosa, drenaje interno y superficial moderado, topografía general plana a levemente ondulada, presentan un ligero riesgo de erosión.

Durante los primeros meses del año (enero - mayo) el sistema de siembra predominante en la zona es de secano. Mientras que en el último semestre (mayo - noviembre) la siembra se realiza mediante el sistema denominado "de pozas veraneras". Este es un sistema tradicional, desarrollado por los agricultores de la zona, quienes aprovechan la acumulación de las aguas lluvias y las inundaciones causadas por los ríos en las depresiones naturales del terreno, durante la estación lluviosa.

Para la siembra de estas zonas el agricultor hace semilleros escalonados y transplanta a medida que el nivel de las aguas va disminuyendo. En ocasiones realiza un doble trasplante, denominado también claveteo, con el fin de retardar el crecimiento del cultivo.

El suelo de las pozas veraneras es fértil debido a la acumulación de limo y materia orgánica dejada por las otras cosechas. En esta zona se adecuaron 13.000 ha para la siembra tecnificada del arroz en el denominado proyecto Babahoyo, pero actualmente no se están aprovechando porque la mayoría de los suelos están en manos de 100 cooperativas con problemas financieros que impiden su explotación.

## Condiciones ideales del suelo para el cultivo del arroz

El arroz se adapta a diversas condiciones del suelo. Sin embargo, las condiciones ideales para obtener una buena cosecha son: pH 6.0-7.0, buen contenido de materia orgánica (mayor de 5%), buena capacidad de intercambio catiónico, buen contenido de arcilla (mayor del 40%), topografía plana, capa arable profunda (mayor de 25 cm), y buen drenaje superficial.

## Efectos primarios de la inundación

La inundación de un suelo pone en marcha una serie de procesos físicos, microbiológicos y químicos, que afectan profundamente el crecimiento de la planta y la absorción de los nutrientes; influye además en la disponibilidad, y en la pérdida de los nutrientes del suelo.

## Difusión del oxígeno

Cuando un suelo se inunda totalmente, tanto sus poros como sus agregados estructurales se saturan de agua, y las arcillas del tipo 2:1 se expanden; luego el aire atrapado en los poros se comprime y hace que los terrones se desmoronen.

La concentración de oxígeno en el suelo depende de la tasa de difusión de este gas, de su tasa de consumo por los microorganismos del suelo, y de la respiración de las raíces.

La tasa de difusión del oxígeno en el agua es 10.000 veces menor que en el aire; por lo tanto, en un suelo inundado la difusión del oxígeno es mucho más lenta que en un suelo aireado.

### Producción de gases

La desaparición del oxígeno es seguida por la evolución de  $H_2$ , luego por un rápido incremento de  $CO_2$ , y finalmente por una disminución del  $CO_2$  y un incremento del  $CH_4$ .

La cantidad de cada uno de los gases que se encuentran en un suelo inundado varía así: puede haber de un 10 a un 95% de nitrógeno; de un 15 a un 75% de metano; de un 1 a un 20% de dióxido de carbono; y de 0 a 10% de hidrógeno.

### Capa oxidada y capa reducida de un suelo inundado

En la parte superior de un suelo cubierto con una lámina de agua de 4 a 5 cm encontramos, primero, una capa de suelo, de más o menos 1 cm de espesor, donde la difusión del oxígeno es suficiente para el consumo de los microorganismos: es la capa oxidada. Dentro de ella, la concentración del oxígeno en solución no es constante: varía desde la saturación en la superficie hasta un valor cero en el límite entre la capa oxidada y la capa reducida (Figura 2.3).

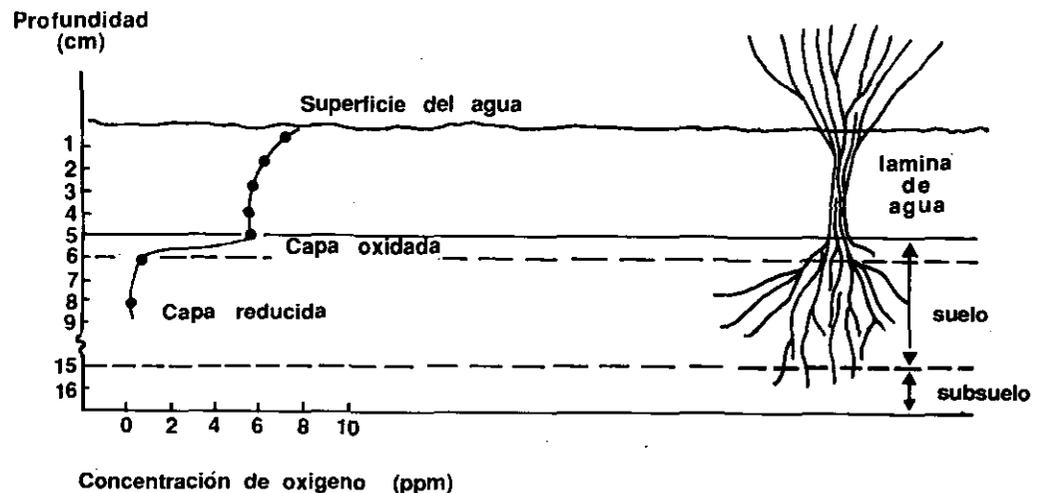


Figura 2.3. Concentración de oxígeno en las capas oxidada y reducida de un suelo inundado.

El espesor de la capa oxidada depende del equilibrio entre la difusión y el consumo del oxígeno. En suelos con alto contenido de materia orgánica y una alta población de microorganismos, el consumo del oxígeno es grande, y la capa oxidada es delgada. En suelos con poca materia orgánica o con pH muy bajo, los microorganismos son inactivos y esa capa puede ser más gruesa.

La capa reducida va prácticamente desde la superficie del suelo hasta unos 6 a 15 cm de profundidad; luego sigue el subsuelo que puede estar reducido u oxidado dependiendo de si quedó aire allí o no (Figura 2.3).

Además de la pequeña capa oxidada en la superficie del suelo, existe otra zona oxidada que es la rizosfera del arroz; esto se nota por la coloración rojiza que toman las raíces debido a la oxidación del hierro en dicha parte de la planta.

En la capa reducida del suelo se encuentran la mayoría de las raíces del arroz; allí no hay oxígeno y los microorganismos son de tipo anaeróbico. En esta zona suceden cambios químicos muy importantes para la planta de arroz.

## **Cambios físicos**

En un suelo inundado la disponibilidad de oxígeno baja a cero en menos de un día.

Los microorganismos aeróbicos consumen rápidamente el poco oxígeno que haya quedado y se vuelven latentes o mueren. Los microorganismos anaeróbicos se multiplican rápidamente y llevan a cabo la descomposición de la materia orgánica, utilizando compuestos oxidados del suelo (nitratos, óxidos de manganeso, óxidos férricos, etc.), como aceptadores de electrones para su respiración.

Como resultado de estos procesos se suceden en el suelo algunos cambios electroquímicos como: cambios en el pH, disminución del potencial redox, y aumento de la conductividad.

## **Cambios en el pH**

Cualquiera que sea el pH original de un suelo, después de inundado llega, aproximadamente en tres semanas, a valores entre 6.5 y 7.5, los cuales se mantienen durante la inundación (Figura 2.4). El efecto general de la inundación es el aumento del pH en los suelos ácidos y su disminución en suelos alcalinos y calcáreos. Estos cambios ocurren en función de la concentración de iones de Fe y de la presión parcial del CO<sub>2</sub>. (Ponnamperuma, 1965, 1976)

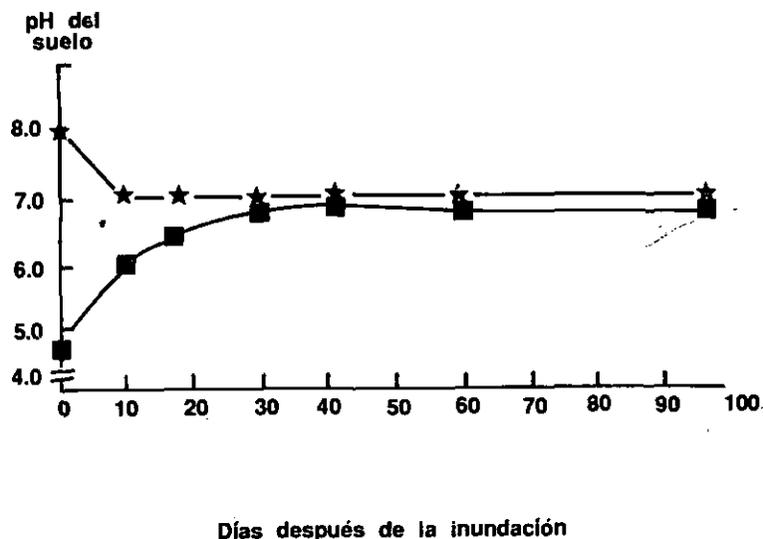


Figura 2.4. Cambios en el pH de dos suelos sometidos a inundación constante (Sánchez, P.A., 1972).

En los suelos ácidos, el pH aumenta debido a la reducción de óxidos mangánicos e hidróxidos férricos, que deja libres los iones  $\text{OH}^-$ . En los suelos alcalinos, el pH disminuye debido al aumento de la presión parcial del  $\text{CO}_2$ . Como los cambios del pH están controlados por la reducción del suelo y por la producción de  $\text{CO}_2$ , los siguientes factores determinan cualquier variación del pH del suelo (Ponnamperuma, F.N., 1964):

- El pH inicial del suelo.
- La naturaleza y la cantidad de los compuestos oxidados del suelo.
- La cantidad y la clase de materia orgánica.
- La temperatura (Ponnamperuma, F.N., 1976).

Las bajas temperaturas retardan los cambios del pH en los suelos alcalinos y ácidos. Por tanto, los valores del pH en los suelos reducidos por lo general permanecen cerca de 7.0 y tienen una fluctuación más reducida que los valores del pH de los suelos oxidados.

## Reacciones de óxido-reducción

Las reacciones de óxido-reducción son aquellas en las cuales hay transferencia de electrones de un donante (el agente reductor) a un aceptador (el agente oxidante).

Los agentes reductores difieren en su tendencia a perder electrones, y los agentes oxidantes en su prontitud por ganarlos.

Como medida del flujo de electrones que se intercambian en los procesos redox, se utiliza el potencial redox, que es la más importante de las propiedades físico-químicas, puesto que mide la intensidad de la reducción del suelo e identifica las reacciones predominantes que tienen lugar.

El potencial redox es la medida de la facilidad para transferir electrones y depende del número de oxidación, de las actividades de las formas oxidada y reducida, de la naturaleza del sistema y del medio.

Después de que un suelo mineral aeróbico se inunda el potencial redox se reduce y llega a un mínimo en pocos días, dependiendo del suelo (Figura 2.5).

Entre los factores que influyen sobre el potencial redox de los suelos se deben considerar: el pH, la aireación, el contenido de materia orgánica y las condiciones hídricas del suelo. El contenido de agua y las condiciones de aireación regulan la disponibilidad de oxígeno y el potencial redox.

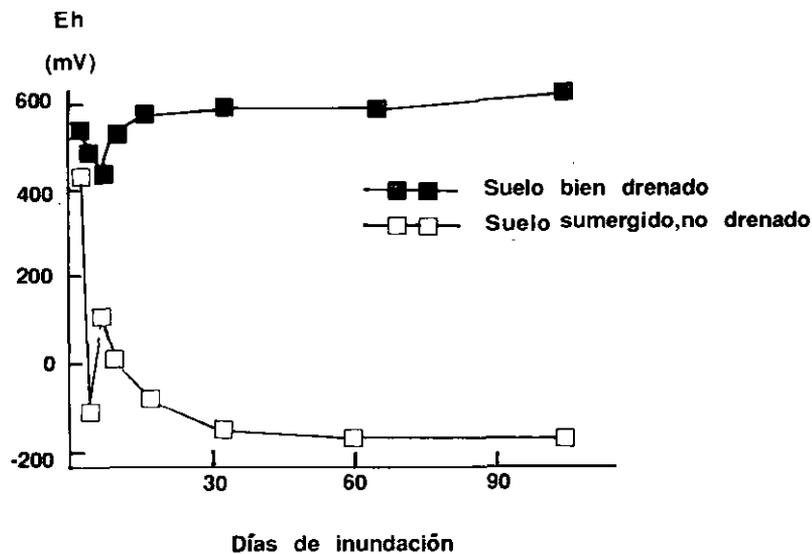


Figura 2.5. Cambios del potencial redox de varios suelos después de inundados.

Aumento de la conductividad eléctrica

Otra de las propiedades del suelo que se modifica con la inundación es la conductividad eléctrica, la cual permite medir el contenido de sales del suelo. Las sales del suelo pueden aumentar con la inundación.

En la Figura 2.6 se observa cómo la conductividad eléctrica de un suelo aumenta hasta la séptima semana y luego fue disminuyendo hasta lograr un equilibrio.

## Cambios químicos

Los cambios químicos más importantes que suceden en un suelo continuamente inundado son:

- Transformaciones del nitrógeno
- Reducción del manganeso y del hierro
- Incremento en la disponibilidad del fósforo y del silicio.

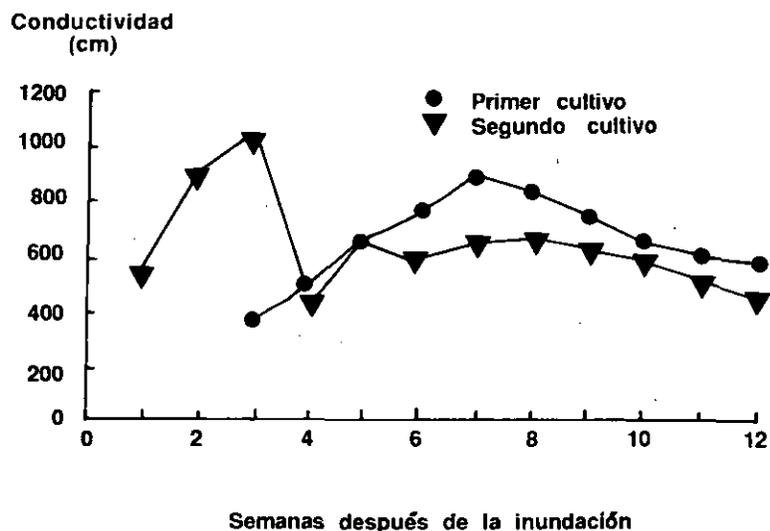


Figura 2.6. Cambios en la conductividad eléctrica de un suelo después de ser inundado en dos semestres de cultivo.

## Transformación del nitrógeno

El nitrógeno del aire, y también el que está disuelto en el agua de inundación, puede bajar hasta la capa oxidada, donde es fijado por algas y bacterias transformándose en nitrógeno orgánico. Este, unido a la materia orgánica y el proveniente de los residuos de las plantas, pueden sufrir una mineralización que los transforma en  $\text{NH}_4^+$ , compuesto utilizable por las plantas de arroz.

Si en la capa oxidada está presente el ión amonio, ya sea porque existía en el suelo o porque se ha agregado como fertilizante, se puede oxidar hasta convertirse en nitrato. Los nitratos pueden ser tomados por la planta o descender hasta la capa reducida donde quedan inmobilizados en la materia orgánica o se pierden por lixiviación o denitrificación.

## Denitrificación

La denitrificación es el proceso de reducción que sufren los nitratos al transformarse en óxidos de nitrógeno y luego en nitrógeno. Los nitratos se convierten primero en nitritos en la capa reducida del suelo y luego se transforman en gases como  $\text{N}_2\text{O}$  y el  $\text{N}_2$ , que escapan a la atmósfera.

Dependiendo del suelo, el contenido de nitratos disminuye rápidamente en la primera semana de inundación y luego continúa descendiendo más lentamente hasta llegar a cantidades relativamente bajas en la sexta semana de inundación (Figura 2.7).

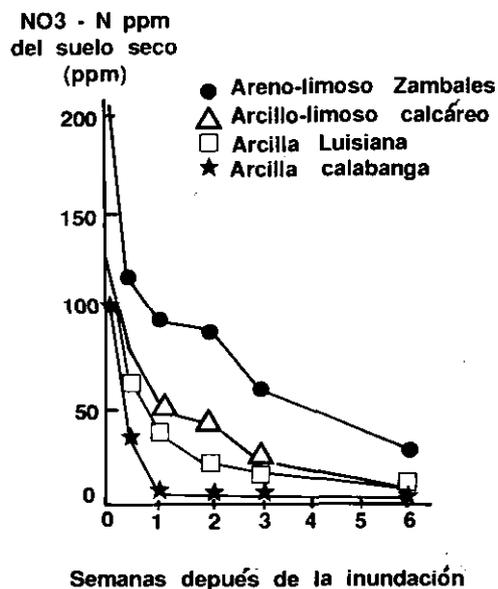


Figura 2.7. Cambios en la concentración de nitratos en la solución de varios suelos después de su inundación.

## Acumulación de amonio

La mineralización del nitrógeno orgánico llega solamente hasta la producción de  $\text{NH}_4^+$ , que es estable en condiciones de reducción del suelo y tiende a acumularse en suelos inundados (Ponnamperuma, 1965).

Como se observa en la Figura 2.8, en suelos cuyo contenido de materia orgánica es alto, el ión amonio aumenta rápidamente con el tiempo de inundación y llega a un equilibrio 100 días después de inundado el suelo. En otros suelos el aumento de amonio no es tan elevado como en el caso anterior, estableciéndose un equilibrio en diferentes tiempos después de la inundación.

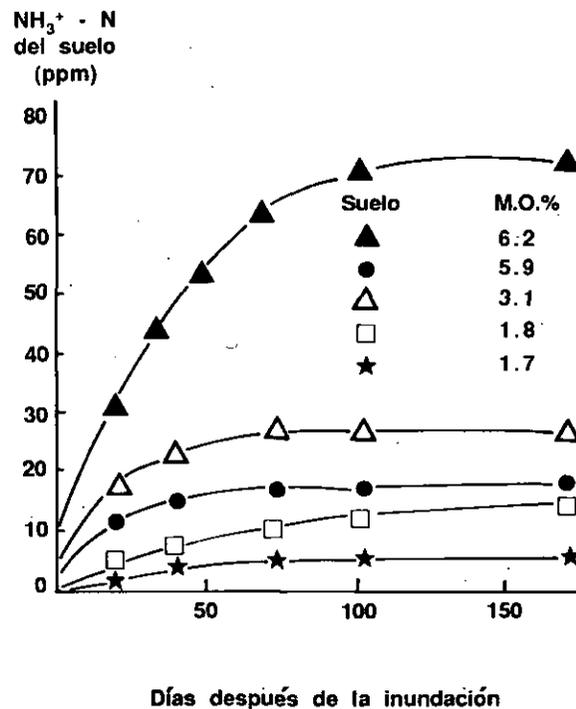


Figura 2.8. Cambios en la concentración de amonio en la solución de varios suelos después de la inundación.

La temperatura afecta tanto la denitrificación como la acumulación de amonio. A bajas temperaturas -menos de  $15^\circ\text{C}$ - la tasa de denitrificación es lenta, pero aumenta muy rápidamente cuando la temperatura sube de 5 a  $45^\circ\text{C}$ . La amonificación se refleja en la concentración del  $\text{NH}_4^+$  soluble

en agua, la cual decrece cuando la temperatura baja de 45°C a 15°C; a esta última temperatura se pueden observar síntomas de deficiencia de nitrógeno (Ponnamperuma, 1976).

### Volatilización del amonio

La volatilización del amonio resulta de las reacciones químicas que ocurren entre los diferentes compuestos nitrogenados inorgánicos presentes en el suelo y los aplicados como fertilizantes. La volatilización del amonio tiene cada día más importancia por los siguientes efectos: el notorio incremento en las dosis de N aplicadas en la fertilización, el uso creciente del amonio anhidro, y la predilección por la urea como fuente fertilizante.

La liberación rápida del amonio procedente de la descomposición de la materia orgánica en ausencia de oxígeno, y el pH alto asociado con la descomposición anaeróbica de esa materia, explican la volatilización del amonio en los suelos inundados a los que se les han agregado grandes cantidades de materia orgánica.

Si en la capa oxidada está presente el ion amonio, éste se puede perder por volatilización en forma de amoníaco, o puede oxidarse hasta ion nitrato. Los nitratos pueden ser tomados por la planta o descender hasta la capa reducida -donde quedan inmovilizados por la materia orgánica- o pueden perderse por lixiviación o por escorrentía; esto último ocurre especialmente en los suelos ligeros donde se aplica riego por melga o en los que reciben alta precipitación. En la capa reducida los nitratos se pueden perder por denitrificación.

### Lixiviación

El nitrato que se produce en la capa superficial oxidada de un suelo inundado se mueve fácilmente por difusión y percolación a la capa subyacente reducida, donde rápidamente se denitrifica.

El nitrógeno del amonio está mucho menos expuesto a la lixiviación del suelo que del nitrato, debido a la adsorción en el complejo de intercambio de cationes.

La lixiviación depende de los siguientes factores:

- La forma y cantidad del nitrógeno presente o adicionado,
- la cantidad y la duración de la lluvia,
- la velocidad de infiltración y de percolación,

- la capacidad de retención de agua del suelo y el contenido de humedad en el momento en que ocurre la lluvia,
- la presencia o ausencia de un cultivo y el tipo de cultivo presente,
- la intensidad de la evaporación,
- la tasa de remoción del nitrógeno por el cultivo,
- el grado de movimiento ascendente de los nitratos durante los períodos de sequía.

La fuente amoniacal es menos susceptible a las pérdidas por lixiviación, ya que el ion  $\text{NH}_4^+$  es más fuertemente retenido por el complejo coloidal que el ion  $\text{NO}_3^-$ . Sin embargo, en condiciones de inundación, las pérdidas en forma de amonio pueden ser significativas.

### Reducción del manganeso y del hierro

Un fenómeno que casi coincide con la denitrificación en los suelos inundados es la reducción de los óxidos de manganeso o de hierro.

Al inundarse un suelo y al descender entonces el potencial redox, los óxidos de manganeso se transforman en iones de manganeso y en consecuencia su contenido aumenta en la solución del suelo. En suelos ácidos, pobres en materia orgánica pero relativamente ricos en manganeso, éste llega a concentraciones de 3000 ppm 50 días después de la inundación y posiblemente cause toxicidad. En otros suelos en que el manganeso es escaso, a pesar de que aumenta ligeramente su concentración en la solución del suelo inundado, no se presenta toxicidad causada por este elemento (Figura 2.9).

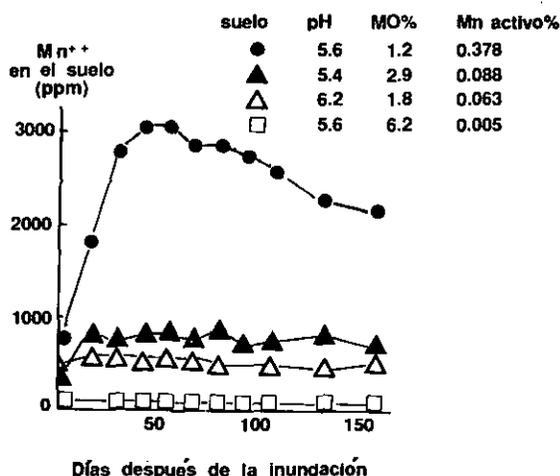


Figura 2.9. Cambios en la concentración del manganeso en la solución de varios suelos inundados (Ponnamperuma, 1955).

Después de que los nitratos y los compuestos de manganeso se reducen, la solubilidad del Fe aumenta debido a la reducción de los compuestos de  $Fe^{+3}$  a compuestos de  $Fe^{+2}$  más solubles. La reducción del Fe se ve favorecida por: ausencia de sustancias de alto nivel de oxidación como el  $NO_3$  y el  $MnO_2$ ; presencia de materia orgánica de fácil descomposición y un contenido alto de hierro activo.

Esta reducción del Fe eleva el pH, aumenta la disponibilidad de P y desplaza muchos cationes de los sitios de intercambio.

El aumento de la concentración de  $Fe^{+2}$  generalmente es beneficioso para el arroz en suelos alcalinos llegando a 20 ppm en la solución del suelo, nivel que generalmente es suficiente para eliminar la deficiencia de hierro. Por otra parte, los aumentos en  $Fe^{+2}$  en suelos ácidos pueden alcanzar niveles alrededor de 350 ppm de  $Fe^{+2}$  que pueden causar toxicidad de hierro al arroz (Figura 2.10). Aunque la toxicidad causada por el hierro es común en estos suelos, se puede evitar por medio del drenaje y algunas veces atrasando el trasplante hasta después que haya pasado el pico de reducción.

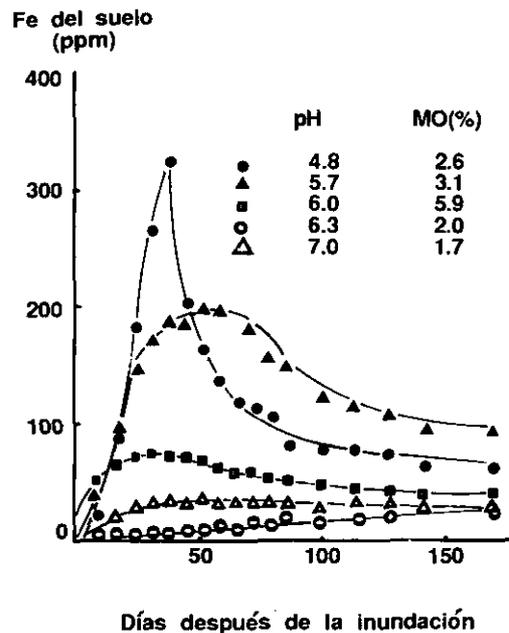


Figura 2.10. Cambios en la concentración del  $Fe^{++}$  en la solución de varios suelos después de la inundación.

A manera de conclusión, cuando se inunda un suelo, los óxidos de hierro y manganeso son reducidos y gran cantidad de Fe y Mn va a la solución del suelo. La concentración de hierro y manganeso en un suelo reducido puede ser entre 0.67 - 6600 y 1 - 100 ppm, respectivamente; el aumento en la concentración de hierro puede ser un beneficio importante de la inundación del suelo cultivado en arroz. Este fenómeno no sólo elimina la deficiencia de hierro en todos los suelos, sino que también disminuye la toxicidad causada por el manganeso en suelos ácidos. En suelos fuertemente ácidos, la inundación puede causar toxicidad por el hierro.

**Disponibilidad del fósforo**

La capacidad de suministro de fósforo de los suelos arroceros inundados es más alta que aquella de los no inundados. Los cambios en la concentración de fósforo en la solución del suelo después de la inundación dependen del tipo de suelo. En suelos de un pH alcalino (7.6) y un porcentaje bajo de hierro (0.18%) el contenido de fósforo aumenta en la solución de suelo y a los seis días llega a niveles altos (4 ppm). Otros suelos de un pH ácido (4.8) y materia orgánica alta, también llegan a liberar fósforo en la inundación. Sin embargo, en otros suelos ácidos (pH 4.6) con alto contenido de hierro (2.13%), la inundación no aumenta el contenido de fósforo (Figura 2.11).

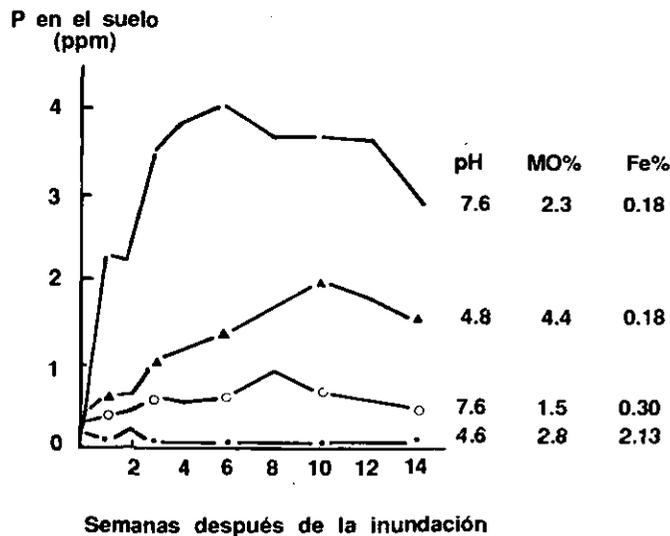


Figura 2.11. Cambios en la concentración del P en la solución de varios suelos después de la inundación.

Ponnamperuma atribuye el aumento en la concentración de fósforo soluble en agua a la hidrólisis de fosfatos de  $\text{Fe}^{+3}$  y  $\text{Al}^{+3}$  a la liberación del fósforo absorbido por intercambio aniónico en la arcilla o en los hidróxidos de  $\text{Fe}^{+3}$  y  $\text{Al}^{+3}$  y a la reducción de  $\text{Fe}^{+3}$  a  $\text{Fe}^{+2}$  con la liberación del fósforo absorbido y fijado por el  $\text{Fe}^{+3}$ . Las dos primeras reacciones ocurren como consecuencia del aumento del pH debido a la reducción del suelo. En suelos ferralíticos ácidos el aumento en la concentración del fósforo soluble en agua es mínimo porque el fósforo liberado es reabsorbido por las arcillas e hidróxidos de aluminio en la capa reducida, o si se difunde a la capa oxidada es precipitado por el hierro.

#### Transformación del silicio

La concentración de silicio en la solución de suelos inundados aumenta ligeramente después de la inundación y luego disminuye gradualmente; después de algunos meses de inundación, la concentración de silicio puede ser más baja que al empezar; este aumento se debe probablemente a la liberación del silicio absorbido por los hidróxidos de hierro y aluminio.

Los suelos con un alto contenido de materia orgánica independientemente del pH, produjeron los aumentos más altos. La paja del arroz en descomposición con su contenido alto de silicio puede contribuir también al incremento del contenido de silicio en la solución de suelos inundados.

#### Transformación del azufre

La principal transformación del azufre en suelos inundados es la reducción de los sulfatos a sulfuros. La magnitud de la reducción del sulfato depende de las propiedades del suelo.

El arroz, como otras plantas, absorbe azufre principalmente en la forma de sulfato y la reducción del sulfato a sulfuro en suelos inundados reduce la disponibilidad del azufre. No obstante, el arroz capta azufre que es oxidado como  $\text{SO}_4^-$  en la superficie de la raíz.

La reducción del sulfato en suelos inundados tiene tres implicaciones para el cultivo del arroz: el suministro de azufre puede volverse insuficiente, el zinc y el cobre se pueden inmovilizar y puede desarrollarse la toxicidad causada por el sulfuro de hidrógeno en los suelos escasos en hierro.

Las formas de boro, cobre, molibdeno y zinc que están presentes en los suelos inundados no sufren reacciones de oxidación y reducción; están indirectamente afectadas por los cambios del pH, la reducción de hierro y la producción de agentes orgánicos formadores de complejos.

La inmersión prolongada reduce la disponibilidad del zinc, en parte debido a los aumentos del pH. El resultado de la inundación es probablemente un aumento en la disponibilidad de boro, cobre y molibdeno.

La concentración de boro parece más o menos constante después de la inundación del suelo.

Al parecer, la concentración de molibdeno en suelos arroceros aumenta después de la inundación, debiéndose posiblemente al aumento del pH.

## **Ejercicio 2.1 Zonas arroceras del Ecuador y sus principales características**

### **Objetivos**

- ✓ Describir las zonas arroceras de Ecuador y sus principales características.
- ✓ Describir las condiciones ideales de un suelo para la siembra de arroz.
- ✓ Explicar las transformaciones que ocurren en el suelo cuando éste es inundado.

### **Recursos necesarios**

- Cuestionario sobre el tema.

### **Instrucciones**

- Cada participante contestará las preguntas del cuestionario que le entregará el instructor.
- Cuando haya terminado el cuestionario, el instructor le indicará reunirse en subgrupos no mayores de cinco participantes.
- Se discuten en el grupo las respuestas dadas y en caso de discrepancia se consulta la bibliografía.
- En una plenaria un relator por grupo, indicará las respuestas correctas y comentará acerca de las discrepancias obtenidas en la discusión.
- El instructor hará al final la información de retorno correspondiente.

## Ejercicio 2.1 Zonas arroceras del Ecuador y sus principales características

1. Diga si son falsos o verdaderos los siguientes enunciados:

- |  | F                        | V                        |
|--|--------------------------|--------------------------|
| a. La mayor producción de arroz se obtiene en la provincia de Los Ríos.  | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| b. Los suelos de estas provincia son aluviales, de textura arcillosa y un pH de 6.0 - 6.5.   | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| c. En la zona central de Babahoyo está el 40% del área cultivada del Ecuador.  | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| d. En la provincia de Guayas los suelos son derivados de cenizas volcánicas y predomina la arcilla del tipo caolinita.                   | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| e. Samborondón, Daule, Santa Lucía y Palestina son las zonas arroceras de la provincia de Guayas   | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| f. La precipitación en las zonas de siembra del arroz es de 1000 a 2000 mm anuales y se concentra en los meses de diciembre hasta abril. | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| g. La temperatura en las zonas de siembra del arroz fluctúa entre los 26 y los 30°C.   | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| h. Durante la época seca algunos sectores de Daule y Samborondón presentan problemas de salinidad.                                       | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| i. Los suelos de Babahoyo son salino-sódicos debido a la influencia de las mareas.   | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

- |   | F                        | V                        |
|---|--------------------------|--------------------------|
| j. La topografía de la zona central de Los Ríos es plana y el sistema de siembra del arroz es de secano.                                  | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| k. Los suelos sembrados mediante "pozas veraneras" son fértiles por la acumulación de materia orgánica.                                   | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| l. En la zona de Palestina los suelos son arcillosos y predomina el sistema de siembra bajo riego.  | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| m. Los suelos de la zona de Daule forman al secarse grietas hasta de 5 cm de ancho, por lo que predomina el sistema de siembra por riego. | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| n. Los suelos de Samborondón son planos, sin riesgo de erosión y predomina el sistema de siembra por riego.                               | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| ñ. El proyecto Babahoyo acondicionó 13.000 ha, que actualmente aportan el 35.7% de la producción nacional.                                | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| o. Un 8% del área sembrada en arroz está distribuida en pequeñas provincias de la Sierra y el oriente del país.                           | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| p. El N es el elemento más deficiente en los suelos dedicados a la siembra de arroz.  | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| q. El río Guayas y sus dos afluentes, Daule y Babahoyo constituyen el sistema de irrigación de las zonas de siembra.                      | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| r. En 1989 el rendimiento promedio del arroz fue de 4.5 t/ha.   | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| s. El 93.5% de la producción de arroz se concentra en sólo dos provincias, Guayas y Los Ríos.   | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

2. A continuación describa las condiciones ideales de un suelo para la siembra del arroz. \_\_\_\_\_

---

---

---

---

3. En suelos no reducidos, cualquiera que sea el pH original después de inundado, llega aproximadamente en tres semanas a valores entre 6.5 y 7.5. Explique por qué el pH aumenta en suelos ácidos y disminuye en suelos alcalinos.

## Ejercicio 2.1 - Información de retorno

- I. a. F    k. V
- b. F    l. V
- c. V    m. V
- d. F    n. F
- e. V    ñ. F
- f. V    o. V
- g. F    p. V
- h. V    q. V
- i. F    r. F
- j. F    s. V

- 2. Las condiciones ideales de un suelo para la siembra del arroz son: buen contenido de materia orgánica (mayor del 5%), buena capacidad de intercambio catiónico, suficiente contenido de arcilla (40%), topografía plana, capa arable profunda (mayor de 25 cm) y buen drenaje superficial.
- 3. El efecto general de la inundación es el aumento del pH en los suelos ácidos y su disminución en los suelos alcalinos y calcáreos. En los suelos ácidos, el pH aumenta debido a la reducción de óxidos mangánicos e hidróxidos de Fe, lo cual deja libres los iones OH<sup>-</sup>. En los suelos alcalinos el pH disminuye debido al aumento de la presión parcial y la producción de CO<sub>2</sub>.

El 92% del área sembrada de arroz en el Ecuador está concentrada en las Provincias de Guayas y Los Ríos.

Las zonas de siembra de Guayas son Daule, Santa Lucía, Palestina y Samborombón, sus suelos se caracterizan por ser aluviales y en su mayoría de textura arcillosa; un pH de 6.0 a 6.5; buen contenido de fósforo y potasio pero pobres en nitrógeno; deficiencias localizadas de azufre y zinc al igual que toxicidad causada por el Fe en los sectores que permanecen inundados.

Las zonas de siembra de Los Ríos son la Central y Babahoyo, sus suelos se caracterizan por ser derivados de cenizas volcánicas y en su mayoría de textura francoarcillosa con predominio de la arcilla tipo caolinita; un pH de 5.6 - 7.0.

La temperatura de las zonas productoras oscila entre 22 y 26°C, con un régimen de lluvias de 1000 a 2000 mm distribuidos de diciembre hasta abril y un período seco de mayo hasta noviembre. El sistema hidrográfico de las zonas lo constituyen el río Guayas con sus dos afluentes, Daule y Babahoyo.

Aunque el arroz se adapta a diversas propiedades del suelo las condiciones ideales de siembra existen cuando el suelo tiene un buen contenido de materia orgánica (mayor del 5%), buena capacidad de intercambio catiónico, suficiente contenido de arcilla (40%), topografía plana, capa arable profunda (mayor de 25 cm) y buen drenaje superficial.

Al inundarse el suelo para la siembra del arroz por riego se suceden cambios físicos, microbiológicos y químicos que afectan el crecimiento y la absorción de los nutrimentos por parte de la planta.

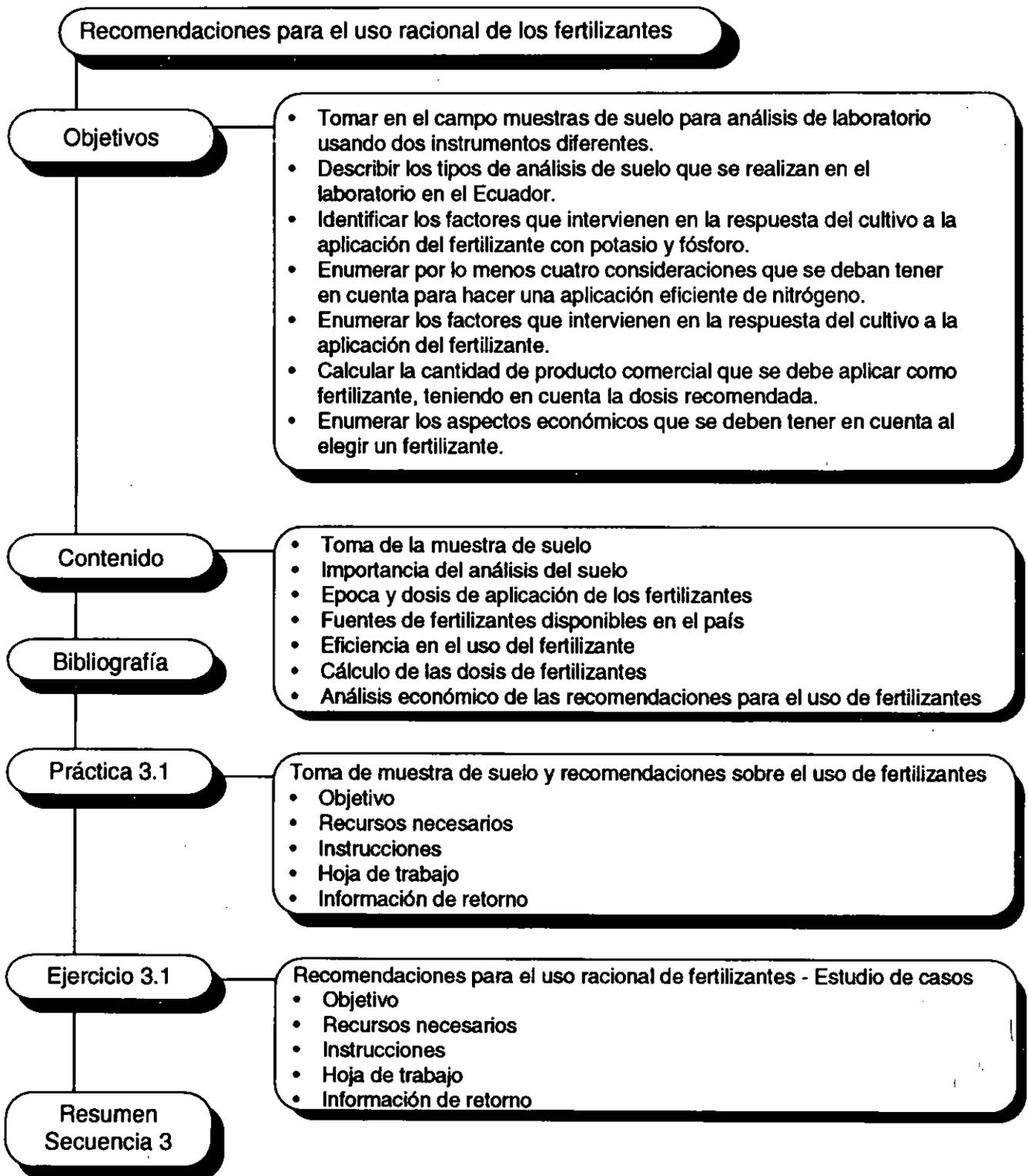
## **Secuencia 3**

# **Recomendaciones para el uso racional de fertilizantes**

# Contenido

	Página
Objetivos .....	3-7
Información .....	3-9
Toma de la muestra de suelo .....	3-9
Interpretación del análisis de suelo .....	3-11
Epoca y dosis de aplicación .....	3-13
Fuentes de fertilizantes disponibles en el país .....	3-14
Eficiencia en el uso de los fertilizantes .....	3-14
• Fertilización con nitrógeno .....	3-15
• Fertilización con fósforo .....	3-17
• Fertilización con potasio .....	3-17
Cálculo de las dosis de fertilizantes .....	3-18
Aspectos económicos de las recomendaciones sobre fertilización	3-18
Práctica 3.1. Toma de muestra de suelo y recomendaciones sobre el uso de los fertilizantes .....	3-19
• Objetivos	
• Recursos necesarios	
• Instrucciones	
• Hoja de trabajo	
• Información de retorno	
Ejercicio 3.1. Recomendaciones para el uso racional de fertilizantes .....	3-22
• Objetivos	
• Recursos necesarios	
• Instrucciones	
• Hoja de trabajo	
• Información de retorno	
Resumen de la Secuencia 3 .....	3-32
Evaluación final de conocimientos .....	3-33
Bibliografía .....	3-42

# Flujograma Secuencia 3



## Objetivos



Al finalizar este subtema el participantes estará en capacidad de:

- ✓ Tomar en el campo muestras de suelo para análisis de laboratorio usando dos instrumentos diferentes.
- ✓ Describir los tipos de análisis de suelo que se realizan en el laboratorio en el Ecuador.
- ✓ Identificar los factores que intervienen en la respuesta del cultivo a la aplicación del fertilizante con potasio y fósforo.
- ✓ Identificar los tipos de análisis de suelos que se llevan a cabo en Ecuador.
- ✓ Enumerar por lo menos cuatro consideraciones que se deban tener en cuenta para hacer una aplicación eficiente de nitrógeno.
- ✓ Enumerar los factores que intervienen en la respuesta del cultivo a la aplicación del fertilizante.
- ✓ Calcular la cantidad de producto comercial que se debe aplicar como fertilizante, teniendo en cuenta la dosis recomendada.
- ✓ Enumerar los aspectos económicos que se deben tener en cuenta al elegir un fertilizante.

### Toma de la muestra de suelo

Un buen análisis de suelo requiere que la muestra sea representativa, se realice en un laboratorio de reconocida calidad y sea correctamente interpretado.

Como el análisis se realiza con base en una pequeña muestra y las determinaciones para cada elemento se hacen de submuestras aún más pequeñas (2 ó 3 gramos son suficientes para la mayoría de las determinaciones), la toma de la muestra adquiere una importancia primordial.

Los elementos indispensables para tomar la muestra de suelo son: un barreno o en su defecto una pala; una libreta para las anotaciones necesarias, fundas plásticas para guardar las submuestras, un balde plástico para facilitar su mezcla. Si se cuenta con un mapa de la finca es importante analizarlo y determinar las diferentes áreas representativas, con el fin de localizar en el mapa los sitios en que se harán las tomas, evitando hacerlo cerca de canales, caballones, cercas, árboles, caminos (Figura 3.1).

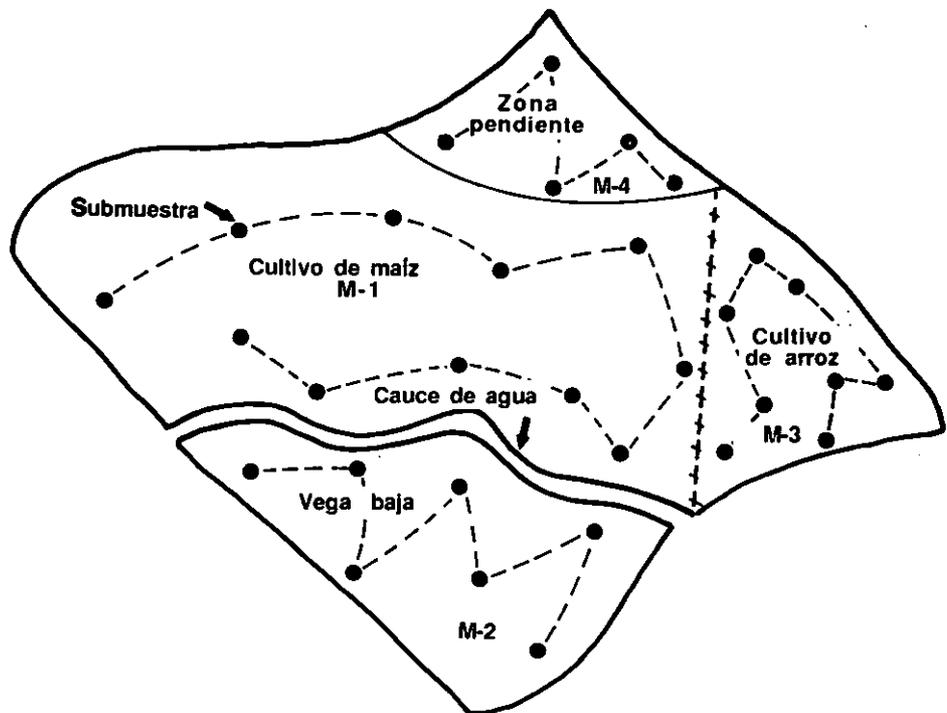


Figura 3.1. Ejemplo de la división de una finca en áreas y recolección de submuestras.

Una muestra representativa se compone de varias submuestras tomadas de un área de características similares; en caso de encontrar dentro de una parcela de siembra diferencias evidentes en la coloración del suelo es recomendable tomar una muestra aparte, con el fin de identificar sus características. Por ejemplo, para tomar una muestra de suelo en una parcela de 5 ha destinada a la siembra de arroz, se pueden tomar varias submuestras a una profundidad de 20 cm en forma de zig-zag, en línea recta o en cuadro, posteriormente se mezclan bien y de esta cantidad se seleccionan aproximadamente 500 gramos. Para el análisis de suelos salinos las submuestras se deben tomar a 5 y 20 cm de profundidad, mezclarlas y escoger un kilogramo para remitirlo al laboratorio. Una vez tomada la muestra se identifica. Para el efecto se enumera, se anotan todos los datos requeridos y se guarda convenientemente en un sobre de tamaño adecuado.

Es importante llenar lo más exactamente posible la hoja de información sobre las muestras de suelo. Los datos que se deben anotar para cada muestra de suelo son los siguientes: nombre y dirección completos del solicitante; nombre de la finca; altura sobre el nivel del mar; corregimiento y municipio donde está localizada; el tipo de análisis solicitado; profundidad de la toma de la muestra; superficie que representa la muestra y el cultivo para el cual se requiere la recomendación; ¿es el drenaje interno bueno, regular o malo?; ¿se ha agregado cal en los últimos años?; ¿fertilizantes?; ¿va a aplicar riego?; ¿cuáles son los cultivos sembrados en los últimos años?, ¿qué tipo de fertilizante se aplicó?; ¿a razón de cuántos kilogramos por hectárea?, ¿cuánto rindió el cultivo con la aplicación del fertilizante?; ¿sin fertilizante? Esta información ayuda especialmente en la formulación de las recomendaciones y permite identificar y tabular los resultados en un banco de datos.

Es importante conservar una copia de la información de la muestra y del análisis, junto con el registro de los rendimientos de la cosecha y las aplicaciones de fertilizantes y cal. Se aconseja localizar en un mapa de la finca los lotes y áreas donde se han tomado las muestras numeradas claramente para conservar los registros. Tal información permite entender mejor la respuesta a los diferentes tratamientos y prácticas de cultivo, y puede servir de base para aumentar la productividad de los suelos.

## **Interpretación del análisis de suelos**

El análisis químico de suelos es el proceso mediante el cual se determina la cantidad de nutrimentos y sales contenida en una muestra representativa de suelo. En el proceso se utilizan sustancias extractoras que desarrollan una función similar a la de las plantas.

La importancia del análisis químico radica en que constituye una fuente valiosa de información para establecer el estado nutricional de un suelo, hacer las recomendaciones sobre el uso de fertilizantes, y con base en ellas tomar determinaciones acertadas. Sin embargo, es importante evaluar los resultados del análisis con experimentos de campo, empleando diferentes dosis crecientes de un mismo elemento, con el fin de establecer los mejores resultados. Otra de las ventajas del análisis de suelos es que permite detectar problemas de tipo nutricional, difíciles de diagnosticar a través de la sintomatología en las plantas. En el caso del fósforo es necesario tener en cuenta que los resultados del análisis no reflejan la situación real del elemento bajo inundación, ya que en estas condiciones su solubilidad aumenta y puede entonces ser absorbido por la planta.

En el Ecuador se realizan tres tipos de análisis de suelo: simple, completo y el que incluye el análisis de la conductividad eléctrica. En el análisis simple se determinan los contenidos de nitrógeno, fósforo y potasio y el pH del suelo. En el completo, además de lo anterior se analizan los niveles de calcio, magnesio y azufre; en ocasiones se hace un análisis opcional de textura y contenido de materia orgánica, cuando el agricultor lo solicita.

Existen varios métodos de análisis que se diferencian de acuerdo con las sustancias extractoras empleadas en la determinación del contenido de cada elemento. Los niveles críticos (alto - medio - bajo) dependen de la capacidad de extracción de la sustancia empleada; por ejemplo, si un extractante tiene baja capacidad para extraer un nutrimento determinado, las cantidades obtenidas en los resultados de laboratorio serán menores si se las compara con los resultados obtenidos al utilizar una sustancia extractora con mayor capacidad de extracción.

El método de análisis empleado en los laboratorios del INIAP en Boliche es el de Olsen modificado, el cual utiliza para la extracción de algunos elementos el bicarbonato de sodio más EDTA (Etilen diamino tetracetato). En el Cuadro 3.1 se presenta la interpretación de los resultados obtenidos con base en el método.

**Cuadro 3.1.** Interpretación general del análisis de suelos, cuando se utiliza la solución extractora de Olsen modificado.

Elemento	Bajo ug/ml	Medio ug/ml	Alto ug/ml
N	0.0 - 30.0	31.0 - 60.0	60.1
P	0.0 - 7.0	8.0 - 14.0	14.1
K	0.0 - 0.2*	0.2 - 0.4	0.4
Zn	0.0 - 3.0	3.1 - 7.0	7.1
Cu	0.0 - 1.0	1.1 - 4.0	4.1
Fe	0.0 - 20.0	21.0 - 40.0	40.1
Mn	0.0 - 5.0	5.1 - 15.0	5.1
Ca	0.0 - 3.2*	3.3 - 6.4	6.4
Mg	0.0 - 0.8*	0.9 - 1.6	1.6

\* Se refiere a miliequivalentes del elemento en 100 g de suelo

Con el fin de hacer la programación de la fertilización, se debe contar con un cuadro que recoja los datos de las investigaciones obtenidas en el campo, relacionadas con la respuesta de la variedad a las condiciones del suelo y ambientales, y con la dosificación adecuada de fertilizantes de acuerdo con el contenido de cada nutrimento. El INIAP utiliza las siguientes recomendaciones para la fertilización con elementos mayores, Cuadro 3.2.

**Cuadro 3.2.** Recomendaciones de fertilización para arroz de secano, con base en análisis de suelo hecho utilizando el método de Olsen modificado

Interpretación del análisis de suelo	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
Bajo	120	40	40
Medio	100	20	20
Alto	80	0	0

El pH del suelo es otra de las determinaciones importantes en los resultados del análisis, ya que dependiendo de su valor, se pueden establecer algunas reacciones del suelo. Por ejemplo, cuando el pH está por encima de 7 se trata de suelos alcalinos, con altos contenidos de carbonato de calcio, magnesio, posibles sales de sodio, bajo contenido de fósforo y de algunos elementos menores como el zinc.

## **Epoca y dosis de aplicación**

Cuando el pH está entre 6.5 - 7.0 se trata de suelos neutros, que cuentan con la máxima disponibilidad de los nutrimentos presentes en ellos.

Cuando el pH está entre 4.5 - 5.5 se trata de suelos ácidos, con bajos contenidos de calcio, magnesio, potasio y deficientes en nitrógeno y fósforo. Estos suelos normalmente poseen un adecuado contenido de micronutrimentos; por otra parte pueden presentarse cantidades excesivas de uno o varios de ellos, tales como el hierro y el manganeso, los cuales, junto con el aluminio, resultan tóxicos para las plantas.

Los fertilizantes son compuestos químicos que se adicionan al suelo para mejorar sus condiciones nutricionales o para compensar lo que anualmente extraen los cultivos.

Para lograr un buen manejo de los fertilizantes se deben tener en cuenta la dosis (Cuadro 3.1), la época de aplicación más apropiada de acuerdo con la solubilidad del elemento y la etapa de crecimiento de la planta de arroz.

En el caso del fósforo y el potasio se recomienda aplicarlos antes del último pase de rastra, con el fin de incorporarlos al suelo.

Para la aplicación del nitrógeno se deben tener en cuenta las etapas de mayor demanda de este nutrimento, dada su alta solubilidad y los bajos requerimientos iniciales del cultivo. En siembras directas se recomienda hacer la primera aplicación al comenzar el macollamiento y la segunda al iniciarse el primordio floral. En siembras por transplante la primera aplicación debe hacerse después de transcurridos 10 días y la segunda al inicio del primordio floral. Es importante tener en cuenta el ciclo de la variedad, porque en las variedades tardías el inicio del primordio floral ocurre a mayor edad de la planta.

La dosis de aplicación depende de varios factores, además del contenido de este elemento en el suelo. Esto ha llevado a los investigadores a recomendar que las dosis de nitrógeno se establezcan con base en experimentos de campo que combinen los siguientes factores: variedad, fuente de nitrógeno, manejo del cultivo y época de siembra en las distintas localidades, ya que los cambios en el clima modifican la absorción de los nutrimentos.

Un ejemplo de este tipo de ensayo se presenta en el Cuadro 3.3, tomado de dos experimentos realizados por INIAP en diferentes localidades. En el ensayo de Vincés sólo se presentó diferencia estadística significativa con el testigo, no siendo así con las que van de 40 a 160 kg/ha.

En el de San Juan con los niveles de 80, 120 y 160 kg/ha se obtuvieron los mayores rendimientos y estadísticamente no presentaron diferencias significativas entre sí.

**Cuadro 3.3.** Promedios de rendimiento de la variedad INIAP 11 en siembra directa y en condiciones de secano en dos localidades: San Juan y Vinges, en diferentes niveles de fertilización con nitrógeno.

Tratamiento kg/ha	San Juan kg/ha	Vinges kg/ha
N <sub>0</sub> 0	3794 b	4585 b
N <sub>1</sub> 40	5811 b	6145 ab
N <sub>2</sub> 80	6357 a	6377 ab
N <sub>3</sub> 120	6845 a	7023 a
N <sub>4</sub> 160	6858 a	7494 a
CV%	8.23	14.85

### Fuentes de fertilización disponibles en el país

En el Cuadro 3.4 se presentan las fuentes de fertilizantes disponibles actualmente en el Ecuador.

### Eficiencia en el uso de los fertilizantes

La fertilización de los cultivos de arroz es una práctica necesaria para producir rendimientos altos y si los fertilizantes son usados en forma eficiente pueden aumentarlos, devolviendo al agricultor de 3 a 5 suces por cada suce invertido. Por el contrario, si su utilización es ineficiente resulta costosa y no sólo no aumenta el rendimiento, sino que incrementa el costo unitario de producción.

La mayoría de los suelos del Ecuador son deficientes en nitrógeno, nutrimento que puede limitar la producción de arroz y que se requiere en mayores cantidades si se lo compara con el fósforo y el potasio.

Cuadro 3.4. Porcentaje de elementos en fertilizantes disponibles en Ecuador.

Fuente	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	Ca	Mg	S	Zn
Urea	46	-	-	-	-	-	-
Sulfato de amonio	21	-	-	-	-	23	-
Superfosfato triple	-	46	-	14	-	2	-
Superfosfato simple	-	16	-	20	-	12	-
Sulfomag	-	-	22	-	11	22	-
Cloruro de potasio	-	-	60	-	-	-	-
Sulfato de potasio	-	-	40	-	-	18	-
Sulfato de magnesio	-	-	-	-	10	13	-
15 - 15 - 15	15	15	15	-	-	-	-
10 - 20 - 20	10	20	20	-	-	-	-
10 - 30 - 10	10	30	10	-	-	-	-
Oxido de zinc	-	-	-	-	-	-	15

#### Fertilización con nitrógeno

Para hacer una aplicación eficiente de nitrógeno es necesario tener en cuenta las siguientes consideraciones:

- En suelos de texturas franca y franco - arenosas debe incrementarse la dosis de aplicación, mientras que en los que presenten alto contenido de materia orgánica se debe disminuir.
- Cuando se hacen rotaciones con gramíneas como el maíz y el sorgo es necesario aumentar la dosis de aplicación, en cambio si la rotación es con leguminosas como la soya, la dosis de aplicación se disminuye.
- Cuando existe un buen manejo del agua la dosis puede disminuirse.
- Cuando hay riesgo de volcamiento o de ataque de *Pyricularia* y enrolladores la dosis debe disminuirse.
- Cuando el cultivo está enmalezado debe hacerse el control de las malezas antes de la aplicación del fertilizante.
- Cuando la aplicación se hace al momento de la siembra o en las etapas más tempranas del cultivo, se incrementan las pérdidas por desnitrificación e inmovilización debido a la poca absorción de la planta.
- El nitrógeno absorbido en las etapas tempranas del cultivo se pierde con la caída de las primeras hojas de la planta.

- Aplicaciones tardías tienden a favorecer la presencia de enfermedades y no incrementan la productividad del cultivo.
- Con el fin de mantener el equilibrio de los nutrimentos en el suelo, se recomienda la aplicación del nitrógeno complementado con el fósforo y el potasio. En caso de que el suelo presente algún otro factor limitativo es necesario corregirlo para lograr la máxima eficiencia en la aplicación del fertilizante nitrogenado.

El nitrógeno es el elemento que tiene una mayor relación con el rendimiento del cultivo y con algunas prácticas de manejo, por esta razón, la respuesta a la aplicación del fertilizante nitrogenado depende de los siguientes factores:

- Las condiciones edáficas, climáticas, de radiación solar y la temperatura de la zona de siembra.
- Las características de la variedad de siembra: altura de la planta, resistencia al volcamiento, capacidad de macollamiento y duración del ciclo de vida.
- El sistema de cultivo: de secano o por inundación.
- El manejo del cultivo: densidad de siembra, control de las malezas, plagas y enfermedades, el método y la época de aplicación del fertilizante.

La fuente seleccionada para la fertilización con nitrógeno y la forma de aplicación son importantes porque disminuyen las pérdidas de nitrógeno por volatilización. Por ejemplo, cuando se incorpora al suelo sulfato de amonio o urea se pueden disminuir las pérdidas por volatilización que se presentan cuando se aplican al voleo sobre el suelo.

De acuerdo con las investigaciones realizadas en las zonas de siembra del Ecuador, se ha determinado que el nitrógeno aplicado al momento de la siembra es absorbido sólo en un 12%; cuando la aplicación se realiza en la etapa de la iniciación de la panícula su absorción aumenta al 34%. En general, la recuperación del nitrógeno es mayor cuando se aplica después de la siembra.

## Fertilización con fósforo

El fósforo se puede inmovilizar temporalmente en el suelo, por distintos mecanismos:

- al reaccionar con los componentes del suelo y precipitarse formando compuestos que en la mayoría de los casos no pueden ser tomados inmediatamente por las plantas;
- al ser absorbido como fosfato en la superficie de las arcillas del suelo;
- al intercambiarse con otros aniones, quedando parcialmente retenido, ya que puede pasar nuevamente a la solución del suelo y ser aprovechado por las plantas.

La cantidad de fósforo aprovechable es baja en suelos alcalinos o muy ácidos; la cantidad aprovechable aumenta a medida que el pH se aproxima a la neutralidad.

La respuesta a la aplicación del fertilizante depende de los siguientes factores: la fuente utilizada, la época y el método de aplicación.

Las fuentes de fósforo más comunes son: superfosfatos —simple y triple—, fosfato diamónico, fertilizantes compuestos y rocas fosfóricas. Los tres primeros son más solubles en agua y la roca fosfórica de muy baja solubilidad.

Cuando se cultiva arroz de secano en suelos con un contenido de fósforo de menos de 15 ppm, según el método de Olsen modificado, al fertilizar existe una alta probabilidad de aumentar el rendimiento si el cultivo se maneja en forma adecuada.

Eventualmente la eficiencia de la fertilización con fósforo es baja debido a los problemas de la fijación de este elemento.

## Fertilización con potasio

Las investigaciones realizadas indican que es necesario aplicar potasio al arroz cuando:

- Se hacen aplicaciones de altas dosis de nitrógeno.
- Se siembra en suelos compactados y con drenaje deficiente.
- Las condiciones climáticas y fitosanitarias son desfavorables.
- Se siembra en suelos livianos y lixiviados.
- Se presenta en el suelo exceso de calcio, magnesio o sodio con respecto a la cantidad de potasio.

En ensayos de campo realizados en las zonas arroceras del Ecuador donde se ha aplicado nitrógeno, fósforo y potasio los resultados evidencian respuestas positivas respecto al nitrógeno, no siendo así en el caso del fósforo y el potasio.

### **Cálculo de las dosis de los fertilizantes**

Para una correcta aplicación del fertilizante empleando productos comerciales simples, se debe tener en cuenta:

- La dosis requerida, de acuerdo con los resultados del análisis del suelo (Cuadro 3.2).
- Conocer las fuentes disponibles en el mercado y hacer una selección de las que, además de contener altas concentraciones del elemento, sean las más adecuadas para las condiciones del suelo.
- Calcular la cantidad de producto comercial necesaria para satisfacer la demanda requerida.

### **Aspectos económicos de las recomendaciones sobre fertilización**

En la elección del fertilizante para aplicar se deben tener en cuenta las siguientes consideraciones:

- Tipo de fertilizante: Simple vs. Compuesto. Generalmente los fertilizantes simples de alta concentración resultan más económicos, pues se requiere menos volumen y los costos por aplicación, transporte y manejo también son menores.
- Concentración del fertilizante. Fertilizantes más concentrados tienen menor costo por unidad del elemento. Un ejemplo de este caso es la comparación de la urea con una concentración del 46% de nitrógeno con el Sulfato de Amonio que apenas tiene un 21% y alcanza en el mercado precios que corresponden al 75% de la Urea.
- Epocas de aplicación. Cuando el fertilizante se aplica en la época correcta representa un aumento en el rendimiento.
- La aplicación correcta del fertilizante en el suelo es importante para evitar su desperdicio.
- Costo del producto puesto en el cultivo. Los costos del transporte tienen una relación directa con la cantidad del fertilizante.
- Valor de la producción. Cuando el cultivo tiene un valor comercial que justifica el incremento de los insumos, se puede considerar la alternativa de aumentar la dosis del fertilizante con el fin de aumentar la productividad. En el Cuadro 3.4 se presentan ejemplos que ilustran esta situación.

## **Práctica 3.1 Toma de muestra de suelo y recomendaciones sobre el uso de los fertilizantes**

**Objetivo** Tomar en el campo muestras de suelos para análisis de laboratorio, usando por lo menos dos implementos diferentes.

**Recursos necesarios**

- Un mapa de la finca
- Barrenos
- Palas
- Machetes
- Bolsas plásticas
- Baldes plásticos
- Etiquetas
- Marcadores
- Libretas de apuntes
- Hoja de trabajo

**Instrucciones**

- Los participantes se reunirán en grupos de cuatro personas.
- Se seleccionarán los instrumentos y materiales para el muestreo.
- El instructor ubicará a los grupos en el terreno.
- El terreno se recorrerá por los grupos para dividirlo en unidades de muestreo, con base en la información suministrada por el instructor.
- Se recolectarán las submuestras para producir una muestra compuesta.
- Una vez tomada la muestra compuesta se homogeniza convenientemente en el balde, se coloca en la bolsa plástica aproximadamente 1 kg de suelo, se sella y se identifica con una etiqueta.
- Cada grupo nombrará un relator y comentarán los pasos seguidos para realizar la práctica.
- El instructor realizará la información de retorno con base en la evaluación de actitudes y destrezas.

Nombre de la finca: \_\_\_\_\_

Fecha: \_\_\_\_\_

Corregimiento o municipio: \_\_\_\_\_

Altura sobre el nivel del mar: \_\_\_\_\_

Tipo de análisis: \_\_\_\_\_

Profundidad de la muestra (cm): \_\_\_\_\_

Area que representa (ha): \_\_\_\_\_

Cultivo que se va a sembrar: \_\_\_\_\_

Drenaje: Bueno ( ) Regular ( ) Malo ( )

¿Se ha agregado cal en los últimos años?: Si ( ) No ( )

¿Se ha aplicado algún tipo de fertilizante?: Si ( ) No ( )

Especifique la cantidad (kg/ha): \_\_\_\_\_

¿Cuál fue el rendimiento del cultivo? (kg/ha): \_\_\_\_\_

¿Cuál fue el rendimiento del cultivo cuando no se hizo la aplicación del fertilizante? \_\_\_\_\_

¿Se va a aplicar riego en el próximo período? \_\_\_\_\_

## Práctica 3.1 - Información de retorno

La práctica de toma de muestras de suelos debe ser supervisada por el instructor. A continuación se presenta un formulario ya diligenciado.

1.

### Información adicional sobre la muestra de suelo

Nombre de la finca:	La Merced	Fecha: 03-19-91
Corregimiento o municipio:	Vinces	
Altura sobre el nivel del mar:	200 msnm	
Tipo de análisis:	Completo	
Profundidad de la muestra (cm):	15 cm	
Area que representa (ha):	5 ha	
Cultivo que se va a sembrar:	arroz	
Drenaje:	Bueno (x) Regular ( ) Malo ( )	
¿Se ha agregado cal en los últimos años?	Si ( ) No (x)	
¿Se ha aplicado algún tipo de fertilizante?	Si (x) No ( )	
Especifique la cantidad (kg/ha): N	100	
¿Cuál fue el rendimiento del cultivo (kg/ha)?	3.500	
¿Cuál fue el rendimiento del cultivo cuando no se hizo aplicación del fertilizante?	2.500 kg/ha	
¿Se va aplicar riego en el próximo período?	Si	

2.

## **Ejercicio 3.1 Recomendaciones para el uso racional de fertilizantes**

### **Objetivo**

Calcular la cantidad de producto comercial que se debe aplicar como fertilizante, teniendo en cuenta la dosis recomendada.

### **Recursos necesarios**

- Tabla con los fertilizantes existentes en el mercado.
- Resultados de análisis de suelos.
- Estudio de casos.

### **Instrucciones**

- El instructor dividirá el grupo en subgrupos los cuales tendrán un relator para cada uno.
- Cada subgrupo contará con un caso para desarrollarlo durante la práctica.
- Se realizará una plenaria al finalizar el ejercicio para discutir los resultados obtenidos.
- El instructor hará la información de retorno correspondiente.

## Ejercicio 3.1 Recomendaciones para el uso racional de fertilizantes

### Estudio de casos - Caso 1

El análisis de un suelo dio los siguientes resultados respecto al contenido de N - P - K: nitrógeno bajo, fósforo medio y potasio bajo. Si el área que se va a fertilizar es de 2500 metros cuadrados y las fuentes disponibles son urea, superfosfato triple y cloruro de potasio, calcule la cantidad del producto comercial que debe aplicar en cada una de las fuentes.

- Consultar la dosis recomendada, de acuerdo con los resultados del análisis del suelo (Cuadro 3.2):

Para N (bajo) se recomiendan 120 kg/ha

Para P (medio) se recomiendan 20  $P_2O_5$  kg/ha

Para K (bajo) se recomiendan 40  $K_2O$  kg/ha

Dosis del elemento en cada uno de los productos comerciales:

Urea (46%)

Superfosfato triple (45%  $P_2O_5$ )

Cloruro de potasio (60%  $K_2O$ )

## Ejercicio 3.1 - Información de retorno

1. a. Cálculo para el nitrógeno:

$$\begin{array}{rcl} 100 \text{ kg urea} & \text{_____} & 46 \text{ kg de N} \\ X & \text{_____} & 120 \text{ kg de N} = 260,86 \text{ kg de urea/ha} \end{array}$$

Como la superficie sobre la que se va a aplicar la fuente de nitrógeno es de 2.500 m<sup>2</sup>, se dice:

$$\begin{array}{rcl} 260,86 \text{ kg urea} & \text{_____} & 10.000 \text{ m}^2 \\ X & \text{_____} & 2.500 \text{ m}^2 = 65,2 \text{ kg de urea} \\ & & \text{se deben aplicar en esta área.} \end{array}$$

b. Cálculo para el fósforo:

$$\begin{array}{rcl} 100 \text{ kg superfosfato triple} & \text{_____} & 45 \text{ kg P}_2\text{O}_5 \\ X & \text{_____} & 20 \text{ kg de P}_2\text{O}_5 = 44,4 \text{ kg/ha} \\ & & \text{de superfosfato triple} \end{array}$$

$$\begin{array}{rcl} 44,4 \text{ kg superfosfato triple} & \text{_____} & 10.000 \text{ m}^2 \\ X & \text{_____} & 2.500 \text{ m}^2 = 11,11 \text{ kg de} \\ & & \text{superfosfato triple se} \\ & & \text{debe aplicar en } 2.500 \text{ m}^2 \end{array}$$

c. Cálculo para el potasio:

$$\begin{array}{rcl} 100 \text{ kg cloruro de potasio} & \text{_____} & 60 \text{ kg de K}_2\text{O} \\ X & \text{_____} & 40 \text{ kg de K}_2\text{O} = 66,6 \text{ kg/ha de} \\ & & \text{cloruro de potasio} \end{array}$$

$$\begin{array}{rcl} 66,6 \text{ kg cloruro de potasio} & \text{_____} & 10.000 \text{ m}^2 \\ X & \text{_____} & 2.500 \text{ m}^2 = 16,66 \text{ kg de} \\ & & \text{cloruro de potasio para ser} \\ & & \text{aplicados en } 2.500 \text{ m}^2 \end{array}$$

## Ejercicio 3.1

### Estudio de casos - Caso 2

La recomendación para la fertilización de un suelo, de acuerdo con los resultados del análisis, es de 120 kg/ha de nitrógeno, 20 kg/ha de  $P_2O_5$  y 20 kg de  $K_2O$  y las fuentes disponibles son un completo 10-30-10, urea (46% de N) y cloruro de potasio (60%). Calcule la dosis de cada fuente.

## Ejercicio 3.1 - Información de retorno

### Caso 2

Fuente	Cantidad/ha	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
10-30-10	66.7	6.67	20	6.67
Urea (46%)	246.3	113.33	-	-
KCl	22.2	-	-	13.33
Total	335.2	120.00	202	0.00

Cálculo del P con base en 10-30-10

$$\begin{array}{rcl}
 100 \text{ kg } 10-30-10 & \text{---} & 30 \text{ kg P} \\
 X & & 20 \text{ kg} = 66,7 \text{ kg } 10-30-10
 \end{array}$$

Nitrógeno contenido en el completo

$$\begin{array}{rcl}
 100 \text{ kg comp.} & \text{---} & 10 \text{ kg N} \\
 66,7 \text{ comp.} & \text{---} & X \text{ kg N} = 6,67 \text{ kg de N}
 \end{array}$$

La cantidad de potasio contenido en el completo es igual a la de nitrógeno = 6.67 kg

Cálculo del nitrógeno restante:

$$\text{Recomendación - N del completo} = 120 - 6.67 = 113.33$$

Urea: En 100 kg de urea hay 46 kg de N

$$\text{en X kg} \quad \text{---} \quad 113.33 \text{ kg de N}$$

$$X = \frac{113.3 \times 100}{46} = 246.3$$

Cálculo del potasio restante:

Recomendación -  $K_2O$  del completo =  $20 - 6.67 = 13.3$

KCl: En 100 kg de KCl hay 60 kg de  $K_2O$

en X kg                      13.3 kg de  $K_2O$

X =  $100 \times 13.3$     22.2 kg de KCl

## Ejercicio 3.1 Recomendaciones para el uso racional de fertilizantes

### Estudio de casos - Caso 3

1. Supongamos que el análisis del suelo arrojó los siguientes resultados:

Muestra No.1

P (ug/ml) por el método de Olsen modificado: 1.2

N (ug/ml) por el método de Olsen modificado: 20

pH 1:1 : 6.5

Al en miliequivalentes/100 gramos de suelo: 0.3

Ca en miliequivalentes/100 gramos de suelo: 6

Mg en miliequivalentes/100 gramos de suelo: 2.5

K en miliequivalentes/100 gramos de suelo: 0.07

CIC : 8.8

% de saturación de aluminio: 3.4

Textura: Franco arcillosa

Con base en los resultados anteriores:

- a. Diagnostique el estado nutricional del suelo. \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_
- b. Recomiende las dosis y fuentes necesarias para la fertilización del cultivo del arroz. \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_
2. Enumere cuatro consideraciones que deban tenerse en cuenta para hacer una aplicación eficiente del nitrógeno. \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

3. Enumere los factores que intervienen en la respuesta del cultivo a la aplicación de nitrógeno. \_\_\_\_\_

---

---

---

---

## Ejercicio 3.1 - Información de retorno

1. a. Diagnóstico del estado nutricional del suelo:

El suelo tiene bajos contenidos de nitrógeno, fósforo y potasio; el pH es ligeramente ácido, el contenido de aluminio es bajo, el calcio y el magnesio están en un rango de medio a alto.

b. Dosis que se deben aplicar:

Nitrógeno bajo : 120 kg/ha

Fósforo bajo : 40 kg/ha

Potasio bajo : 40 kg/ha

Fuentes:

- Urea al 46%

Si en 100 kg de urea hay 46 kg de nitrógeno

¿Cuántos kg de urea contendrán 120 kg de nitrógeno?

$$X = \frac{120 \times 100}{46} = \frac{12000}{46} = 260 \text{ kg/ha}$$

- Superfosfato triple con 46% de  $P_2O_5$

Si en 100 kg de superfosfato triple hay 46 kg de  $P_2O_5$

¿Cuántos kg de superfosfato contendrán 40 kg de  $P_2O_5$ ?

$$X = \frac{100 \times 40}{46} = 90 \text{ kg de superfosfato triple/ha}$$

- Cloruro de potasio con el 60% de  $K_2O$   
Si en 100 kg de cloruro de potasio hay 60% de  $K_2O$   
¿Cuántos kg de cloruro de potasio hay en 40 kg de  $K_2O$ ?

$$X = \frac{100 \times 40}{60} = 70 \text{ kg de cloruro de potasio/ha}$$

- a. En suelos de textura franca o franco - arenosa la dosis debe incrementarse, mientras que en los que presenten alto contenido de materia orgánica debe disminuirse.
  - b. Si el cultivo se rota con gramíneas la dosis debe aumentarse, mientras que si la rotación es con leguminosas debe disminuirse.
  - c. Antes de fertilizar con nitrógeno es indispensable hacer un buen control de las malezas presentes en el cultivo.
  - d. Cuando hay riesgo de volcamiento o de ataque de *Pyricularia* e insectos enrolladores la dosis debe disminuirse.
3. La respuesta a la aplicación del fertilizante nitrogenado depende de los siguientes factores:
  - a. Las condiciones edáficas y climáticas del sitio de siembra.
  - b. Las características de la variedad de siembra.
  - c. El sistema de cultivo.
  - d. El manejo del cultivo.

## Resumen de la Secuencia 3

Para el uso eficiente de los fertilizantes es indispensable hacer un análisis del suelo donde se va a realizar la siembra del arroz, con el fin de conocer su estado nutricional.

El método empleado en el Ecuador para analizar el estado nutricional de un suelo es el de Olsen modificado, el cual utiliza para la extracción de algunos elementos el bicarbonato de sodio más EDTA (Etilen diamino tetracetato).

Para lograr un buen manejo del fertilizante se deben tener en cuenta la dosis, la época y la forma de aplicación más apropiadas.

El nitrógeno es el elemento que más limita la producción de arroz y la respuesta a su aplicación depende de las condiciones climáticas, del suelo, la radiación solar y la temperatura de la zona, el sistema de cultivo, la variedad y el manejo del cultivo.

La respuesta a la fertilización con fósforo depende de la fuente utilizada, la época y el método de aplicación.

En los ensayos realizados en las zonas arroceras del Ecuador donde se ha aplicado nitrógeno, fósforo y potasio, los resultados evidencian respuestas positivas al nitrógeno, no siendo así en el caso del fósforo y el potasio.

## Evaluación final de conocimientos

### Orientaciones para el instructor

Al finalizar el estudio de la Unidad de Aprendizaje, se realizará la evaluación final de conocimientos. El propósito de ésta es conocer el grado de aprovechamiento logrado por los participantes, o en qué medida se han cumplido los objetivos.

Una vez los participantes terminen la prueba, el instructor ofrecerá la información de retorno. Hay dos maneras de manejar esta información:

1. El instructor revisa las respuestas de los participantes, asigna un puntaje y devuelve la prueba a éstos. Inmediatamente conduce una discusión acerca de las respuestas. Esta fórmula se emplea cuando la intención del instructor es hacer una evaluación sumativa.
2. El instructor presenta las respuestas correctas a las preguntas, para que cada participante las compare con aquellas que él escribió. El participante se califica y el instructor recoge la información de los puntajes obtenidos por todo el grupo. Enseguida conduce una discusión sobre las respuestas dadas por los participantes, haciendo mayor énfasis en aquéllas en las cuales la mayoría de los participantes incurrieron en error. Esta fórmula se utiliza cuando la intención del instructor es hacer una evaluación formativa.

Tanto de una manera como de la otra, el instructor debe comparar el resultado obtenido en la exploración inicial de conocimientos con el de la evaluación final de los mismos y de esta forma determinar el aprovechamiento general logrado por el grupo.

## Evaluación final de conocimientos

### Instrucciones para el participante

Esta evaluación contiene una serie de preguntas relacionadas con diferentes aspectos de la Unidad de Aprendizaje cuyo estudio ha terminado. Tiene por objeto conocer el nivel obtenido en el logro de los objetivos y estimar el progreso alcanzado por los participantes durante la capacitación.

Nombre: \_\_\_\_\_

Fecha: \_\_\_\_\_

Señale la alternativa que complemente correctamente los siguientes enunciados:

1. Los elementos considerados como macronutrientes primarios en el cultivo del arroz son:
  - a. N, P, K y Ca
  - b. N, P, K y Mg
  - c. N, P, K y Si
  - d. N, P, K y S
  
2. Los elementos considerados como macronutrientes secundarios son:
  - a. Fe, Mn y S
  - b. Ca, Mg y S
  - c. Mn, Ca y S
  - d. Ca, Mg y Zn

3. Las principales funciones del nitrógeno en la planta de arroz son:
  - a. Iniciar la floración y maduración tempranas, estimular el desarrollo de las raíces y aumentar la producción de granos.
  - b. Controlar la difusión del CO<sub>2</sub> en los tejidos verdes, activar el proceso enzimático, y aumentar la resistencia a las enfermedades.
  - c. Inducir el crecimiento rápido, aumentar el tamaño de hojas y granos e incrementar el contenido proteínico de los granos.
  - d. Favorecer la división celular, intervenir en el funcionamiento de algunas enzimas activadoras y en las reacciones de oxidación - reducción.
  
4. Las principales funciones del fósforo en la planta de arroz son:
  - a. Favorecer el desarrollo de la planta, activar el funcionamiento de algunas enzimas, incrementar la resistencia al ataque de enfermedades.
  - b. Inducir la floración y maduración tempranas, estimular el desarrollo de las raíces y aumentar la producción de granos.
  - c. Favorecer la división celular, intervenir en las fotosíntesis y en los procesos de oxidación reducción.
  - d. Aumentar la resistencia a las enfermedades, disminuir la esterilidad y activar el proceso enzimático.
  
5. La absorción de nutrimentos del suelo está condicionada por:
  - a. El desarrollo de la planta, su estado fitosanitario, el drenaje del suelo, las condiciones climáticas y el sistema de cultivo.
  - b. La cantidad de fertilizante aplicado, el desarrollo de la planta, la variedad de siembra, su estado fitosanitario, las condiciones ecológicas.
  - c. Las propiedades del suelo, la cantidad de fertilizante aplicado, la variedad de arroz, el sistema de cultivo y las condiciones ecológicas.
  - d. Las condiciones climáticas, el estado fitosanitario del cultivo, el drenaje del suelo, el sistema de cultivo y las condiciones ecológicas.

6. El nitrógeno, el fósforo y el potasio son absorbidos por la planta de arroz en el siguiente orden:
- a.  $K > N > P$
  - b.  $N > P > K$
  - c.  $P > N > K$
  - d.  $N > K > P$

Responda las siguientes preguntas:

7. ¿Cuáles son los síntomas de deficiencia del nitrógeno? \_\_\_\_\_

---

---

---

---

8. ¿Cuáles son los síntomas de deficiencia del fósforo? \_\_\_\_\_

---

---

---

9. ¿Cuáles son los síntomas de deficiencia del potasio? \_\_\_\_\_

---

---

---

---

Diga si son falsos (F) o verdaderos (V) los siguientes enunciados:

- |  | F                        | V                        |
|--|--------------------------|--------------------------|
| 10. El 92% del área sembrada de arroz en Ecuador está localizada en las provincias de Guayas y Los Ríos.                                   | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 11. Las zonas arroceras de Los Ríos son Daule, Santa Lucía, Palestina y Samborondón.   | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 12. Las zonas arroceras de Guayas son la zona Central y Babahoyo.  | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 13. Los suelos de la provincia de Los Ríos son aluviales, de textura arcillosa y un pH de 6.0 - 6.5.                                       | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 14. La precipitación en las zonas arroceras es de 1000 a 2000 mm anuales y se concentra en los meses de diciembre hasta abril.             | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 15. Los suelos que se siembran en arroz en las "pozas veraneras" son fértiles por la acumulación de materia orgánica.                      | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 16. El nitrógeno es el elemento más deficiente en los suelos dedicados a la siembra de arroz.  | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 17. El río Guayas y sus dos afluentes Daule y Babahoyo constituyen el sistema de irrigación de las diferentes zonas de siembra.            | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 18. Los suelos de la zona de Daule forman al secarse grietas hasta de 5 cm de ancho, por lo que predomina el sistema de siembra por riego. | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 19. El pH de un suelo inundado tiende en pocas semanas a valores de 5.5-4.5.   | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 20. La conductividad eléctrica de un suelo permite medir la intensidad de la reducción de un suelo inundado.                               | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

Responda las siguientes preguntas:

21. Describa las condiciones ideales de un suelo para la siembra del arroz

---

---

---

---

22. ¿Qué elementos son indispensables para tomar una muestra de suelo?

---

---

---

---

23. ¿Qué tipo de análisis de suelos se realizan en el Ecuador?

---

---

---

---

24. ¿Cuándo se recomienda aplicar fertilizantes con base en fósforo y en potasio?

---

---

---

---

25. ¿Cuándo se recomienda hacer aplicaciones de nitrógeno?

---

---

---

26. ¿Cuándo son necesarias las aplicaciones de potasio en el cultivo del arroz?

---

---

---

---

27. ¿Qué se debe tener en cuenta para la aplicación de un fertilizante?

---

---

---

---

## Evaluación final de conocimientos - Información de retorno

1. c
2. b
3. c
4. b
5. c
6. a
7. Los síntomas de deficiencia del nitrógeno se identifican porque las plantas raquílicas, con pocos hijos; a excepción de las hojas jóvenes que son verdes, las demás hojas son angostas, cortas, erectas y amarillentas; las hojas inferiores presentan secamiento del ápice hacia la base.
8. Los síntomas de deficiencia del fósforo son plantas raquílicas con escaso macollamiento y desarrollo radical defectuoso; las hojas se presentan angostas, cortas, erectas y con un color verde grisáceo. Las hojas jóvenes son sanas y las inferiores se tornan de color marrón y mueren. Si la variedad tiene tendencia a producir pigmentos antocianinos las hojas pueden desarrollar un color púrpura.
9. Los síntomas de deficiencia del potasio son, la reducción en el macollamiento y un posible raquitismo moderado en las plantas. A medida que éstas crecen, las hojas inferiores toman un color verde amarillento entre las venas y se inclinan. Con el tiempo las hojas inferiores se tornan de color marrón y la coloración amarillenta pasa a las hojas superiores.
10. V
11. F
12. F
13. F
14. V
15. V
16. V
17. V
18. V
19. F
20. F
21. Las condiciones ideales de un suelo para el cultivo del arroz son: buen contenido de materia orgánica (mayor del 5%), buena capacidad de intercambio catiónico, suficiente contenido de arcilla (40%), topografía plana, capa arable profunda (mayor de 25 cm) y buen drenaje superficial.

22. Los elementos necesarios para tomar una muestra de suelo son: barrenos o palas, bolsas plásticas, baldes plásticos y una libreta de apuntes.
23. Los análisis de suelos que se realizan en Ecuador son: Análisis simple, con el cual se determinan los contenidos de nitrógeno, fósforo, potasio y el pH del suelo; análisis completo, que determina, además de lo anterior, los niveles de calcio, magnesio y azufre; y el análisis que especifica la conductividad eléctrica.
24. Se recomienda incorporar los fertilizantes con base en fósforo y potasio con el último pase de rastrillo.
25. Las aplicaciones de nitrógeno en siembra directa se recomiendan, la primera al iniciarse el macollamiento y la segunda al inicio del primordio floral.

En siembras mediante trasplante la primera aplicación debe hacerse después de transcurridos 10 días y la segunda al inicio del primordio floral. Es importante tener en cuenta el ciclo de la variedad, porque en las tardías el inicio del primordio floral ocurre a mayor edad.

26. Las aplicaciones de potasio en el cultivo del arroz son necesarias cuando se hacen aplicaciones de altas dosis de nitrógeno, se siembra en suelos compactados y con drenaje deficiente, las condiciones climáticas y fitosanitarias son desfavorables, se siembra en suelos livianos, lixiviados y pobres en potasio, se presenta en el suelo exceso de calcio, magnesio o sodio con respecto a la cantidad de potasio.
27. Para la aplicación de un fertilizante se debe tener en cuenta la dosis requerida de acuerdo con los análisis de suelo; conocer las fuentes de fertilizantes disponibles en el mercado, que además de contener altas concentraciones del elemento sean las más adecuadas para las condiciones del suelo; calcular la cantidad del producto comercial necesaria para satisfacer la demanda establecida.

## Bibliografía

- CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL. 1983. Los macronutrientes en la nutrición de la planta de arroz; guía de estudio para ser usada como complemento de la Unidad Audiotutorial sobre el mismo tema. Contenido científico: Marco A Perdomo *et al.* Producción: Oscar Arregocés. Cali, Colombia. CIAT.
- CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL. 1981. Química de los suelos inundados; guía de estudio para ser usada como complemento de la Unidad Audiotutorial sobre el mismo tema. Contenido científico: Luis Alfredo León Ph. D. Producción: Oscar Arregocés. Cali, Colombia. CIAT.
- DE DATTA, SURAJIT K. 1981. Principles and practices of rice production. New York, Wiley - Interscience p: 348 -419.
- DE GEUS, J. G. 1954. Means of Increasing Rice Production. Citado por De Datta, Surajit K. Fertilizantes y acondicionamiento del suelo para el arroz tropical. Cultivo de arroz: Manual de producción. Mexico D. F., Editorial Limusa, 1975. p: 139 - 174.
- ISHIZUKA, Y. 1964. Nutrient uptake at different stages of growth - The mineral nutrition of rice plant. Citado por Perdomo, Marco A.; Gonzalez, Joaquín *et al.* Los macronutrientes en la nutrición de la planta de arroz. Cali, Colombia. Centro Internacional de Agricultura Tropical 1983. p: 10.
- JACOB, A. 1958. Fertilizer Use-Nutrition and Manuring of Tropical Crops. Citado por De Datta, Surajitk. Fertilizantes y acondicionamiento del suelo para el arroz tropical. Cultivo de arroz: Manual de producción. Mexico D. F. Editorial Limusa, 1975. p: 139 - 174.
- PERDOMO, M.; GONZALEZ, J.; GARCIA, E. y DE GALVIS, Y. C. 1982. Nutrición mineral del arroz en las diferentes etapas de desarrollo de la planta. Variedad CICA 8. In XIV Seminario COMALFI, Villavicencio, enero 27-29 1982. 30 p.
- PONNAMPERUMA, F. N. 1955. Dynamic aspects of flooded soils and the nutrition of the rice plant. In IRRI: The mineral nutrition of the rice plant. John Hopkins Press Baltimore pp 295-328.

TAKAHASHI, N. 1964. Photomorphogenesis in Rice Plants *Oryza sativa* L. Formulative Response to Monochromatic Light in Leaves. Citado por De Datta, Surajit K. Fertilizantes y acondicionamiento del suelo para el arroz tropical. Cultivo del arroz: Manual de producción. México D. F., Editorial Limusa, 1975. p: 139 -174.

# **Anexos**

## **Anexos**

	<b>Página</b>
Anexo 1. Evaluación del evento de capacitación .....	A-5
Anexo 2. Evaluación del desempeño de los instructores .....	A-8
Anexo 3. Evaluación de los instructores .....	A-10
Anexo 4. Formas en que son absorbidos los nutrimentos en la solución de suelo .....	A-14
Anexo 5. Características de las variedades de arroz sembradas en el Ecuador .....	A-17
Anexo 6. Clave para la determinación de deficiencias de nutrimentos en las plantas .....	A-18
Anexo 7. Diapositivas que complementan la Unidad .....	A-19
Anexo 8. Transparencias para uso del instructor .....	A-20

## Anexo 1 Evaluación del evento de capacitación

Nombre del evento: \_\_\_\_\_ Evento N° \_\_\_\_\_

Sede del evento: \_\_\_\_\_ Fecha: \_\_\_\_\_

### Instrucciones

Deseamos conocer sus opiniones sobre diversos aspectos del evento que acabamos de realizar, con el fin de mejorarlo en el futuro.

No necesita firmar este formulario; de la sinceridad en sus respuestas depende en gran parte el mejoramiento de esta actividad.

La evaluación incluye dos aspectos:

a) La escala 0, 1, 2, 3 sirve para que usted asigne un valor a cada una de las preguntas .

0= Malo, inadecuado.

1= Regular, deficiente.

2= Bueno, aceptable

3= Muy bien, altamente satisfactorio.

b) Debajo de cada pregunta hay un espacio para comentarios de acuerdo con el puntaje asignado. Refiérase a los aspectos POSITIVOS y NEGATIVOS. y deje en blanco los aspectos que no aplican en el caso de este evento.

1.0 Evalúe los objetivos del evento:

1.1 Según hayan correspondido a las necesidades (Institucionales y personales) que usted traía 

0	1	2	3
---	---	---	---

Comentario: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

1.2 De acuerdo con su logro en el evento 

0	1	2	3
---	---	---	---

Comentario: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

2.0 Evalúe los contenidos del curso según ellos hayan llenado los vacíos de conocimiento que usted traía al evento.

0	1	2	3
---	---	---	---

Comentario: \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

3.0 Evalúe las estrategias metodológicas empleadas:

3.1 Exposiciones de los instructores

0	1	2	3
---	---	---	---

3.2 Trabajos en grupo

0	1	2	3
---	---	---	---

3.3 Cantidad y calidad de los materiales de enseñanza

0	1	2	3
---	---	---	---

3.4 Sistema de evaluación

0	1	2	3
---	---	---	---

3.5 Prácticas en el aula

0	1	2	3
---	---	---	---

3.6 Prácticas de campo/laboratorio

0	1	2	3
---	---	---	---

3.7 Ayudas didácticas (papelógrafo, proyector, videos etc)

0	1	2	3
---	---	---	---

3.8 Giras/visitas de estudio

0	1	2	3
---	---	---	---

Comentario: \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

4.0 Evalúe la aplicabilidad (utilidad) de lo aprendido en su trabajo actual o futuro

0	1	2	3
---	---	---	---

Comentario: \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

5.0 Evalúe la coordinación local del evento

5.1 Información a participantes

0	1	2	3
---	---	---	---

5.2 Cumplimiento de horarios

0	1	2	3
---	---	---	---

5.3 Cumplimiento de programa

0	1	2	3
---	---	---	---

5.4 Conducción del grupo

0	1	2	3
---	---	---	---

5.5 Conducción de actividades

0	1	2	3
---	---	---	---

5.6 Apoyo logístico (equipos, materiales papelería)

0	1	2	3
---	---	---	---

Comentario: \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

6.0 Evalúe la duración del evento en relación con los objetivos propuestos y el contenido del mismo

0	1	2	3
---	---	---	---

Comentario: \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

7.0 Evalúe otras actividades y/o situaciones no académicas que influyeron positiva o negativamente en el nivel de satisfacción que usted tuvo durante el evento

7.1 Alojamiento

7.2 Alimentación

7.3 Sede del evento y sus condiciones logísticas

7.4 Transporte

0	1	2	3
0	1	2	3
0	1	2	3
0	1	2	3

Comentario: \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

8.0 Exprese sugerencias precisas para mejorar este evento.

8.1 Académicas (conferencias, materiales, prácticas)

a. \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

b. \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

c. \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

8.2 No académicas (transporte, alimentación, etc)

a. \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

b. \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

c. \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

#### ACTIVIDADES FUTURAS

9.0 ¿Durante el desarrollo de este curso los participantes planificaron la aplicación o la transferencia de lo aprendido al regresar a sus puestos de trabajo?

En qué forma? \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

10.0 ¿Qué actividades realizará usted a corto plazo en su institución para transferir o aplicar lo aprendido en el evento? \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

11.0 ¿De qué apoyo (recursos) necesitará para poder ejecutar las actividades de transferencia o de aplicación de lo aprendido? \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

## Anexo 2 Evaluación del desempeño de los instructores<sup>1</sup>

Fecha \_\_\_\_\_

Nombre del instructor \_\_\_\_\_

Tema(s) desarrollado(s) \_\_\_\_\_

### Instrucciones:

A continuación aparece una serie de descripciones de comportamientos que se consideran deseables en un buen instructor. Por favor, señale sus opiniones sobre el instructor mencionado en este formulario, marcando una "X" frente a cada una de las frases que lo describan.

Marque una **X** en la columna **SI** cuando usted esté seguro de que ese comportamiento estuvo presente en la conducta del instructor.

Marque una **X** en la columna **NO** cuando usted esté seguro de que no se observó ese comportamiento.

Este formulario es anónimo para facilitar su sinceridad al emitir sus opiniones:

### 1. Organización y claridad

El instructor...

SI NO

- |   |                          |                          |
|---|--------------------------|--------------------------|
| 1.1 Presentó los objetivos de la actividad                                | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 1.2 Explicó la metodología para realizar la(s) actividad(es)              | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 1.3 Respetó el tiempo previsto  | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 1.4 Entregó material escrito sobre su presentación                        | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 1.5 Siguió una secuencia clara en su exposición                           | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 1.6 Resumió los aspectos fundamentales de su presentación                 | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 1.7 Habló con claridad y tono de voz adecuados                            | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 1.8 Las ayudas didácticas que utilizó facilitaron la comprensión del tema | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 1.9 La cantidad de contenido presentado facilitó el aprendizaje           | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

### 2. Dominio del tema

- |  |                          |                          |
|--|--------------------------|--------------------------|
| 2.10 Se mostró seguro de conocer la información presentada | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 2.11 Respondió las preguntas de la audiencia con propiedad | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

<sup>1</sup> Para la tabulación y elaboración del informe acerca de la evaluación del instructor referirse al Anexo 3 en donde se encuentran las instrucciones.

	<b>SI</b>	<b>NO</b>
2.12 Dio referencias bibliográficas actualizadas	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2.13 Relacionó los aspectos básicos del tema con los aspectos prácticos	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2.14 Proporcionó ejemplos para ilustrar el tema expuesto	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2.15 Centró la atención de la audiencia en los contenidos más importantes del tema	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<b>3. Habilidades de interacción</b>		
3.16 Estableció comunicación con los participantes	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3.17 El lenguaje empleado estuvo a la altura de los conocimientos de la audiencia	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3.18 Inspiró confianza para preguntarle	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3.19 Demostró interés en el aprendizaje de la audiencia	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3.20 Estableció contacto visual con la audiencia	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3.21 Formuló preguntas a los participantes	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3.22 Invitó a los participantes para que formularan preguntas	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3.23 Proporcionó información de retorno inmediata a las respuestas de los participantes	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3.24 Se mostró interesado en el tema que exponía	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3.25 Mantuvo las intervenciones de la audiencia dentro del tema	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<b>4. Dirección de la práctica<sup>2</sup> (Campo/Laboratorio/Taller/Aula)</b>		
La persona encargada de dirigir la práctica...		
4.26 Precisó los objetivos de la práctica	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4.27 Seleccionó/acondicionó el sitio adecuado para la práctica	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4.28 Organizó a la audiencia de manera que todos pudieran participar	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4.29 Explicó y/o demostró la manera de realizar la práctica	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4.30 Tuvo a su disposición los materiales demostrativos y/o los equipos necesarios	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4.31 Entregó a los participantes los materiales y/o equipos necesarios para practicar	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4.32 Entregó a los participantes un instructivo (guía) para realizar la práctica	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4.33 Supervisó atentamente la práctica	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4.34 Los participantes tuvieron la oportunidad de practicar	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

<sup>1</sup> Se evalúa a la persona a cargo de la dirección de la práctica. Se asume la dirección general de la misma por parte del instructor encargado del tema en referencia.

## Anexo 3 Evaluación de los instructores

### Instrucciones

La evaluación del instructor --en general, dirigida por él mismo-- representa una información de retorno valiosa que le indica cómo ha sido percibido por la audiencia. El formulario que aparece en el Anexo 2 (Evaluación del desempeño de los Instructores) contiene un total de 34 ítems que se refieren a cuatro áreas sobre las cuales se basa una buena dirección del aprendizaje. Todo instructor interesado en perfeccionar su desempeño debería aplicar a los capacitandos un formulario como éste. En los cursos que cuentan con muchos instructores, y donde cada uno de ellos tiene una participación limitada, de dos horas o menos, será necesario aplicar -esta vez por parte del coordinador del curso- un formulario más breve. En todos los casos la información recolectada por este medio beneficiará directamente al instructor.

### Tabulación de datos y perfil de desempeño

En la página A-13 se presenta una reproducción de la hoja en que el instructor o el coordinador del curso escribe los datos que se obtienen del formulario de evaluación de instructores mencionado anteriormente (Anexo 1). Para esta explicación vamos a asumir que el formulario se ha aplicado a un total de 10 participantes.

Para tabular los datos se procede de la siguiente manera:

1. Por cada respuesta afirmativa se asigna un punto en la respectiva casilla. Sabiendo que fueron 10 los que contestaron el formulario, esto quiere decir que cada vez que se observen casillas con seis puntos o menos, el instructor podría mejorar en ese aspecto. Siguiendo el ejemplo, si el total de puntos para la primera fila de "Organización y Claridad" es 90 (100%) y un instructor es evaluado con un puntaje de 63 puntos (70%) indicaría que ésta es un área donde puede mejorar.
2. Con base en los datos de la tabulación se tramita el casillero central de la hoja, para establecer el porcentaje obtenido por el instructor en cada área evaluada.

En las casillas de 100% anote el puntaje que se obtendría si todos los participantes respondieran SI en todos los ítems. Para el caso de N = 10 tendríamos:

100%
90
60
100
90

En las casillas Número de Puntos se anota el puntaje "real" obtenido por el instructor en cada área, por ejemplo:

100%	No. puntos
90	45
60	40
100	80
90	60

Finalmente, se establece el porcentaje que el número de puntos representa frente al "puntaje ideal" (100%) y se escribe en las casillas de %.

Cuando n=10

100%	No. puntos	%
90	45	50
60	40	67
100	80	80
90	60	67

- En la rejilla del lado derecho se puede graficar la información que acabamos de obtener para un instructor determinado. También se puede indicar, con una línea punteada, el promedio de los puntajes de los otros instructores en el mismo evento de capacitación:

Este perfil le indicaría al instructor un mejor desempeño en “habilidades de interacción” y su mayor debilidad en la “organización y claridad”. También le indicaría que en las cuatro áreas evaluadas su puntaje es menor que el promedio del resto de los instructores del mismo evento.

4. El coordinador del curso puede escribir sus comentarios y enviar el informe, con carácter confidencial, a cada instructor. Así, cada uno podrá conocer sus aciertos y las áreas en las cuales necesita realizar un esfuerzo adicional si desea mejorar su desempeño como instructor.

Una buena muestra para evaluar está constituida por 10 participantes. En un grupo grande ( $N = 30$ ) no todos los participantes deben evaluar a cada uno de los instructores. El grupo total puede así evaluar tres de ellos.

# Evaluación de los Instructores

## Informe

Nombre del instructor: \_\_\_\_\_ Tema(s): \_\_\_\_\_

Fecha: \_\_\_\_\_ Desarrollado (s): \_\_\_\_\_

	Nº									100% Puntos %			1 2 3 4				%	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9								100	
<b>Organización y Claridad</b>																	90	
<b>Conocimiento del Tema</b>	10	11	12	13	14	15											80	
<b>Habilidades de Interacción</b>	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25								70
<b>Dirección de la Práctica</b>	26	27	28	29	30	31	32	33	34								60	
																	50	
																	40	

%Puntos

Perfil

Comentarios del Coordinador \_\_\_\_\_

---



---



---



---

\*Promedio de Instructores se indica con una línea roja

\_\_\_\_\_  
Firma Coordinador Curso

## Anexo 4 Formas en que son absorbidos los nutrimentos en la solución de suelo

Las células absorbentes de las raíces tienen la facultad de tomar agua y alimentos minerales de las soluciones exteriores, al tiempo que impiden la salida de las sustancias contenidas en sus propias raíces. Este desplazamiento en sentido único, del medio a la raíz, se debe a las características de permeabilidad selectiva de las dos membranas que limitan el protoplasma de la célula. La membrana externa recubre el protoplasma y lo separa de la cápsula celular, mientras que la interna lo separa del contenido vacuolar.

Las sustancias no ionizables entran en la célula y salen de ella por difusión, marchando de las zonas de mayor a las de menor concentración y aunque este desplazamiento continúa hasta que ambas concentraciones, la exterior y la interior, son iguales, el tiempo que se necesita para alcanzar el equilibrio depende de la rapidez con que cada soluto atraviesa la membrana protoplásmica. La velocidad de penetración para entrar en la planta viva o para salir de ella depende, a su vez, de dos factores principales: el tamaño de las moléculas y su solubilidad en los disolventes grasos. En general, puede decirse que las sustancias atraviesan las membranas protoplásmicas con una velocidad proporcional a su solubilidad en las sustancias grasas o en los lípidos, hecho que sugiere la idea de que dichas membranas deben estar formadas en gran proporción por materiales grasos. Así, los azúcares, que tienen escasa afinidad con los lípidos, salen y entran en la célula con gran lentitud, mientras que la glicerina, sustancia muy liposoluble, penetra en ella con relativa rapidez.

Superpuesto al factor de la liposolubilidad, está el del tamaño molecular: moléculas pequeñas, como por ejemplo las del agua, penetran en la célula con una rapidez mucho mayor que la que podría esperarse de su baja solubilidad en los lípidos, mientras que algunas moléculas grandes alcanzan una penetración inferior a la que por la misma razón debería esperarse. De aquí se deduce que las membranas protoplásmicas reúnen a la vez propiedades debidas a una constitución lipoidea y propiedades derivadas de una estructura en mosaico.

Los movimientos de entrada y salida del agua en las células están regulados en gran parte por las leyes de la ósmosis, referentes al paso de este líquido a través de membranas fácilmente permeables para ella, pero que lo son mucho menos para las moléculas de las sustancias disueltas.

El agua tiende a desplazarse del líquido en que su concentración es mayor al líquido en que es menor, tendencia que está contrarrestada por la presión que ejerce el contenido de la célula sobre la elástica cápsula que lo rodea.

El valor neto de penetración del agua en la célula, que recibe el nombre de déficit de presión de difusión, es en efecto, igual a la diferencia que existe entre la presión osmótica del contenido celular y la presión de turgencia ejercida por dicho contenido sobre la cápsula de la célula.

El sentido del desplazamiento del agua en la planta está determinado principalmente por el gradiente del déficit de la presión de difusión.

Los iones a diferencia de las sustancias no iónicas, no penetran en la célula por simple respuesta al gradiente de difusión, sino que continúan siendo absorbidos y pueden acumularse en el interior de la célula hasta alcanzar concentraciones muy superiores a las del medio externo.

Este proceso de acumulación iónica, que permite a la planta absorber y retener elevadas concentraciones de alimentos minerales esenciales para su desarrollo, es un proceso endoenergético que se realiza exclusivamente a expensas de la energía liberada por el metabolismo respiratorio.

En el Cuadro A4-1 se presentan las formas iónicas en que la planta absorbe los macronutrientes, en el Cuadro A4-2 las formas iónicas en que son absorbidos los micronutrientes.

Cuadro A 4-1. Formas iónicas en que la planta toma los elementos mayores

Elementos mayores	Formas iónicas de absorción
N	$\text{NH}_4^+$ ; $\text{NO}_3^-$
P	$\text{H}_2\text{PO}_4^-$ ; $\text{HPO}_4^{2-}$
K	$\text{K}^+$
Ca	$\text{Ca}^{++}$
Mg	$\text{Mg}^{++}$
S	$\text{SO}_4^{2-}$

Cuadro A 4-2. Formas iónicas en que la planta toma los elementos menores

Elementos menores	Formas iónicas de absorción
B	$H_3BO_3$ ; $H_2BO_3^-$ ; $HBO_3^{2-}$
Cu	$Cu^{++}$
Fe	$Fe^{++}$
Mn	$Mn^{++}$ ; $Mn^{+++}$
Mo	$MoO_4^{2-}$
Zn	$Zn^{++}$

## Anexo 5 Características de las variedades de arroz sembradas en el Ecuador

- INIAP 2: Grupo índico, ciclo vegetativo de 130 - 136 días, enana, tallos fuertes, altura de 83 - 103 cm, susceptible a *Pyricularia oryzae* y hoja blanca, grano largo y pubescente, excelente calidad molinera y culinaria, rendimiento bajo riego de 5.1 t/ha.
- INIAP 6: Grupo índico, ciclo vegetativo de 125 - 137 días, enana, tallos gruesos, altura 82 - 107 cm, susceptible a *Pyricularia oryzae* y resistente a hoja blanca, grano largo y pubescente, buena calidad molinera y en cuanto a la calidad culinaria el grano es moderadamente pegajoso, rendimiento bajo riego de 6.2 t/ha y en seco 4 t/ha.
- INIAP 7: Grupo índico, ciclo vegetativo de 126 - 145 días, enana, tallos gruesos, altura 104 - 126 cm, moderadamente resistente a *Pyricularia oryzae* y hoja blanca, grano largo y pubescente, buena calidad molinera y culinaria, rendimiento bajo riego de 5.2 t/ha y en seco 4.9 t/ha.
- INIAP 415: Grupo índico, ciclo vegetativo de 140 - 145 días, enana, tallos fuertes y vigorosos, moderadamente resistente a *Pyricularia oryzae* y hoja blanca, grano largo y pubescente, buena calidad molinera y culinaria, rendimiento bajo riego de 5.2 t/ha. Constituye el 60% del área sembrada de arroz en el Ecuador.
- INIAP 11: Grupo índico, ciclo vegetativo de 97 - 111 días, enana, altura 90 - 110 cm, resistente al volcamiento y moderadamente resistente a hoja blanca, el manchado del grano y *Sogatodes oryzicola*, buena calidad molinera y culinaria, rendimiento en seco 6.2 t/ha.

## Anexo 6 Clave para la determinación de deficiencias de nutrimentos en las plantas

Síntomas		Elemento Deficiente
A- B - C- CC-	<p>Hojas viejas o bajas de la planta principalmente afectadas, efectos localizados o generalizados.</p> <p>Efectos generalizados usualmente en toda la planta en casos avanzados, más o menos secamiento o quemado de las hojas inferiores, plantas de color verde pálido o verde oscuro.</p> <p>Plantas de color verde claro, hojas inferiores de color amarillo secándose a un color marrón, café claro, tallos cortos y delgado si el elemento es deficiente en estados avanzados de crecimiento</p> <p>Plantas verde oscuro, a menudo desarrollan un color rojo o púrpura, las hojas inferiores algunas veces amarilla. Secamiento dando un color marrón, café verdoso o negro. Tallos cortos y delgados si el elemento es deficiente en estados avanzados de crecimiento.</p>	<p>Nitrógeno</p> <p>Fósforo</p>
BB- C- CC- D- DD-	<p>Efectos comúnmente localizados. Moteamiento o clorosis, con o sin manchas de tejido muerto en las hojas inferiores. Secamiento escaso o ninguno de las hojas inferiores.</p> <p>Hojas moteadas o cloróticas; típicamente pueden ponerse de color rojizo, como en el algodón, algunas veces con parches muertos. El ápice y margen volteados hacia arriba. Tallos delgados</p> <p>Hojas moteadas o cloróticas con manchas pequeñas y grandes de tejido muerto</p> <p>Manchas pequeñas de tejido muerto, generalmente en el ápice y en medio de las venas, más marcadas al margen de las hojas. Tallos delgados</p> <p>Manchas generalizadas agrandándose rápidamente, generalmente comprendiendo áreas entre las venas y eventualmente mostrándose en las venas secundarias y a veces en las primarias. Hojas gruesas. Tallos con entrenudos cortos</p>	<p>Magnesio</p> <p>Potasio</p> <p>Zinc</p>
AA- B- C- CC-	<p>Hojas nuevas, o de las yemas afectadas. Síntomas localizados.</p> <p>Yemas terminales mueren después del apareamiento de distorsiones en el ápice o la base de las hojas jóvenes.</p> <p>Hojas jóvenes de la yema terminal al principio típicamente encorvadas; finalmente mueren en sus ápices y márgenes, de tal manera que el último crecimiento se caracteriza por una apariencia cortada de estas hojas. Tallos mueren en la parte de la vena terminal</p> <p>Las hojas jóvenes de las yemas terminales se ponen de color verde claro en sus bases, en donde se quiebran más tarde. En crecimiento posterior las hojas se tuercen y los tallos finalmente mueren en las yemas terminales.</p>	<p>Calcio</p> <p>Boro</p>
BB- C- CC- D- DD- E- EE-	<p>La yema generalmente queda viva. Marchitamiento o clorosis de las hojas jóvenes y hojas de las yemas, con o sin áreas de tejido muerto. Las venas verde claro o verde oscuro.</p> <p>Hojas jóvenes permanentemente marchitas, sin manchamiento o clorosis marcada. Los vástagos o tallos no pueden mantenerse erectos en estados avanzados de deficiencia .</p> <p>Hojas jóvenes no marchitas. Clorosis presente con o sin manchas de tejido muerto regado por toda la hoja.</p> <p>Manchas de tejido muerto regadas por toda la hoja, las hojas más jóvenes tienden a permanecer de color verde en el lugar de las venas delgadas produciendo un efecto cuadrículado o reticulado.</p> <p>Comúnmente no se presentan manchas de tejido muerto. La clorosis puede o no implicar las venas volviéndolas de un color verde claro o dejándolas de color verde oscuro.</p> <p>Hojas jóvenes con las venas y el tejido entre las venas de un color verde claro.</p> <p>Hojas jóvenes cloróticas. Las venas principales típicamente verdes. Tallos cortos y delgados.</p>	<p>Cobre</p> <p>Manganeso</p> <p>Azufre</p> <p>Hierro</p>

## **Anexo 7 Diapositivas que complementan la Unidad**

1. Nutrientes extraídos por el cultivo del arroz
2. Cultivo de arroz con deficiencia de nitrógeno.
3. Testigo vs. deficiencia de fósforo.
4. Testigo vs. deficiencia de potasio
5. Testigo vs. deficiencia de N, P, K
6. Testigo vs. deficiencia de calcio
7. Plantas sanas vs. plantas con deficiencias en suelos inundados
8. Deficiencia de hierro
9. Toxicidad por hierro
10. Deficiencia de zinc
11. Distribución de los elementos en la planta de arroz

## **Anexo 8 Transparencias para uso del instructor**

1. Flujograma de la Unidad
2. Objetivo terminal
3. Exploración inicial de conocimientos - Información de retorno
4. Flujograma de la Secuencia 1

### **Secuencia 1**

1. Flujograma de la Secuencia 1
2. Absorción N, P, K, a través de las etapas de desarrollo de la variedad IR-36 bien fertilizada
3. Absorción de silicio por la variedad CICA 8, en el CIAT
4. Absorción de elementos secundarios, calcio, magnesio y azufre
5. Formas iónicas en que la planta toma los elementos mayores.
6. Formas iónicas en que la planta toma los elementos menores.
7. Cantidad de macronutrientes extraídos del suelo por diferentes variedades de arroz, en kg/ha.

### **Secuencia 2**

1. Flujograma de la Secuencia 2
2. Distribución del área arrocerá del Ecuador
3. Provincias de Guayas y Los Ríos donde se encuentra el 92% del área arrocerá del país
4. Concentración de oxígeno en las capas oxidada y reducida de un suelo inundado
5. Cambios en el pH de dos suelos sometidos a inundación permanente
6. Cambios del potencial redox de varios suelos después de inundados

7. Cambios en la conductividad eléctrica de un suelo después de ser inundado en dos semestres de cultivo
8. Cambios en la concentración de nitratos en la solución de varios suelos después de la inundación
9. Cambios en la concentración de amonio en la solución de varios suelos inundados
10. Cambios en la concentración de manganeso en la solución de varios suelos inundados
11. Cambios en la concentración de  $Fe^{+2}$  en la solución de varios suelos después de la inundación
12. Cambios en la concentración de P en la solución de varios suelos después de la inundación

### **Secuencia 3**

1. Flujograma de la Secuencia 3
2. Ejemplo de la división de una finca en áreas y recolección de submuestras
3. Interpretación general del análisis de suelos cuando se utiliza la solución extractora del método Olsen modificado
4. Recomendaciones de fertilización para arroz de secano con base en el análisis de suelos obtenido por el método de Olsen modificado
5. Promedios de rendimiento de la variedad INIAP 11 en siembra directa y condiciones de secano en dos localidades: San Juan y Vinces, en diferentes niveles de fertilización nitrogenada
6. Porcentaje de elemento en fertilizantes disponibles en Ecuador
7. Evaluación final de conocimientos - Información de retorno