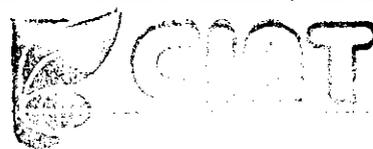


SB  
191  
.RS  
11585  
V-U

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

# 4

## NUTRICION MINERAL, SUELOS Y MANEJO DE LA FERTILIZACION DEL ARROZ EN VENEZUELA



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA  
LA VILLA

Francisco J. Blanco  
Germán R. Rico  
Aurelio L. Amaya

CIAT  
FONAIAP - APROSCELLO - APROSELLAC - UNELLEZ  
1992

# NUTRICION MINERAL, SUELOS Y MANEJO DE LA FERTILIZACION DEL ARROZ EN VENEZUELA

## **Autores:**

Francisco J. Blanco, M. Sc.

Germán R. Rico, M. Sc.

Aurelio L. Amaya, Ing. Agr.



## **Asesoría científica**

Luis A. León, Ph.D.

## **Coordinación:**

Vicente Zapata S. Ed. D.

Elías García, Ing. Agr.

## **Producción:**

Yolanda Romero F., Biól.

Viviana Gonzalñas, Ing. Agr.

## **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:

1. Las malezas y su manejo en el cultivo del arroz en Venezuela
2. Manejo integrado de artrópodos plaga en el cultivo del arroz en Venezuela
  - 2.1 Vertebrados plaga en el cultivo del arroz
3. Enfermedades del arroz y su manejo en Venezuela.

Blanco, Francisco J. ; Rico, Germán R. ; Amaya, Aurelio L. Nutrición mineral, suelos y manejo de la fertilización del arroz en Venezuela / coordinación general, Vicente Zapata S. , Elías García ; asesoría científica, Luis A. León ; producción , Yolanda Romero , Viviana Gonzálías ; diagramación, Juan Carlos Londoño. -- Cali, Colombia : Centro Internacional de Agricultura Tropical, 1992. \_\_p. Es: -- (Unidades de aprendizaje para la capacitación en tecnología de producción de arroz ; 4).

Incluye 15 diapositivas col. y 35 transparencias en bolsillo.

ISBN:

Publicado en cooperación con el Banco Interamericano de Desarrollo, BID ; el Fondo Nacional de Investigaciones Agropecuarias, FONAIAP ; la Asociación de Productores de Semilla Certificada de los Llanos Occidentales, APROSCHELLO ; la Asociación de Productores de Semilla de los Llanos Centrales, APROSELLAC ; y la Universidad Nacional Experimental de los Llanos Occidentales "Ezequiel Zamora", UNELLEZ.

1. Arroz -- Nutrición mineral. 2. Arroz -- Desórdenes nutricionales. 3. Arroz -- Suelos -- Venezuela. 4. Arroz -- Arroz irrigado -- Fertilización. I. Blanco, Francisco J. II. Rico, Germán R. III. Amaya, Aurelio L. IV. Banco Interamericano de Desarrollo. V. Asociación de Productores de Semilla Certificada de los Llanos Occidentales. VI. Asociación de Productores de Semilla de los Llanos Occidentales "Ezequiel Zamora". VII. Centro Internacional de Agricultura Tropical.

## Agradecimiento

Los autores de este material agradecen al ingeniero Elías García D., asociado de capacitación del CIAT y al ingeniero 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 son dignas del 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>Fundamentos básicos de la nutrición mineral en el cultivo del arroz</b>	
• Funciones de los nutrimentos en el cultivo de arroz .....	1-11
• Absorción y distribución de los nutrimentos durante las etapas de crecimiento y desarrollo del cultivo .....	1-15
• Desórdenes nutricionales .....	1-20
Bibliografía .....	1-27
Ejercicio 1.1. Funciones y distribución de los nutrimentos en el cultivo del arroz .....	1-28
Práctica 1.1. Identificación de deficiencias y toxicidades en el cultivo del arroz .....	1-31
Resumen de la Secuencia 1 .....	1-40
<b>Características de los suelos arroceros en Venezuela</b>	
• Principales regiones arroceras de Venezuela .....	2-9

- Principales cambios físicos, electroquímicos y químicos en los suelos inundados ..... 2-14
- Bibliografía ..... 2-26
- Ejercicio 2.1 Principales regiones arroceras de Venezuela y principales cambios físicos, electroquímicos y químicos en suelos inundados. .... 2-28
- Resumen de la Secuencia 2 ..... 2-32

**Manejo de la fertilización en cultivos de arroz con riego**

- Fertilización nitrogenada ..... 3-9
- Fertilización potásica ..... 3-14
- Fertilización fosfórica ..... 3-16
- Muestreo de suelos con fines de fertilización ..... 3-18
- Interpretación del análisis de suelos ..... 3-22
- Elaboración de planes de fertilización para cultivos de arroz ..... 3-25
- Bibliografía ..... 3-29
- Práctica 3.1. Muestreo de suelos con fines de fertilización ..... 3-30
- Ejercicio 3.1. Elaboración de planes de fertilización ..... 3-35
- Resumen de la Secuencia 3 ..... 3-49
- Evaluación final de conocimientos ..... 3-50

**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. Instrucciones para el establecimiento de la práctica 1.1 "Identificación de deficiencias y toxicidades en el cultivo del arroz" ..... A-14

	Página
Anexo 5. Claves para la determinación de deficiencias de nutrimentos en las plantas .....	A-16
Anexo 6. Precios de venta de fertilizantes .....	A-17
Anexo 7. Tablas de recomendaciones .....	A-18
Anexo 8. Diapositivas que complementan la Unidad .....	A-19
Anexo 9. 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, mandioca y arroz. Al mismo tiempo, el Centro ha contribuido 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 disponibles 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 éstas a los agricultores no ocurre con la rapidez y amplitud requeridas para responder a las necesidades de mayor producción de alimentos y de mejoramiento de los ingresos de los productores. Para superar esta limitación, el CIAT ha fomentado la creación de redes de capacitación que ayuden a los extensionistas a actualizarse en las nuevas tecnologías.

Las nuevas redes están integradas por profesionales expertos en frijol, mandioca o arroz, quienes, con la orientación del CIAT, aprendieron métodos de aprendizaje para capacitar a otros profesionales, y están provistos por ello de materiales de apoyo para la capacitación, llamados Unidades de Aprendizaje, una de las cuales es la presente.

Se han desarrollado tres redes de capacitación, cuyos integrantes, en el proceso de su transformación de especialistas agrícolas en "capacitadores" de profesionales agrícolas, elaboraron las Unidades de Aprendizaje. Creemos que ellas son instrumentos dinámicos que esperamos sean adoptados por muchos profesionales quienes, a su vez, harán ajustes a su contenido para adecuarlas a las condiciones locales particulares en que serán usadas.

Hasta ahora las Unidades han pasado exitosamente la prueba de su uso. Pero sólo con el correr del tiempo veremos si realmente han servido para que la tecnología llegue 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, y especialmente a los nuevos capacitadores, así como a los dirigentes de sus instituciones, y a los científicos del CIAT.

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

Hacemos también un claro reconocimiento tanto de la labor de dirección de la estrategia de formación de capacitadores, realizada por Vicente Zapata S., Ed. D., como de su acertada dirección de las actividades de capacitación de las cuales surgió la serie de Unidades de Aprendizaje para la Capacitación en Arroz.

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

---

*Gerardo E. Hábich*

Director Asociado, Relaciones Institucionales

CIAT

## Características de la audiencia

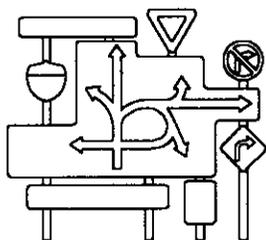


La presente Unidad de Aprendizaje está diseñada para capacitar en el cultivo de arroz con riego a los profesionales universitarios independientes o de instituciones públicas o privadas que se desempeñen como extensionistas, asistentes o asesores técnicos. Ellos poseen conocimientos generales sobre el cultivo, pero precisan actualización para ejecutar una labor más eficiente y acertada.

Por las características de la presentación del contenido, se aspira a que esta Unidad constituya el material de apoyo para las personas que una vez capacitadas y concientizadas transfieran los nuevos avances agrícolas disponibles y la tecnología apropiada a técnicos y productores.

Aunque los materiales de aprendizaje poseen el nivel requerido para la audiencia citada, el instructor puede realizar los cambios convenientes en función de las necesidades de otras audiencias, tales como profesores de educación media y superior, otros técnicos de extensión y asistencia técnica, productores avanzados líderes en el cultivo del arroz, así como estudiantes de pregrado y posgrado; con la adecuada codificación de la información, ellos pueden resultar altamente beneficiados con el aprendizaje de la Unidad.

## Instrucciones para el manejo de la Unidad



Esta Unidad de Aprendizaje ha sido preparada para su uso en el área de Venezuela, 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 ellos; 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.

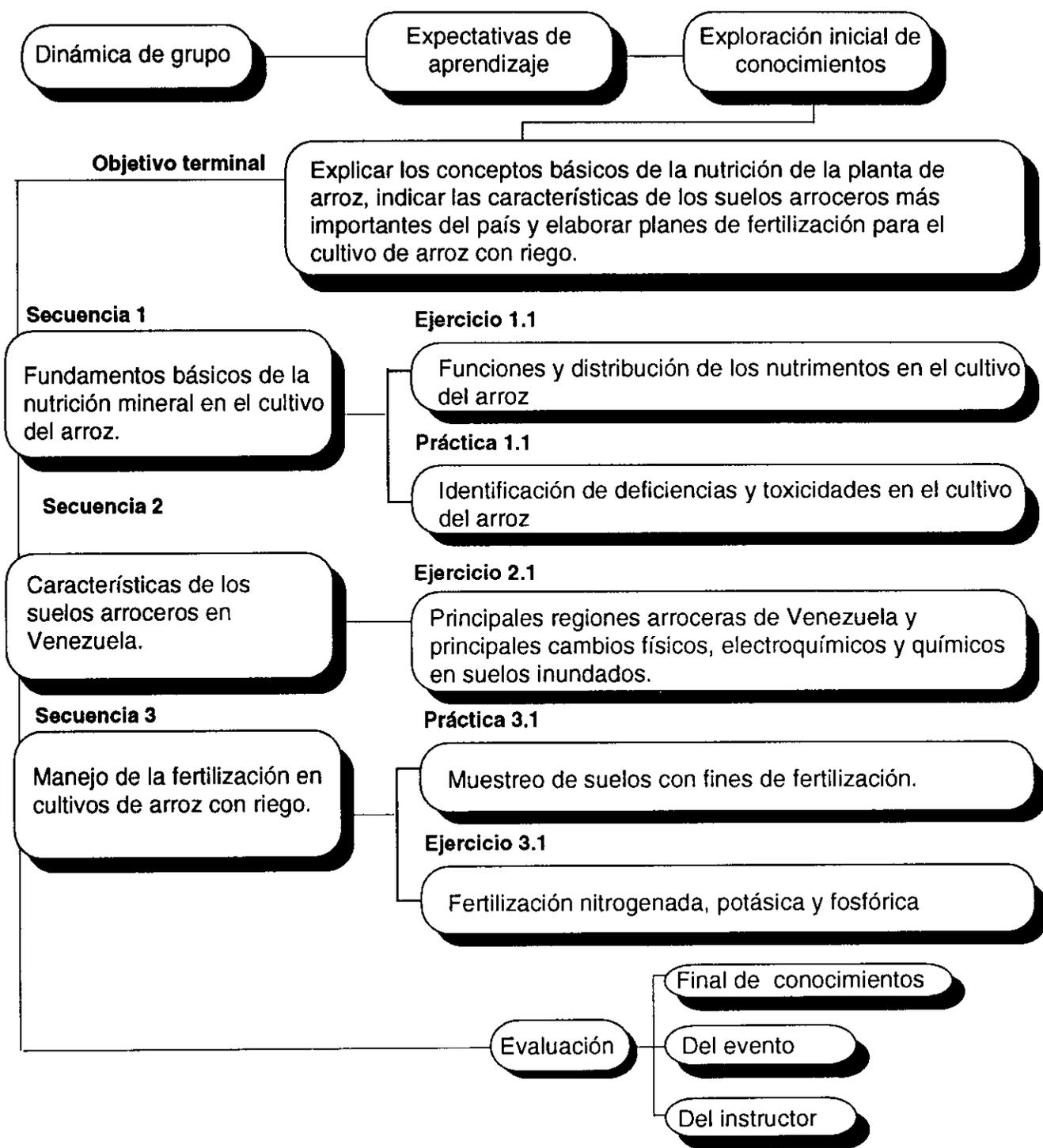
Durante el uso de la Unidad tenga siempre presente que los participantes en el curso son los protagonistas de su propio aprendizaje, por lo tanto, anímelos a participar activamente; revise continuamente el flujograma de actividades programadas y el tiempo que ha destinado para cada una con el fin de 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 la nutrición mineral, suelos y manejo de la fertilización de arroz en Venezuela 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



El instructor, para realizar la dinámica de grupo, procederá de la siguiente manera:

1. En cada ángulo del aula colocará un rotafolio (papelógrafo).
2. En la hoja de cada rotafolio (papelógrafo) escribirá una palabra con la que se identifiquen diferentes integrantes de la audiencia.
3. Se inducirá a la audiencia a agruparse de acuerdo con la palabra de su preferencia y cada participante explicará la razón de su elección.
4. Se repetirá la misma operación anterior tres veces.
5. En los últimos cuatro grupos que se formen se nombrará un relator de los datos personales de cada integrante, quienes suministrarán la información siguiente:

Nombre:

Profesión:

Sitio de trabajo:

Trabajo que desempeña:

Exitos obtenidos:

6. El instructor invitará al relator de cada grupo a presentar a la audiencia la información personal de los componentes del mismo.

Tiempo : 15 minutos para la formación de los grupos

05 minutos para la exposición por 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 obtener de este evento? \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

2. ¿Qué expectativas tiene usted acerca de lo que espera aprender con el estudio de esta Unidad? \_\_\_\_\_

---

---

---

3. ¿Cómo se enteró del curso? \_\_\_\_\_

---

---

---

## **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 por qué de las respuestas.

Al finalizar 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: 30 minutos.

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

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

Marque con una "X" la respuesta correcta:

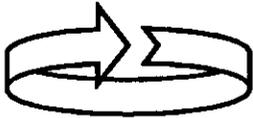
1. El potasio es un elemento esencial para:
  - a. la apertura y cierre de estomas.
  - b. la síntesis de la clorofila.
  - c. la transferencia de energía.
  - d. la activación del crecimiento.
  
2. El fósforo es un elemento indispensable para:
  - a. el endurecimiento de la pared celular.
  - b. la estimulación del macollamiento.
  - c. la resistencia a plagas y enfermedades.
  - d. la absorción de hierro.

3. El nitrógeno es distribuido en la planta aproximadamente a la madurez en variedades mejoradas de alto rendimiento:
  - a. 75% en la paja, 25% en el grano.
  - b. 25% en la paja, 75% en el grano.
  - c. 50% en la paja, 50% en el grano.
  - d. 60% en la paja, 40% en el grano.
  
4. El potasio es distribuido en la planta aproximadamente a la madurez en variedades mejoradas de alto rendimiento:
  - a. 50% en la paja, 50% en el grano.
  - b. 75% en la paja, 25% en el grano.
  - c. 90% en la paja, 10% en el grano.
  - d. 40% en la paja, 60% en el grano.
  
5. La deficiencia de nitrógeno en la planta se detecta por:
  - a. escaso desarrollo radicular.
  - b. clorosis intervenal.
  - c. clorosis generalizada en la hoja.
  - d. una coloración verde oscura.
  
6. La toxicidad causada directamente por el hierro se reconoce por:
  - a. anaranjamiento general de la planta.
  - b. poco macollamiento.
  - c. manchas marrones en hojas viejas.
  - d. manchas marrones en las hojas jóvenes.

7. Los suelos de sabana se caracterizan por tener:
  - a. alta fertilidad natural.
  - b. alta capacidad de intercambio catiónico.
  - c. bajo contenido de hierro.
  - d. baja fertilidad natural.
  
8. La urea es la principal fuente de nitrógeno para el arroz por ser:
  - a. más económica.
  - b. más eficiente.
  - c. fuente de nitrato.
  - d. más soluble.
  
9. El nutrimento que la planta de arroz requiere en mayor cantidad es:
  - a. nitrógeno.
  - b. fósforo.
  - c. magnesio.
  - d. potasio.
  
10. La profundidad de muestreo con fines de fertilización de cultivos de arroz debe ser de:
  - a. 10 cm.
  - b. 20 cm.
  - c. 35 cm.
  - d. 50 cm.

11. En la toma de muestras para análisis del suelo es importante tomar en cuenta:
- el origen del suelo.
  - el relieve del suelo.
  - la característica del subsuelo.
  - el tipo de estructura del suelo.
12. Si en el suelo el contenido de fósforo es igual a 15 ppm (método Olsen), este contenido es:
- muy bajo.
  - bajo.
  - medio.
  - alto.
13. Para aplicar la fuente de potasio más económica se debe utilizar:
- $K_2SO_4$
  - KCl
  - $KNO_3$
  - $K_2SO_4 \cdot 2MgSO_4$
14. Respecto a los siguientes enunciados marque con una "V" los que considere verdaderos y con una "F" los que considere falsos.
- |  | V                        | F                        |
|--|--------------------------|--------------------------|
| a. La fertilidad de los suelos arroceros del Edo. Portuguesa es superior a la de los suelos del Edo. Guárico | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| b. El pH en suelos ácidos aumenta con la inundación  | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| c. El amonio en suelos inundados tiende a disminuir su concentración   | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

## Exploración inicial de conocimientos - Información de retorno



1. a. Apertura y cierre de estomas.  
Porque las células guardianes de cada lado de los estomas acumulan grandes cantidades de potasio forzándolos a que se abran.
2. b. La estimulación del macollamiento.  
Porque interviene en la división y alargamiento de las células.
3. c. 50% en la paja y 50% en el grano.  
De todo el nitrógeno absorbido por la planta a la maduración se trasloca un 50% al grano y el otro 50% a la paja.
4. c. 90% en la paja y 10% en el grano.  
La mayor cantidad de potasio es absorbido antes de la floración y no es traslocado al grano.
5. c. Clorosis generalizada en la hoja.  
Síntoma típico de la deficiencia de nitrógeno, por reducción en la formación de clorofila.
6. c. Manchas marrones en hojas viejas.  
Característica asociada a la toxicidad causada por el hierro.
7. d. Baja fertilidad natural.  
Porque tienen bajos contenidos de fósforo y potasio y bajo pH.
8. a. Más económica.  
Tiene un mayor contenido de nitrógeno con respecto a las demás fuentes.
9. d. Potasio.  
La absorción de potasio por la planta es superior a la de otros nutrientes.

10. b. 20 cm.

La mayor parte del sistema de raíces de la planta de arroz se encuentra hasta esa profundidad.

11. b. El relieve del suelo.

La fertilidad de los suelos varía de acuerdo con su posición fisiográfica.

12. c. Medio.

Según las tablas de categorías de contenido de fósforo (método Olsen).

13. b. KCl.

Contiene mayor cantidad de potasio que las otras fuentes y es más barato.

14 a. "V" verdadero.

Son suelos de origen más reciente y anteriormente cubiertos por bosques.

14 b. "V" verdadero.

Aumenta en suelos ácidos por la liberación de "OH" de compuestos oxidados.

14 c. "F" falso.

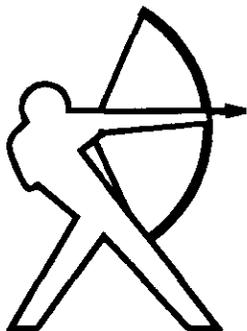
Tiende a aumentar por la mineralización incompleta de nitrógeno en condiciones de reducción.

## Objetivos

### Terminal

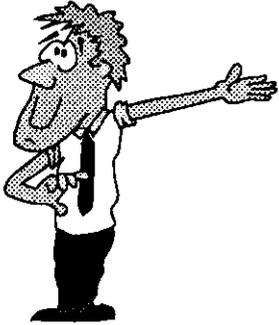
- ✓ Al finalizar el estudio de la presente Unidad de Aprendizaje, los participantes estarán en capacidad de explicar los conceptos básicos de la nutrición de la planta de arroz, indicar las características de los suelos arroceros más importantes del país y elaborar planes de fertilización para el cultivo de arroz con riego.

### Específicos



- ✓ Explicar por lo menos dos de las principales funciones del nitrógeno, el fósforo, el potasio, el calcio, el magnesio y el zinc en la planta de arroz.
- ✓ Describir la distribución del nitrógeno, el fósforo y el potasio en la planta de arroz durante su crecimiento y desarrollo.
- ✓ Diferenciar las deficiencias de nitrógeno, fósforo y potasio y la toxicidad directa e indirecta causada por el hierro en plantas de arroz, a través de diapositivas y/o en el invernadero.
- ✓ Comparar las cuatro principales características de los suelos dominantes en cada una de las dos grandes regiones arroceras de Venezuela.
- ✓ Describir dos cambios en las características físicas, electroquímicas y químicas de los suelos arroceros, como resultado de la inundación.
- ✓ Analizar los requerimientos, eficiencia, fuentes y época de aplicación de los fertilizantes nitrogenados, potásicos y fosfóricos, para incrementar la producción del arroz de riego.
- ✓ Tomar en el campo muestras de suelo para los análisis de laboratorio, usando por lo menos dos instrumentos diferentes.
- ✓ Elaborar, en forma racional, planes de fertilización para cultivos de arroz con riego, basados en la interpretación del análisis de suelo.

## Introducción



La fertilización del arroz es una práctica agronómica indispensable para obtener buenos rendimientos; sin embargo, su manejo técnico contribuye a disminuir los costos de producción aumentándose así la rentabilidad del cultivo.

Esta Unidad se ha desarrollado con la finalidad de capacitar técnicamente a los profesionales del agro y, de esta manera, mejorar el manejo del cultivo que realizan los agricultores desde el punto de vista de la fertilización del cultivo de arroz.

Para realizar planes de fertilización es necesario conocer aspectos sobre la nutrición mineral del cultivo; por lo tanto, en esta Unidad se discutirá sobre los nutrientes esenciales, sus funciones, absorción, distribución, deficiencias y toxicidades. Otros aspectos incluidos son las características de los suelos de las principales áreas arroceras del país, así como los cambios que pueden ocurrir en los mismos cuando son inundados.

Por último se indican los requerimientos, eficiencia, fuentes y épocas de aplicación de nitrógeno, fósforo y potasio; además se explica el procedimiento para tomar muestras de suelos con fines de fertilización, la forma de interpretar los resultados y los criterios que se deben tener en cuenta para realizar un plan racional de fertilización para el cultivo del arroz.

# **Secuencia 1**

**Fundamentos  
básicos de la  
nutrición mineral  
en el cultivo del  
arroz**

# Contenido

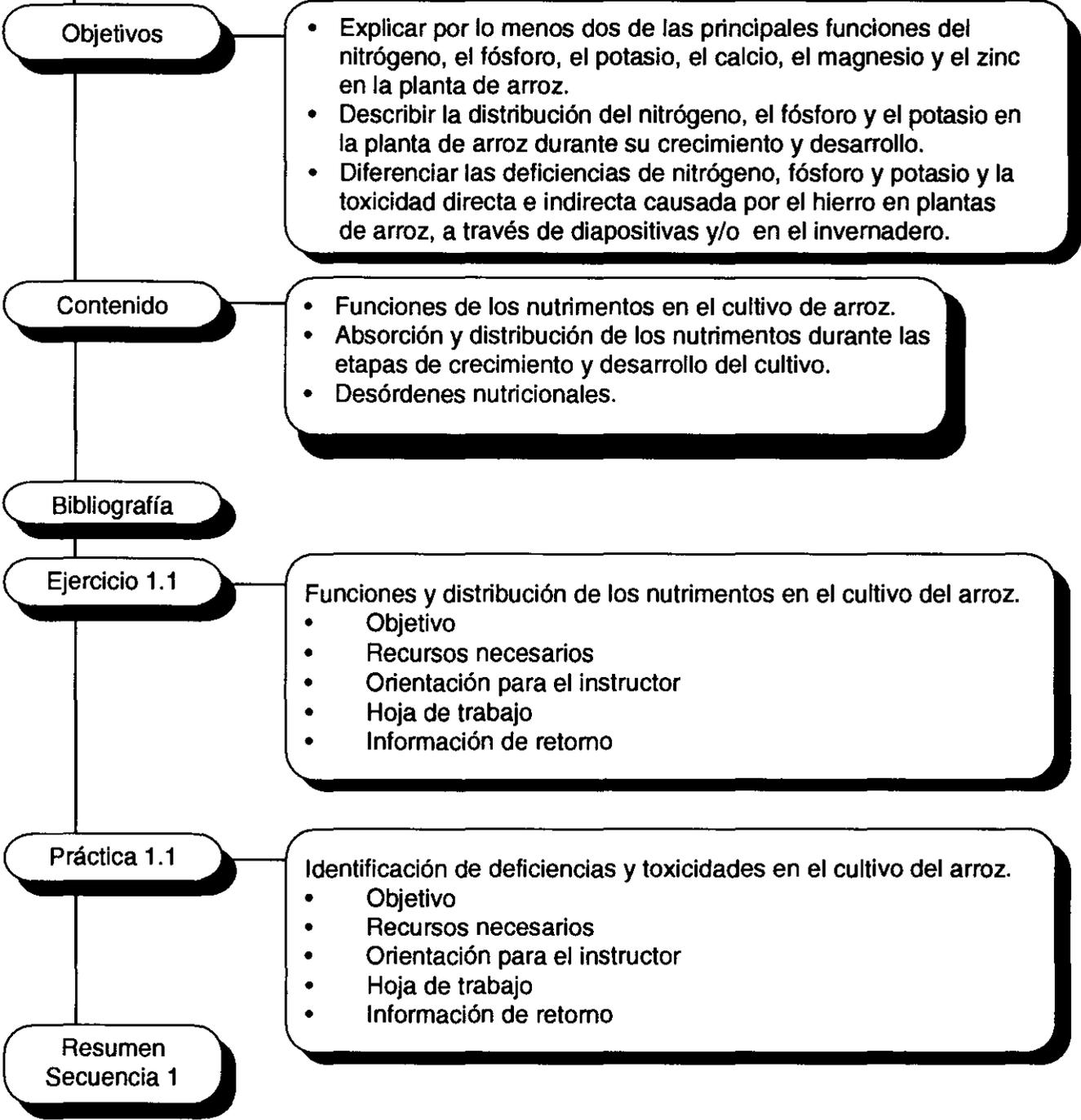
	Página
Objetivos .....	1-9
Información .....	1-11
• Funciones de los nutrimentos en el cultivo de arroz .....	1-11
• Nitrógeno .....	1-11
• Fósforo .....	1-12
• Potasio .....	1-12
• Calcio .....	1-13
• Magnesio .....	1-13
• Azufre .....	1-13
• Zinc .....	1-13
• Manganeseo .....	1-13
• Hierro .....	1-14
• Boro .....	1-14
• Cobre .....	1-14
• Molibdeno .....	1-14
• Cloro .....	1-14
• Silicio .....	1-14
• Absorción y distribución de los nutrimentos durante las etapas de crecimiento y desarrollo del cultivo .....	1-15
• Absorción general de los nutrimentos por el cultivo de arroz .....	1-15
• De la germinación a la emergencia .....	1-15
• Crecimiento inicial .....	1-15
• Crecimiento principal .....	1-15
• Fase final del crecimiento .....	1-16

	Página
• Absorción de nitrógeno, fósforo y potasio .....	1-16
• Absorción de nitrógeno .....	1-16
• Absorción de fósforo .....	1-16
• Absorción de potasio .....	1-16
• Absorción de calcio, magnesio y azufre .....	1-16
• Distribución del nitrógeno, fósforo y potasio .....	1-18
• Distribución del nitrógeno .....	1-18
• Distribución del fósforo .....	1-18
• Distribución del potasio .....	1-19
• Distribución del calcio, magnesio y azufre .....	1-20
• Desórdenes nutricionales .....	1-20
• Técnicas de diagnóstico de desórdenes nutricionales .....	1-21
• Epoca de visita al campo problema .....	1-21
• Inspección preliminar .....	1-22
• Movilidad de los nutrientes dentro de la planta ...	1-22
• Deficiencias de nutrientes en el cultivo del arroz .....	1-23
• Toxicidades causadas por algunos nutrientes en el cultivo del arroz .....	1-25
<b>Bibliografía .....</b>	<b>1-27</b>
<b>Ejercicio 1.1. Funciones y distribución de los nutrientes en el cultivo del arroz .....</b>	<b>1-28</b>
• <b>Objetivos</b>	
• <b>Recursos necesarios</b>	
• <b>Orientación para el instructor</b>	
• <b>Hoja de trabajo</b>	
• <b>Información de retorno</b>	

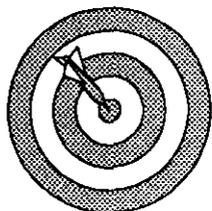
	<b>Página</b>
<b>Práctica 1.1. Identificación de deficiencias y toxicidades en el cultivo del arroz .....</b>	<b>1-31</b>
• Objetivo	
• Recursos necesarios	
• Orientación para el instructor	
• Hoja de trabajo	
• Información de retorno	
<b>Resumen de la Secuencia 1 .....</b>	<b>1-40</b>

# Flujograma Secuencia 1

## Fundamentos básicos de la nutrición mineral en el cultivo del arroz



## Objetivos



- ✓ Explicar por lo menos dos de las principales funciones del nitrógeno, el fósforo, el potasio, el calcio, el magnesio y el zinc en la planta de arroz.
- ✓ Describir la distribución del nitrógeno, el fósforo y el potasio en la planta de arroz durante su crecimiento y desarrollo.
- ✓ Diferenciar las deficiencias de nitrógeno, fósforo y potasio y la toxicidad directa e indirecta causada por el hierro en plantas de arroz, a través de diapositivas y/o en el invernadero.

## Información

Para el desarrollo de métodos racionales de aplicación de fertilizantes es necesario conocer la nutrición mineral de la planta de arroz. Los fundamentos básicos de la nutrición mineral en la planta de arroz se dividen en tres partes, a saber:

- Los principales elementos para la nutrición del arroz y sus funciones directas e indirectas en los procesos bioquímicos de la planta.
- La forma como son absorbidos y distribuidos los principales nutrimentos durante las etapas de crecimiento y desarrollo de la planta de arroz, haciendo énfasis en el nitrógeno, el fósforo y el potasio.
- Por último las deficiencias y toxicidades, consideraciones para diagnosticarlas y síntomas de cada una de ellas.

### **Funciones de los nutrimentos en el cultivo de arroz**

La nutrición mineral es el suministro y absorción de aquellos nutrimentos requeridos por un organismo. Los nutrimentos de un cultivo son los elementos o compuestos inorgánicos simples, indispensables para su crecimiento, que no pueden ser sintetizados por él mismo durante sus procesos metabólicos normales.

Existen dieciséis elementos esenciales para el normal desarrollo de la planta de arroz. Los elementos proporcionados por el aire y el agua son el oxígeno, el carbono y el hidrógeno, los cuales constituyen el 93% del tejido vegetal. El suelo o los fertilizantes proporcionan nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio, azufre, hierro, manganeso, zinc, cobre, boro, molibdeno y cloro, que constituyen el 7% restante.

#### **Nitrógeno**

- Participa en la formación de la clorofila.
- Promueve un rápido crecimiento e incrementa el número de tallos por planta.
- Aumenta el tamaño de las hojas y de los granos.
- Incrementa el número de granos por panícula.

- Aumenta el llenado de los granos.
- Incrementa el contenido de proteínas en el grano, por participar en la síntesis de las mismas.

## Fósforo

El fósforo está involucrado en el suministro y transferencia de energía a todos los procesos bioquímicos en las plantas y además:

- Estimula el desarrollo de las raíces.
- Favorece la floración y maduración temprana, particularmente en condiciones de clima frío.
- Estimula la formación de tallos por planta.
- Favorece el buen desarrollo del grano y le da un mayor valor nutritivo.

## Potasio

Este nutrimento, altamente móvil, está envuelto en la mayoría de los procesos bioquímicos de la planta, sin llegar a formar parte de ningún compuesto orgánico. El mecanismo de su contribución en muchos procesos del crecimiento de la planta es todavía oscuro, sin embargo se relaciona con:

- La activación de más de 60 sistemas enzimáticos.
- Favorece el desarrollo de las macollas.
- Incrementa el tamaño y el peso de los granos.
- Regula la fotosíntesis en la planta.
- Regula la entrada del CO<sub>2</sub>, por la apertura y cierre de los estomas.
- Reduce la susceptibilidad al vuelco de la planta.
- Contribuye a que la planta tolere ataques de plagas y enfermedades.
- Incrementa en la planta la eficiencia del nitrógeno y del fósforo.
- Facilita el transporte de productos fotosintéticos dentro de la planta.

- Calcio**
- Promueve y estimula un normal crecimiento de raíces y hojas.
  - Es un constituyente importante del pectato de calcio, el cual fortalece la pared celular.
  - Es necesario para la división celular.
  - Mantiene la turgencia de la pared celular.
- Magnesio**
- Es un componente de la molécula de la clorofila, de modo que está involucrado en el proceso de fotosíntesis.
  - Es también componente de varias enzimas esenciales.
  - Ayuda en el metabolismo del fósforo y en el proceso de respiración.
- Azufre**
- Es un factor importante en el funcionamiento de enzimas, de activadores de enzimas y de reacciones de óxido-reducción.
  - Es un constituyente de los aminoácidos, por lo tanto interviene en la formación de proteínas.
  - Se requiere para la síntesis de las vitaminas.
- Zinc**
- Está relacionado con la producción de auxina.
  - Influye en la activación de muchas reacciones enzimáticas.
  - Está involucrado estrechamente en el metabolismo del nitrógeno.
- Manganeso**
- Está involucrado en la fotosíntesis y en los procesos de óxido-reducción.
  - Es un activador de muchas enzimas, como la oxidasa, la peroxidasa y la dehidrogenasa.
  - Acelera la germinación y la madurez de la planta.

Hierro	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Está relacionado con la producción de la clorofila, pero no es constituyente de ella.</li> <li>• Es un catalizador de formas orgánicas o de compuestos orgánicos.</li> <li>• Actúa como componente de enzimas reductoras.</li> </ul>
Boro	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Es esencial para la germinación de los granos de polen y para el crecimiento del tubo polínico. Es un regulador de funciones fisiológicas, como el metabolismo del nitrógeno, la extracción de nutrimentos y especialmente el metabolismo del calcio.</li> <li>• Está asociado a la translocación de azúcar.</li> <li>• Es importante en la formación de proteínas.</li> <li>• Es un catalizador de los sistemas de la planta.</li> </ul>
Cobre	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Actúa en la regulación de reacciones enzimáticas.</li> <li>• Forma parte de la metaloenzima.</li> <li>• Es necesario para la formación de la clorofila.</li> </ul>
Molibdeno	<p>La función del molibdeno en la planta está relacionada con la reducción del nitrato a nitrito. También es necesario para transformar formas inorgánicas de fósforo a formas orgánicas.</p>
Cloro	<p>Es un elemento esencial para la fotosíntesis.</p>
Silicio	<p>El silicio es tomado en grandes cantidades por la planta de arroz, aunque sus funciones no son muy claras. Los efectos del silicio en la planta han sido relacionados con:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Resistencia de la planta a infecciones de hongos y al ataque de insectos.</li> <li>• Mantenimiento de las hojas erectas.</li> <li>• Incremento del poder oxidante de las raíces.</li> </ul>

- Incrementa la eficiencia del uso del agua.
- Translocación del fósforo en la planta.

## **Absorción y distribución de los nutrimentos durante las etapas de crecimiento y desarrollo del cultivo**



**Absorción general de los nutrimentos por el cultivo de arroz**

El crecimiento y desarrollo de la planta de arroz es un proceso fisiológico continuo que se inicia en la germinación y dura hasta la maduración del grano. Las etapas de desarrollo se identifican por cambios fisiológicos y morfológicos de gran importancia en la vida de la planta. Estas etapas ocurren en la secuencia siguiente:

**De la germinación a la emergencia**

Esta etapa comprende desde la siembra hasta la aparición de la primera hoja. En este momento comienzan las semillas a absorber agua, iniciándose el metabolismo de sus reservas de almidón y proteínas para activar el crecimiento del embrión. En esta etapa todavía no se presenta un requerimiento de nutrimentos por estar almacenados en la semilla.

**Crecimiento inicial**

Ocurre desde la emergencia hasta la aparición de la primera macolla. Durante esta etapa la planta depende de la energía, proteínas y minerales almacenados en la semilla. Al octavo día, aproximadamente, la planta comienza a fotosintetizar sus propios requerimientos de energía y a absorber nutrimentos cada vez con mayor intensidad.

**Crecimiento principal**

Esta etapa comprende desde la aparición de la primera macolla hasta la floración. Se presenta un intenso requerimiento de nutrimentos, correspondiendo al tiempo de mayor producción de masa foliar.

**Fase final del crecimiento**

Esta etapa comprende desde la floración hasta la maduración del grano. En este período se observa una disminución de la absorción de nutrientes, a excepción del nitrógeno, calcio, magnesio y azufre, ya que comienzan a translocarse las sustancias almacenadas en los tallos y hojas hacia los granos.

**Absorción de nitrógeno, fósforo y potasio**

**Absorción de nitrógeno**

El nitrógeno es absorbido principalmente bajo la forma de  $\text{NO}_3^-$  y  $\text{NH}_4^+$ , siendo ésta última la mayor y más estable forma de nitrógeno en los suelos inundados. El nitrógeno es absorbido rápidamente durante las primeras etapas de desarrollo, con ligeramente menor intensidad durante el estado de máximo macollamiento y vuelve a tener el mismo ritmo inicial hasta la formación pastosa del grano (Figura 1.1).

**Absorción de fósforo**

Los principales iones presentes en la solución de suelo son de  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  y  $\text{HPO}_4^{2-}$ , los cuales pueden ser absorbidos por la planta de arroz. La absorción es lenta hasta que se inicia el primordio floral, posteriormente es un poco más rápida hasta después de la floración, cuando las necesidades de fósforo de la planta quedan satisfechas (Figura 1.1).

**Absorción de potasio**

El potasio es absorbido bajo la forma de catión  $\text{K}^+$ . Este nutriente es tomado según el crecimiento de la planta hasta el final de la etapa lechosa del grano y alcanza su máximo contenido al final de este proceso.

**Absorción de calcio, magnesio y azufre**

El calcio es absorbido de acuerdo con el crecimiento de la planta y de manera continua hasta la época pastosa. La absorción aumenta en forma paralela al incremento de la materia seca; de igual manera ocurre con el magnesio y el azufre (Figura 1.2).

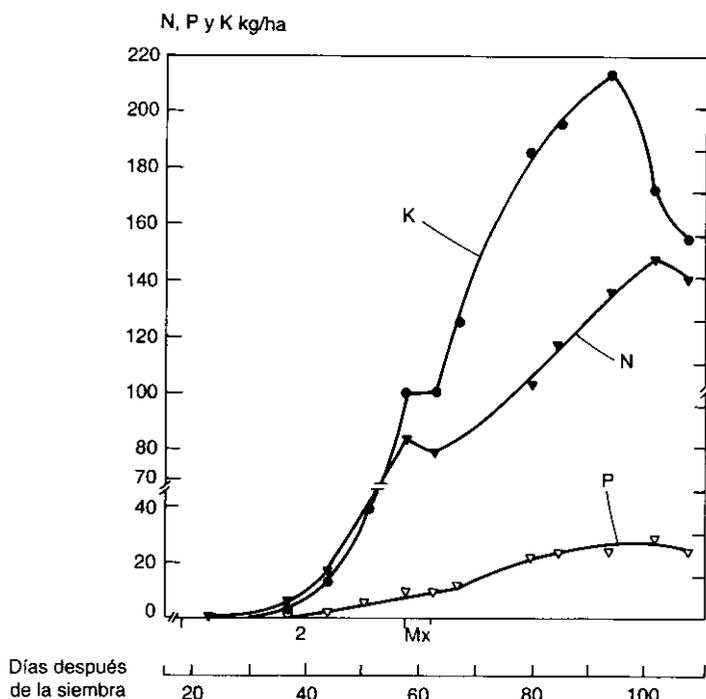


Figura 1.1. Absorción de nitrógeno, fósforo y potasio durante las etapas de desarrollo de la variedad IR-36 bien fertilizada (Fernández, 1978).

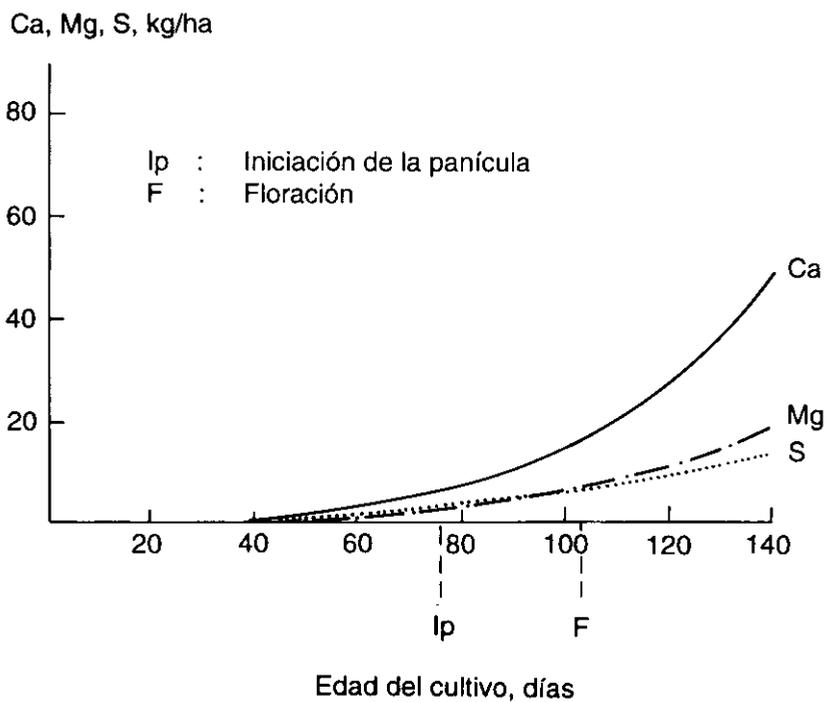


Figura 1.2. Absorción de elementos secundarios, calcio, magnesio y azufre (Perdomo, *et al*, 1982).

## Distribución del nitrógeno, fósforo y potasio

### Distribución del nitrógeno

La mayor parte del nitrógeno absorbido por la planta es almacenado en las láminas y vainas de las hojas hasta la floración; a partir de este momento es translocado rápidamente de todas las partes de la planta al grano, en una proporción tal que la mitad del nitrógeno almacenado en una planta bien fertilizada va a los granos (Figura 1.3). La absorción del otro 50% del nitrógeno contenido en el grano ocurre después de la floración.

### Distribución del fósforo

Cierta cantidad de fósforo se acumula en las raíces y en las hojas hasta la iniciación de la panícula. A medida que el tallo se elonga, una parte considerable del fósforo circula por el tejido vegetativo hasta la etapa de floración; de ahí en adelante se transloca rápidamente hacia el grano donde se acumula el 75% del total del fósforo absorbido por la planta (Figura 1.4).

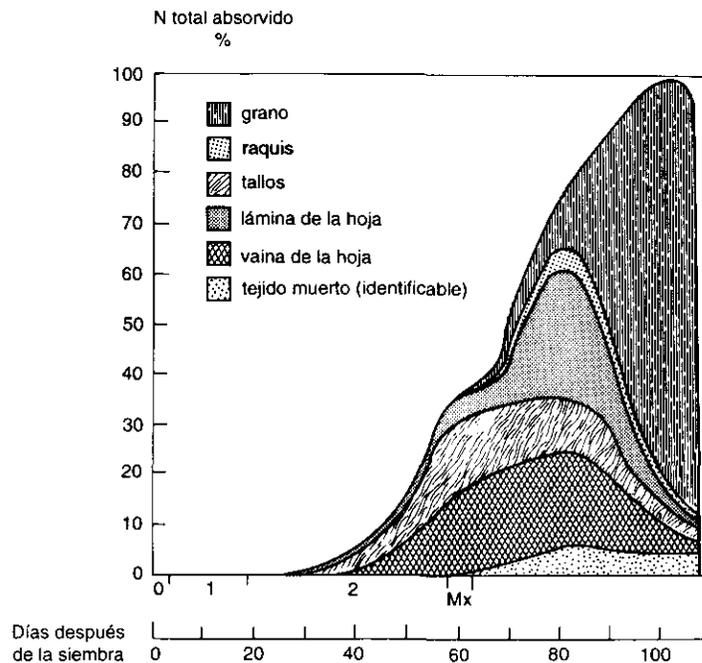


Figura 1.3. Distribución del nitrógeno en una planta de arroz de la variedad IR-36 durante las etapas de desarrollo (Fernández, *et al*, 1978).

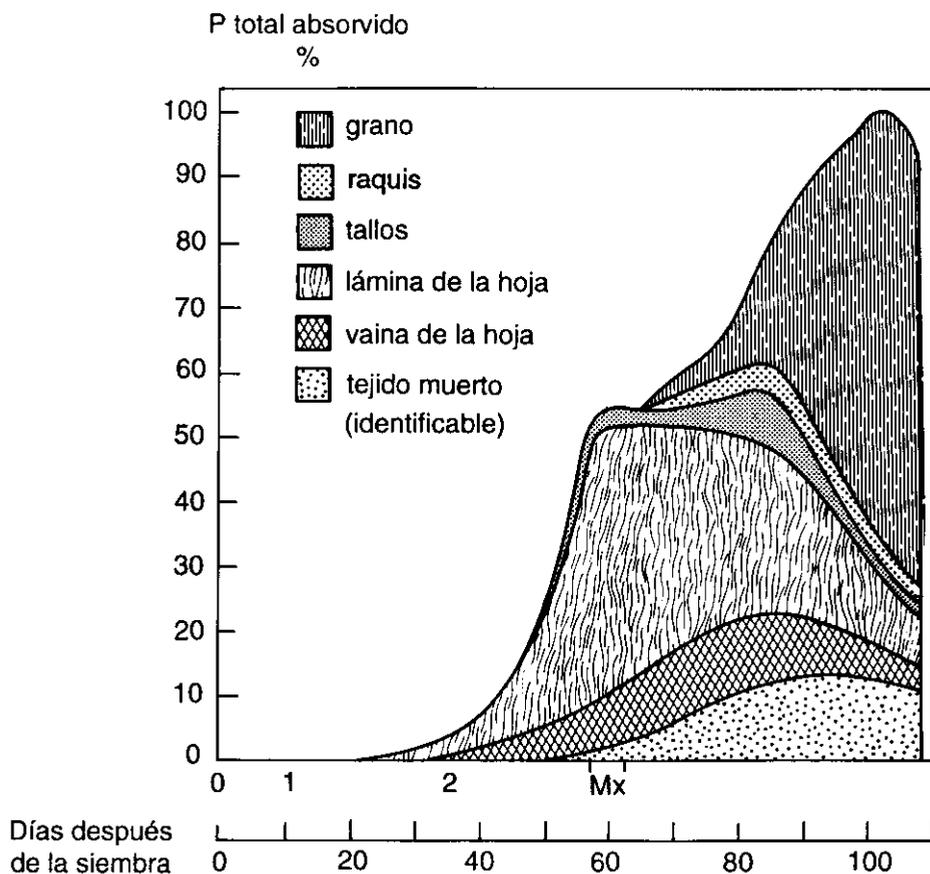


Figura 1.4. Distribución del fósforo en una planta de arroz de la variedad IR-36 durante las etapas de desarrollo (Fernández, *et al*, 1978).

### Distribución del potasio

En relación con el nitrógeno y el fósforo, sólo una pequeña cantidad del potasio, menos del 12% del total tomado por la variedad IR-36, va al grano. Este elemento se acumula en las partes vegetativas y permanece en el tallo hasta la cosecha. Alrededor del 90% del potasio absorbido del suelo y de los fertilizantes permanece en la paja y eventualmente regresa al suelo (Figura 1.5).

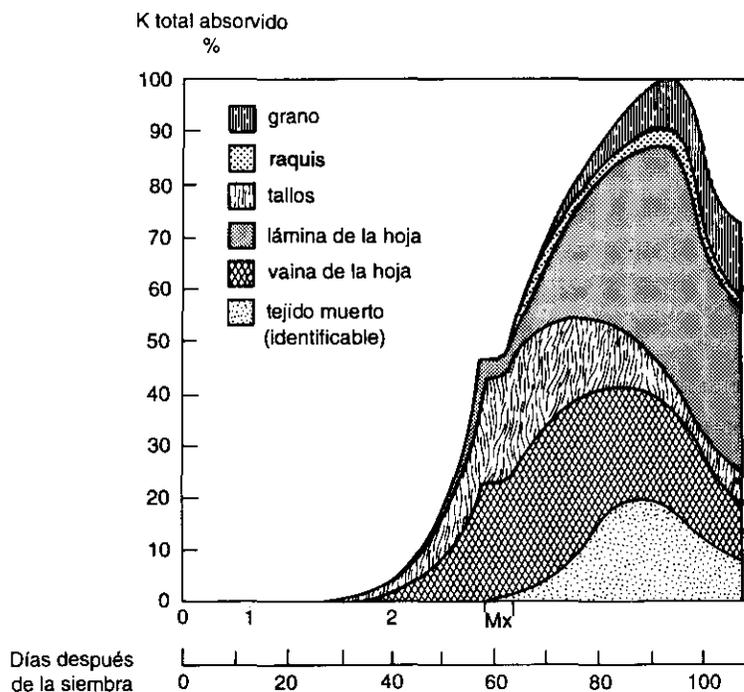


Figura 1.5. Distribución del potasio en una planta de arroz de la variedad IR-36 durante las etapas de desarrollo (Fernández, *et al.*, 1978).

### Distribución del calcio, magnesio y azufre

En la etapa de iniciación de la panícula el cultivo ha absorbido el 14.1% del total de calcio; de este período a la maduración toma el 85.9% restante. En cuanto al magnesio, hasta la iniciación de la panícula la planta toma el 12.7% y de esta época a la maduración el 87.2%. De 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% (Figura 1.2).

### Desórdenes nutricionales

Del gran número de elementos que han sido identificados como constituyentes del tejido de las plantas, sólo algunos se ha comprobado que son indispensables. Las plantas absorben indiscriminadamente elementos minerales del suelo o de cualquier medio, pero la sola presencia de un elemento particular en una planta no es prueba de que sea absolutamente esencial para su desarrollo; es decir, no todos los elementos presentes en ella son esenciales.

El término desórdenes nutricionales se refiere a alteraciones o enfermedades fisiológicas causadas por la deficiencia o toxicidad de un elemento, o por la interferencia de otras sustancias, tales como ácidos orgánicos, CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S, etc.

El problema comienza cuando se observan síntomas en la planta de arroz en el campo. Algunos síntomas de enfermedades son fácilmente confundidos con desórdenes nutricionales, debido a que no es posible caracterizar fácilmente cada alteración nutricional, lo cual hace necesario estar familiarizado con los síntomas de enfermedades patogénicas. Algunas veces los síntomas atípicos son causados por el uso inadecuado de prácticas de manejo, tales como la aplicación de agroquímicos.

### **Técnicas de diagnóstico de desórdenes nutricionales**

Las técnicas de diagnóstico están basadas en el conocimiento del desarrollo anormal de la planta o de los síntomas de crecimiento anormal cuando ella recibe un inadecuado suministro de un nutriente. Si se inspecciona un cultivo que muestra un crecimiento anormal y se reconocen los síntomas de deficiencia de nitrógeno, esto constituye una valiosa información básica sobre la cual se pueden realizar investigaciones posteriores. Esta técnica de diagnóstico preliminar, sólo puede ser aplicada por quienes tienen amplia experiencia en este campo. La gran ventaja de poder identificar mediante una inspección ocular la causa posible de la anomalía del crecimiento y de los síntomas observables en la planta es que se ahorra un tiempo considerable. Sin un diagnóstico preliminar hay que depender completamente de unos análisis de suelo y de la planta para revisar la concentración de por lo menos quince elementos, lo cual es costoso y requiere mucho tiempo. Si, por ejemplo, la observación indica que se trata de una deficiencia de nitrógeno o de azufre, se puede investigar inmediatamente la cantidad de estos dos elementos en el suelo y en la planta, y así obtener rápidamente información, lo cual es importante tanto para el agrónomo como para el técnico de laboratorio, con el fin de tomar las medidas correctivas del desorden nutricional y poder lograr una producción adecuada del cultivo.

Los pasos para la realización de diagnósticos de desórdenes nutricionales son:

### **Epoca de visita al campo problema**

Muchas veces es peligroso expresar una opinión basada en una sola visita al campo. Es preferible hacer varias visitas para hacer un seguimiento del progreso o del cambio de los síntomas. Algunos síntomas, como los de la deficiencia de zinc, sólo son observables durante un período corto de tiempo y luego desaparecen, pero aún así los rendimientos se disminuyen. En este caso se debe saber cuándo hacer la visita al cultivo.

## Inspección preliminar

Para hacer el diagnóstico de un desorden nutricional que permita su acertada identificación se debe tener en cuenta lo siguiente:

- ¿Los síntomas han aparecido recientemente, o han estado presentes por largo tiempo? Si los síntomas son de origen reciente es muy posible que el problema se deba a la presencia de alguna enfermedad patogénica o de un insecto, como también puede tratarse de algún desorden nutricional. El punto importante es que no debe descartarse la posibilidad de que alguno de los tres factores mencionados sea el responsable del problema.
- Si los síntomas han sido observados durante largo tiempo y son comunes en toda la región, posiblemente se trate de un desorden nutricional.
- Debe hacerse una prueba de pH en el campo problema, para determinar su acidez o alcalinidad, puesto que la solubilidad de los nutrimentos en el suelo depende del pH de éste. En los suelos ácidos se reduce la disponibilidad de fósforo, calcio, magnesio, azufre y boro y se aumenta la disponibilidad de hierro, manganeso, boro, cobre y zinc.
- Si los síntomas anormales son observados solamente en el campo problema y no en otras fincas de la región, se deben revisar las prácticas de manejo incluyendo las dosis y tipos de fertilizantes usados. En tal sentido es importante tener en cuenta que el exceso de un nutrimento puede inducir la deficiencia de otro elemento; por ejemplo: existe una reacción antagónica entre el boro y el cobre, por lo que un alto nivel del primero puede inducir una deficiencia del segundo. También se da el fenómeno contrario, por ejemplo, una alta aplicación de cal incrementa la disponibilidad de boro en el suelo.

## Movilidad de los nutrimentos dentro de la planta

Cuando se intenta diagnosticar la deficiencia de un nutrimento en el cultivo, frecuentemente es de gran ayuda observar la posición de las hojas donde se encuentran los síntomas, dado que existen tres casos típicos de daño.

En el primer caso los síntomas de deficiencia aparecen en las hojas inferiores y son menos marcados en las hojas superiores. Esto indica que el elemento en cuestión es altamente móvil y que una apreciable parte permanece en la célula, la cual no entra como un constituyente esencial de algún compuesto metabólicamente indispensable. El potasio y el magnesio pertenecen a esta categoría.

En el segundo caso los síntomas aparecen solamente o principalmente en las hojas superiores, lo cual indica que el nutrimento particular no tiene movilidad dentro de la planta. Estos elementos son los principales constituyentes de compuestos orgánicos, los cuales no están íntimamente ligados al metabolismo. Los elementos calcio y boro pertenecen a esta categoría.

En el tercer caso los síntomas aparecen con casi igual severidad tanto en las hojas superiores como en las inferiores. Esta condición ocurre cuando la deficiencia de un elemento está íntimamente ligada a procesos metabólicos indispensables y es parte del metabolito esencial, tal como el nitrógeno en la proteína, el fósforo en el ácido nucleico y el azufre en la cistina.

#### Deficiencias de nutrimentos en el cultivo del arroz

##### *Nitrógeno*

Las plantas con deficiencia de nitrógeno presentan crecimiento retardado y macollamiento reducido. A excepción de las hojas nuevas que son más verdes, las demás son angostas, cortas, erectas y de color verde pálido. Todo el cultivo eventualmente se torna amarillento.

##### *Fósforo*

Las plantas presentan reducción del crecimiento y del macollamiento, con hojas de un color verde oscuro, más erectas, cortas y angostas que las normales. En algunas variedades las hojas más viejas muestran una coloración anaranjada o púrpura.

##### *Potasio*

La deficiencia de potasio reduce el crecimiento y el macollamiento; las hojas son cortas y de color verde oscuro. Las hojas inferiores toman un color verde amarillento entre las nervaduras que empieza en el ápice y gradualmente continua hacia la base. Pueden aparecer manchas necróticas en la lámina foliar.

##### *Azufre*

Los síntomas de deficiencia de azufre son similares a los causados por la deficiencia de nitrógeno y diferenciarlos visualmente es casi imposible.

### *Calcio*

El punto de crecimiento de las hojas superiores se torna blanco y enrollado, la planta es raquítica y los puntos de crecimiento mueren.

### *Magnesio*

Cuando la deficiencia es moderada afecta levemente la altura 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.

### *Manganeso*

Las plantas tienen crecimiento reducido pero el macollamiento es normal. Las hojas presentan un listado intervenal que va del ápice hacia la base de la hoja, la cual posteriormente se convierte en marrón oscuro y luego se necrosa.

### *Zinc*

La deficiencia se manifiesta como blanqueamiento de la nervadura central especialmente en la base de la hoja emergente. En las hojas viejas aparecen manchas de color marrón, las cuales se agrandan y se juntan. El macollamiento y el crecimiento son reducidos. Cuando la deficiencia es severa la planta muere.

### *Cobre*

Las hojas toman un color verde azulado y se necrosan cerca del ápice. La clorosis se desarrolla del ápice hacia la base, a lo largo de ambos lados de la nervadura central, la cual es seguida por la necrosis marrón del ápice.

### *Hierro*

Las hojas se tornan completamente cloróticas y blanquecinas, incluyendo la hoja bandera.

**Toxicidades  
causadas por  
algunos  
nutrimentos en el  
cultivo del arroz**

*Boro*

Las plantas tienden a disminuir el peso de su materia seca, las puntas de las hojas emergentes se ponen blanquecinas y en casos severos los puntos de crecimiento se deforman, pero sin afectar el macollamiento.

*Hierro (toxicidad directa)*

Se reconoce por pequeñas manchas marrones en las hojas inferiores que empiezan en el ápice y luego toda la hoja se torna marrón. En casos severos de toxicidad las hojas son de color marrón púrpura y las inferiores mueren. Se reduce el crecimiento y el macollamiento y el sistema radicular es escaso y de color marrón oscuro.

*Hierro (toxicidad indirecta o anaranjamiento)*

Las plantas con anaranjamiento no contienen exceso de hierro, sino menos nitrógeno, fósforo, potasio y magnesio, debido a que las raíces se cubren de una capa oxidada de hierro que impide la absorción de los mismos.

Las plantas presentan un amarillamiento o anaranjamiento del follaje, comenzando por las hojas inferiores y siguiendo hacia las hojas superiores. En casos graves la mayoría de las hojas muere.

*Boro*

Aparición de un amarillamiento en las puntas de las hojas más viejas, especialmente a lo largo de los márgenes. Aparecen grandes manchas elípticas marrón oscuro a lo largo de los márgenes de las hojas. Las partes afectadas se tornan marrón y se marchitan.

*Aluminio*

Manchas blancas o amarillas intervenales en las hojas, las cuales, en casos severos, se secan y mueren. Las raíces son cortas y escasas.

### *Manganeso*

El crecimiento es reducido y el macollamiento algunas veces resulta afectado. Se presentan manchas color marrón en las hojas más viejas, secamiento de las puntas de las hojas y alta esterilidad.

## Bibliografía

- DE DATTA, S.K. 1981. Principles and Practices of Rice Production. Wiley - interscience. New York. 618 p.
- FERNANDEZ, F.; VERGARA, B.S.; YAPIT, N.; GARCIA, O. 1985. Crecimiento y etapas de desarrollo de la planta de arroz. En: Arroz, investigación y producción. Cali, Colombia. Centro Internacional de Agricultura Tropical. pp. 83-103.
- INSTITUTO DE LA POTASA Y EL FOSFORO DEL CANADA. Potasa: su necesidad y uso en Agricultura Moderna. Quito, Ecuador. 44 p.
- IRRI. 1983. Field Problems of Tropical Rice. 169 p.
- PERDOMO, M.A.; GONZALEZ, J.; DE GALVIS, Y.C.; GARCIA, E. 1985. Los macronutrientes en la nutrición de la planta de arroz. En: Arroz: investigación y producción. Cali, Colombia, Centro Internacional de Agricultura Tropical. pp. 103-133
- RURAL DEVELOPMENT ADMINISTRATION REPUBLIC OF KOREA. 1991. Training on rice production. Korea. 553 p.
- UNIVERSITY OF PHILIPPINES. 1983. Rice production manual. Los Baños, Philippines. 525 p.
- YOSHIDA, S. 1981. Fundamentals of rice crop science. The International Rice Research Institute. Manila, Philippines. 270 p.

## **Ejercicio 1.1 Funciones y distribución de los nutrimentos en el cultivo del arroz**

### **Objetivos**

- ✓ Explicar por lo menos dos de las principales funciones del nitrógeno, el fósforo, el potasio, el calcio, el magnesio y el zinc en la planta de arroz.
- ✓ Describir la distribución del nitrógeno, el fósforo y el potasio en la planta de arroz durante su crecimiento y desarrollo.

### **Recursos necesarios**

- Hoja de trabajo

### **Orientación para el instructor**

- Una vez terminado el proceso de información, se formularán las preguntas en una hoja de trabajo que entregará el instructor a los participantes; luego se formarán al azar grupos de 5 participantes para que las discutan durante 15 minutos.
- Al finalizar el ejercicio, el instructor presentará las respuestas correctas a todo el grupo y resolverá las inquietudes que se presenten.

Conteste brevemente las siguientes preguntas:

1. Mencione dos funciones del nitrógeno, del fósforo y del potasio en la planta de arroz.

Nitrógeno: \_\_\_\_\_

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

Fósforo \_\_\_\_\_

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

Potasio: \_\_\_\_\_

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

2. ¿Cuáles nutrientes se translocan al grano en mayor cantidad durante el crecimiento y desarrollo del cultivo? \_\_\_\_\_

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

## Ejercicio 1.1 - Información de retorno

1 a. Nitrógeno:

Es componente de la clorofila; promueve el crecimiento y el macollamiento; aumenta los componentes del rendimiento; síntesis de proteína.

b. Fósforo:

Estimula el desarrollo de raíces y macollas; promueve la maduración temprana e interviene en la suplencia y transferencia de energía a los procesos bioquímicos de la planta.

c. Potasio:

Activación enzimática; desarrollo de macollas; regulación de la fotosíntesis; resistencia al vuelco, a plagas y a enfermedades; regulación de la fotosíntesis y del  $\text{CO}_2$ , por la apertura y cierre de estomas; transporte de productos fotosintéticos y aumento de la eficiencia de nitrógeno y fósforo.

2 Nitrógeno y fósforo

## **Práctica 1.1 Identificación de deficiencias y toxicidades en el cultivo del arroz**

### **Objetivo**

- ✓ Diferenciar las deficiencias de nitrógeno, fósforo y potasio y la toxicidad causada por el hierro en plantas de arroz, en el invernadero y en diapositivas.

### **Recursos necesarios**

- Hoja de trabajo 1 y 2
- Invernadero
- Materos
- Semillas
- Fertilizantes (ver Anexo 4)
- Etiquetas
- Arena lavada
- Agua destilada
- Tapones de goma
- Tubos de vidrio
- Calculadora
- Claves para la determinación de deficiencias de nutrimentos en las plantas (Anexo 5)
- Información sobre desórdenes nutricionales en el arroz.

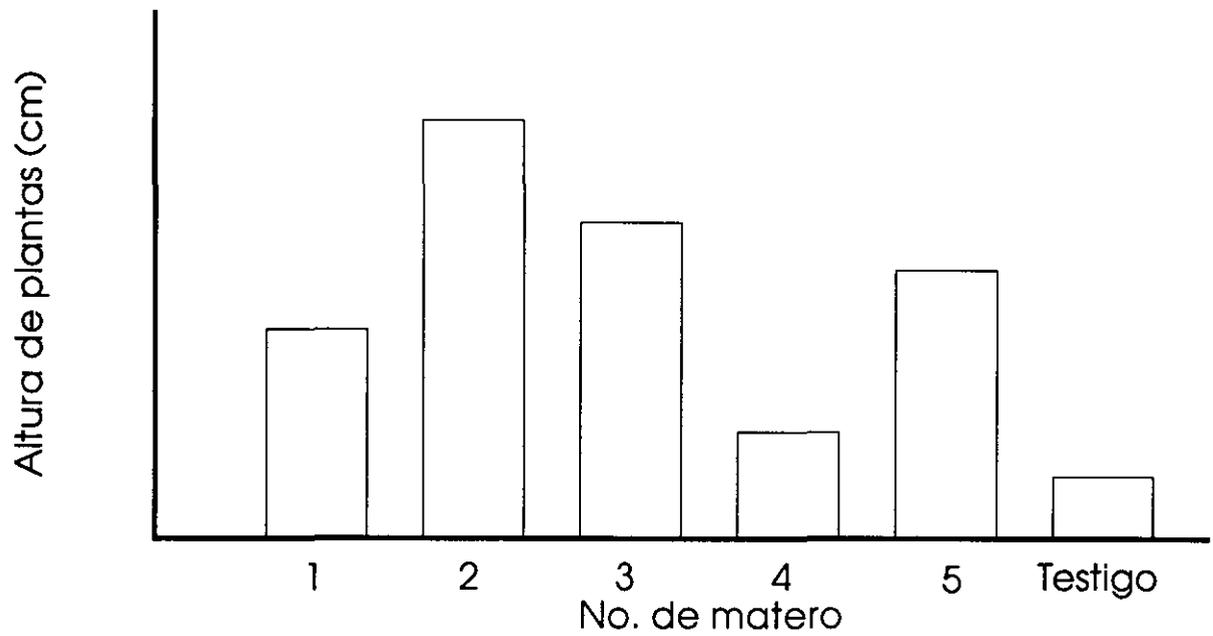
### **Orientación para el instructor**

- Para efectos de la presente práctica, con 45 - 60 días de anterioridad se sembrará en materos la variedad de arroz más sembrada en la región. Los pasos necesarios para el establecimiento de esta práctica se encuentran en el Anexo 4.
- Para la realización de esta práctica los participantes harán las siguientes actividades:

1. Se dividirán en cinco grupos y se les asignarán seis materos a cada grupo, cuatro de ellos contendrán plantas con desórdenes nutricionales, un matero con plantas testigo (sin nutrimentos) y otro matero con tratamiento completo.
2. Observarán la apariencia general de las plantas (Cuadro 1, de la hoja de trabajo 1) (B-R-M = Buena, Regular, Mala); tomando como referencia una planta testigo con desarrollo normal (tratamiento completo).
3. Procederán a completar las siguientes mediciones, para todos los materos (Cuadro 2, de la hoja de trabajo 1):
  - Altura de las plantas (cm).
  - Desarrollo radical (cm<sup>3</sup>).
  - Número de tallos/planta.
  - Color de las hojas viejas (clorosis, necrosis o color normal).
  - Color de las hojas jóvenes.
4. Identificar la deficiencia o toxicidad presente en cada tratamiento (Cuadro 1, de la hoja de trabajo 2).

Para realizar esta actividad, el participante usará como guía el Anexo 2 “Claves para la determinación de deficiencias de nutrimentos en las plantas” e información sobre deficiencias y toxicidades.
5. Con los datos numéricos obtenidos (altura de las plantas, desarrollo radical, y número de tallos/planta), los participantes harán un histograma para cada variable, como en el ejemplo.

*Ejemplo:*



6. El instructor presentará la información de retorno de la práctica basada en mediciones realizadas con anterioridad en el ensayo establecido.

Tiempo de la práctica: 3 hr.

**Instrucciones para el participante**

- Observar y clasificar la apariencia general de las plantas en cada matero tomando como referencia una planta testigo con desarrollo normal y colocar la información en el Cuadro 1 de la Hoja de trabajo 1.
- Completar la información del cuadro 2 de la Hoja de trabajo 1.
- Completar la información del Cuadro 1 de la Hoja de trabajo 2, utilizando como guía el anexo 2 “Claves para la determinación de deficiencias en las plantas” y la información sobre deficiencias y toxicidades.
- Con los datos obtenidos en el Cuadro 2 de la Hoja de trabajo 1, dibujar un histograma para cada una de las variables.

Cuadro 1. Estado de desarrollo

Marque con una X el estado en que se encuentran las plantas

Matero No.	B	R	M
1			
2			
3			
4			
5			
6			

Variedad: \_\_\_\_\_

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

B: Buena

R: Regular

M: Mala

Cuadro 2. Cuadro sintomatológico

Mediciones	Matero No.						Observaciones
	1	2	3	4	5	6	
Altura de las plantas (cm)							
Desarrollo radical (cm <sup>3</sup> )							
# tallos/plantas							
Color de hojas viejas							
Color de hojas jóvenes							

Observaciones: \_\_\_\_\_

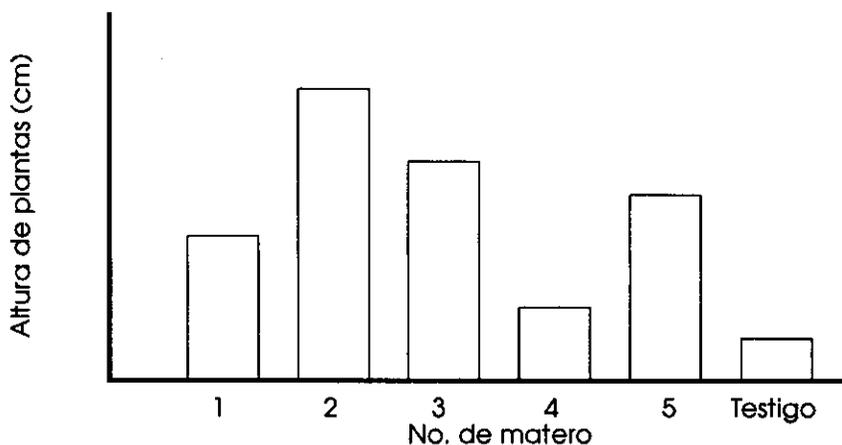
\_\_\_\_\_

Cuadro 1. Identificar deficiencia/toxicidad

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

Nota: Utilizar las “Claves para la determinación de deficiencias en las plantas” (Anexo 2).

- Con los valores obtenidos en el Cuadro 2 (altura de plantas, desarrollo radical y número de tallos/planta) elaborar un histograma para cada variable como en el ejemplo.



## Práctica 1.1 - Información de retorno

### Hoja de trabajo 1

- Cuadro 1. Apariencia general de la planta.

Marque con una X el estado en que se encuentran las plantas

Matero No.	B	R	M
1	X		
2			X
3		X	
4		X	
5			X
6	X		

Variedad: Araure

Edad: 45 días

B: Buena

R: Regular

M: Mala

Cuadro 2. Cuadro sintomatológico

Mediciones	Matero No.						Observaciones
	1	2	3	4	5	6	
Altura de las plantas (cm)	23	17	19	18	15	18	
Desarrollo radical (cm <sup>3</sup> )	13	10	12	11	9	8	
# tallos/plantas	6	3	4	4	2	3	
Color de hojas viejas	Marrón	Púrpura	Amarillo	Marrón	Marrón	Amarillo	
Color de hojas jóvenes	Verde	Verde oscuro	Verde claro	Verde claro	Marrón	Verde oscuro	

Observaciones: \_\_\_\_\_

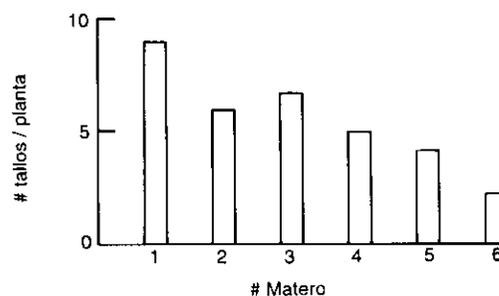
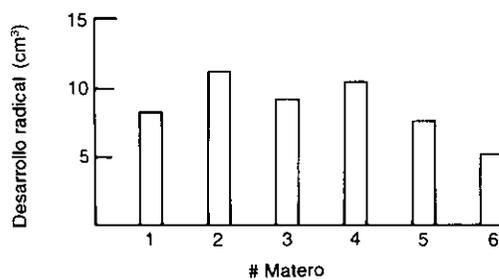
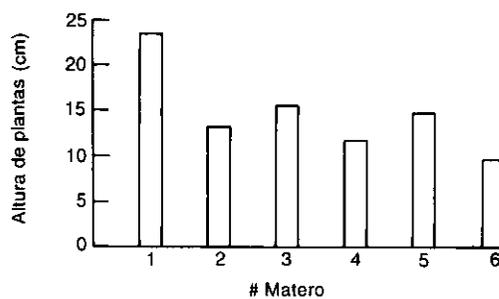
# Práctica 1.1 - Información de retorno

## Hoja de trabajo 2

- Identificar deficiencia/toxicidad

Matero No.	Deficiencia/toxicidad
1	Testigo - complemento
2	Deficiencia de fósforo
3	Deficiencia de nitrógeno
4	Deficiencia de potasio
5	Toxicidad causada por hierro
6	Deficiencia de hierro

- Histogramas de las mediciones hechas en el Cuadro 2



- **Apariencia general de las plantas:**  
El matero #1: Plantas más vigorosas  
El matero #5: Plantas más débiles y sistema radicular escaso.
- **Cuadro sintomatológico**  
Respecto a la altura de la planta, el desarrollo radicular y el número de tallos por planta, en el matero número 1 se observaron las mejores plantas. Las plantas con menor altura, sistema de raíces escaso y menos tallos por planta se encontraron en el matero número 5.
- **Siguiendo las claves para la determinación de las deficiencias en las plantas, se puede concluir que:**  
Matero # 1: No existen deficiencias en las plantas (testigo).  
Matero # 2: Las características de las plantas muestran deficiencia de fósforo.  
Matero # 3: Plantas con macollamiento reducido y hojas amarillentas; deficiencia de nitrógeno.  
Matero # 4: Se observan manchas necróticas en las hojas; deficiencia de potasio.  
Matero # 5: Manchas marrones en las hojas inferiores, sistema radicular escaso; toxicidad de hierro o bronceamiento.

## Resumen de la Secuencia 1

En esta Secuencia se describe la importancia de la nutrición mineral en la planta de arroz; se identifican los elementos nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio, azufre, zinc, hierro, boro, manganeso, molibdeno, cobre y cloro como nutrimentos esenciales, debido a las funciones directas e indirectas que desempeñan en los procesos bioquímicos de la misma. De los elementos antes mencionados, los más importantes en la fertilización del arroz en Venezuela son: nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio y zinc.

También se estudia la absorción y distribución de los nutrimentos durante las etapas de crecimiento y desarrollo de la planta de arroz, resaltando que a la madurez de la planta la mayor cantidad de nitrógeno y fósforo se encuentra en el grano; la mayor cantidad de potasio, magnesio y calcio se encuentra en la paja y el azufre se reparte proporcionalmente entre ambas partes de la planta.

Por último se indican las pautas generales para diagnosticar deficiencias y toxicidades de los elementos esenciales para el arroz, así como los principales síntomas de cada una de ellas. En las zonas arroceras de Venezuela las deficiencias nutricionales que generalmente se pueden presentar son las de nitrógeno, fósforo, potasio y zinc.

# **Secuencia 2**

## **Características de los suelos arroceros en Venezuela**

## Contenido

	Página
Objetivos .....	2-7
Información .....	2-9
• Principales regiones arroceras de Venezuela .....	2-9
• Características de los suelos del sistema de riego del río Guárico y zonas de influencia .....	2-11
• Características de los suelos en las zonas arroceras del Estado Portuguesa .....	2-13
• Principales cambios físicos, electroquímicos y químicos en los suelos inundados .....	2-14
• Cambios físicos en suelos inundados .....	2-14
• Difusión del oxígeno .....	2-14
• Producción de gases .....	2-14
• Expansión de coloides .....	2-15
• Estabilidad de los agregados .....	2-15
• Cambios electroquímicos en suelos inundados .....	2-16
• Disminución del potencial Redox .....	2-16
• Cambios del pH .....	2-17
• Cambios en la conductividad eléctrica (CE) .....	2-19
• Cambios químicos .....	2-20
• Transformación del nitrógeno .....	2-20
• Reducción del hierro .....	2-20
• Reducción del manganeso .....	2-21
• Incremento de la disponibilidad de fósforo .....	2-22
• Incremento de la disponibilidad de silicio .....	2-24
• Disminución de la concentración de zinc .....	2-24

	Página
Bibliografía .....	2-26
Ejercicio 2.1. Principales regiones arroceras de Venezuela y principales cambios físicos, electroquímicos y químicos en suelos inundados .....	2-28
• Objetivos	
• Recursos necesarios	
• Orientación para el instructor	
• Hoja de trabajo	
• Información de retorno	
Resumen de la Secuencia 2 .....	2-32

## Flujograma Secuencia 2

### Características de los suelos arroceros en Venezuela

#### Objetivos

- Comparar las cuatro principales características de los suelos dominantes en cada una de las dos grandes regiones arroceras de Venezuela.
- Describir dos cambios en las características físicas, electroquímicas y químicas de los suelos arroceros, como resultado de la inundación.

#### Contenido

- Principales regiones arroceras de Venezuela.
- Principales cambios físicos, electroquímicos y químicos en los suelos inundados.

#### Bibliografía

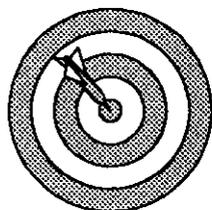
#### Ejercicio 2.1

Principales regiones arroceras de Venezuela y principales cambios físicos, electroquímicos y químicos en suelos inundados.

- Objetivo
- Recursos necesarios
- Orientación para el instructor
- Hoja de trabajo
- Información de retorno

#### Resumen Secuencia 2

## Objetivos



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

- ✓ Comparar las cuatro principales características de los suelos dominantes en cada una de las dos grandes regiones arroceras de Venezuela.
- ✓ Describir dos cambios en las características físicas, electroquímicas y químicas de los suelos arroceros, como resultado de la inundación.

### **Principales regiones arroceras de Venezuela**

En Venezuela la producción de arroz se localiza predominantemente en los Llanos Centrales (Guárico) y en los Llanos Occidentales (Barinas, Cojedes y Portuguesa). Los rendimientos promedios están entre 4000 y 4500 kg/ha, pero con variaciones entre localidades y años; sin embargo, la tendencia es que los rendimientos sean de mayor a menor en la siguiente secuencia: Guárico, Portuguesa, Cojedes y Barinas.

En los Llanos Centrales el área arrocera se localiza en el sistema de riego Río Guárico y su zona de influencia. La precipitación es de 1515 mm y se concentra en los meses de mayo a octubre alcanzando el valor máximo en el mes de junio. La temperatura promedio es de 30°C. Los suelos son de origen aluvial y han sido formados por la acumulación de material arrastrado por los ríos Tiznados y Guárico. La superficie total, incluida la zona de influencia, es de 120.000 hectáreas, de las cuales 75.000 están servidas con agua (Figura 2.1).

En los Llanos Occidentales se encuentran grandes áreas con buenas condiciones para la producción de arroz. La precipitación en esta zona varía de 1200 a 2000 mm, con períodos lluviosos de 6 a 7 meses (mayo - noviembre), correspondiendo los períodos de máxima precipitación a los meses de mayo, junio y julio. La temperatura oscila entre 24 y 27°C. La superficie dedicada al arroz en Portuguesa es de 180.000 ha, ubicadas entre los ríos Acarigua y Sarare, sur y sureste de Ospino y la zona comprendida entre el caño el Jobal y el Río Guanare, al igual que a ambos lados de sus márgenes (Turen y Piritu) (Figura 2.2).

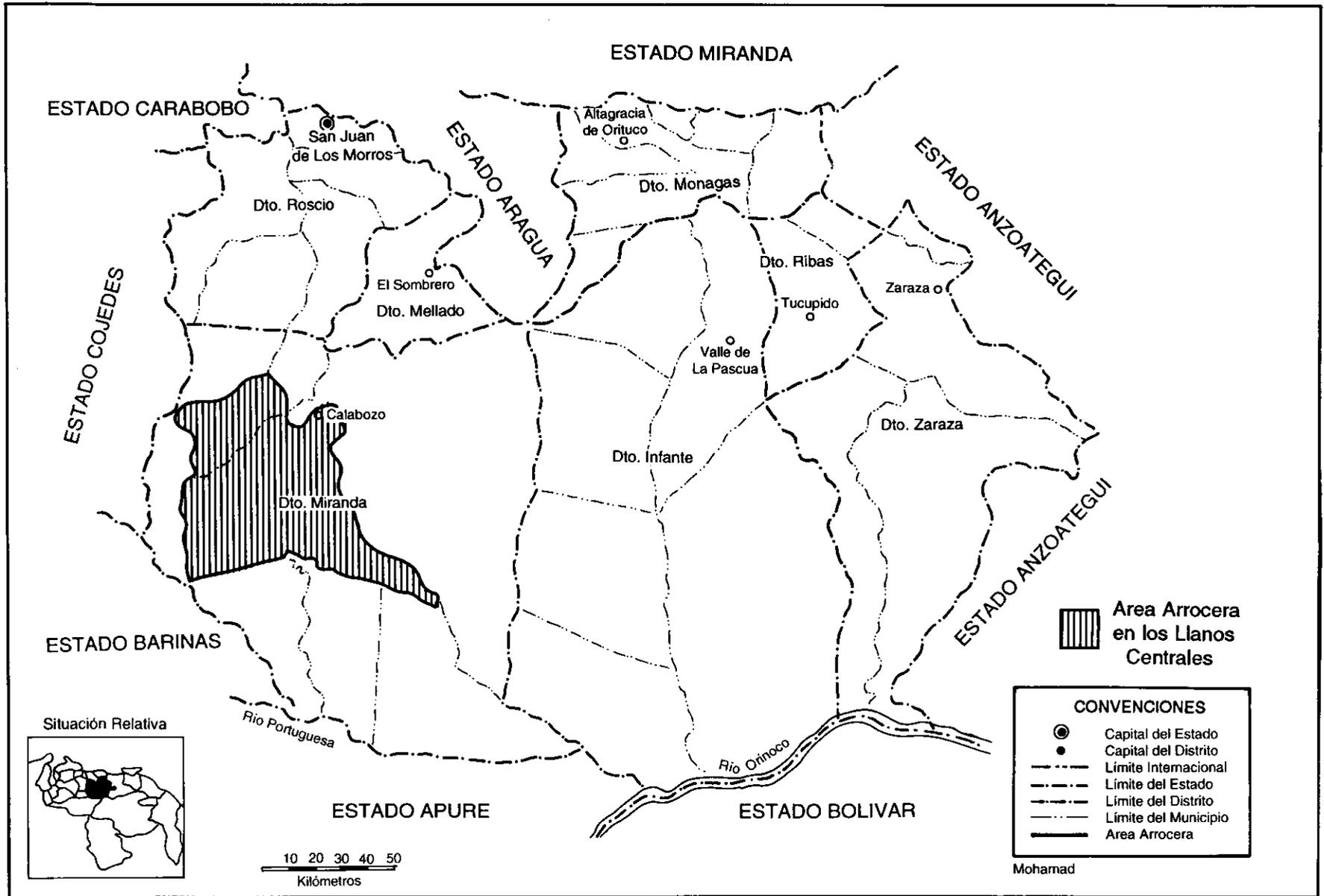


Figura 2.1. Estado Guárico

**Características de los suelos del sistema de riego del río Guárico y zonas de influencia**

Estas características pueden observarse en el cuadro 2.1

**Cuadro 2.1. Características más importantes de los suelos arroceros del sistema de riego de Río Guárico y zonas de influencia.**

CARACTERÍSTICAS		OBSERVACIONES
ORIGEN:	Aluvial	Formados por sedimentos de los ríos Tiznados y Guárico.
GERMORFOLOGÍA:	Planicie de explayamiento y deltaicas, inundadas.	Los ríos pueden depositar aluviones en forma de explayamiento en la parte superior y media y deltaica en la parte baja.
ORDENES PREDOMINANTES:	Inceptisoles	Áreas de buen drenaje con sedimentos más recientes.
	Vertisoles	Predominan las texturas arcillosas.
	Alfisoles	Áreas de mejor drenaje con sedimentos más antiguos.
CLASES PREDOMINANTES:	III	Suelos con frecuentes inundaciones o sobresaturación aún después del drenaje.
	IV	Limitación por profundidad efectiva de suelos, alta capacidad de retención de agua, frecuentes inundaciones y/o excesiva humedad.
	V	Muy húmedos, inundables, dificultándose el laboreo.
TEXTURA:	Mediana - pesada	Característica que favorece la retención de humedad
pH:	Ácidos	pH menores de 6, condiciones para la toxicidad causada por el Fe.
DRENAJE:	Lento	Dificultad en el manejo del agua en el suelo.
FERTILIDAD:	Baja	Requiere altas dosificaciones de fertilizantes.

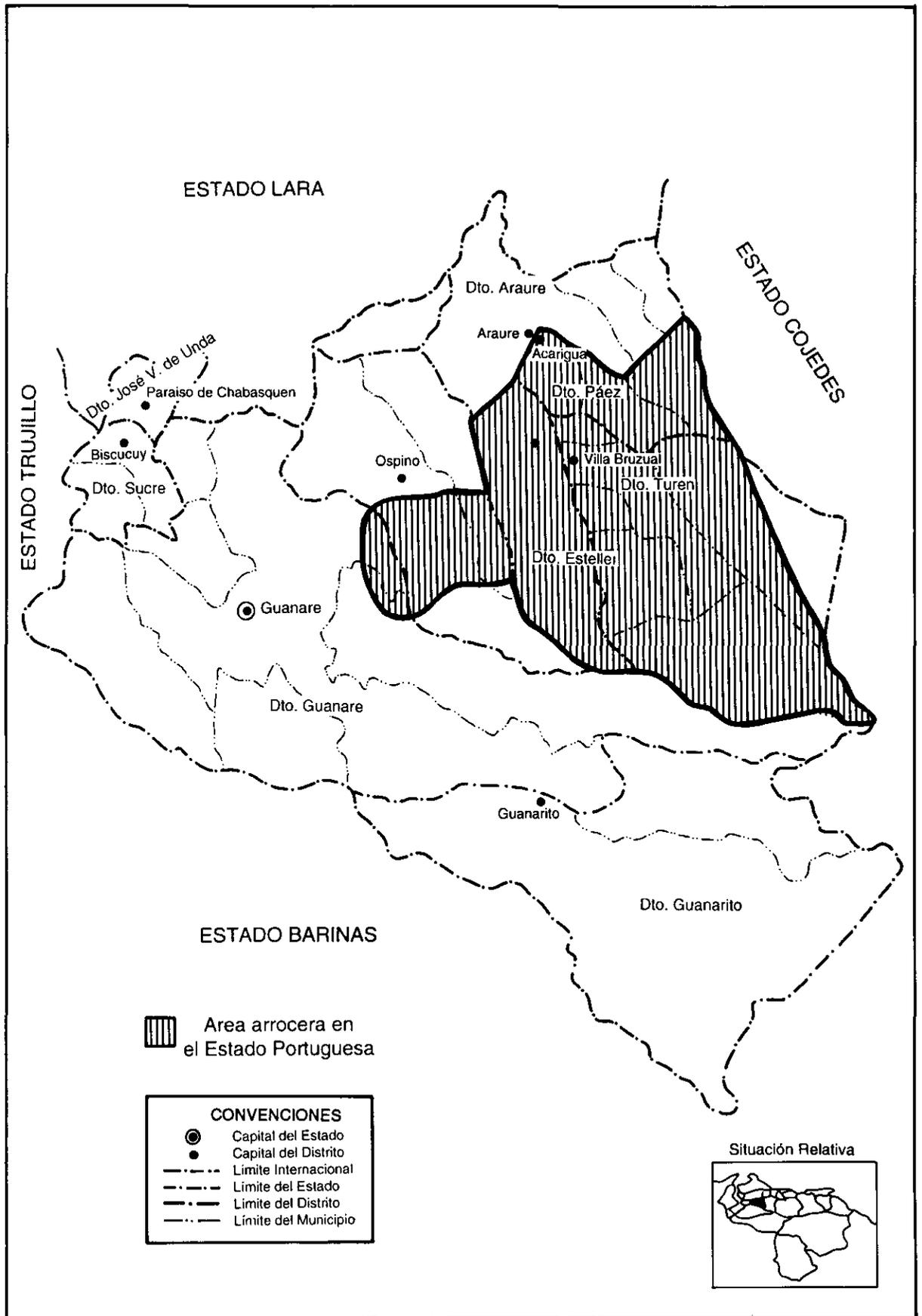


Figura 2.2. Estado Portuguesa.

**Características de los suelos en las zonas arroceras del Estado Portuguesa**

Las características más importantes de los suelos arroceros del Estado de Portuguesa, pueden observarse en el Cuadro 2.2.

**Cuadro 2.2. Características más importantes de los suelos arroceros del Estado Portuguesa.**

CARACTERÍSTICAS		OBSERVACIONES
ORIGEN:	Aluvial	Suelo conformado por depósitos aluviales recientes.
GERMORFOLOGÍA:	Planicie de sedimentación	Planicie cuyos materiales parentales provienen de rocas metamórficas predominando calizas.
ORDENES PREDOMINANTES:	Alfisoles	Suelos minerales con horizonte argílico, que retienen agua a tensiones menores de 15 atmósferas por lo menos 3 meses en la estación seca.
	Vertisoles	Suelos minerales que tienen más del 30% de arcilla y forman grietas profundas al secarse.
	Inceptisoles	Suelos minerales con uno o más horizontes. El agua puede ser retenida por períodos largos.
CLASES PREDOMINANTES:	II	Suelos con temperaturas que limita, tanto los cultivos, como su uso y su manejo. Estructura y laborabilidad poco favorables, el exceso de agua y las inundaciones pueden ser corregidas mediante el drenaje.
	III	Suelos con grandes limitaciones que reducen el número de cultivos y requieren prácticas de manejo especiales.
	IV	Presentan severas limitaciones para su uso y manejo, tienen de mal drenaje.
TEXTURA:	mediana - pesada	Característica que favorece la retención de humedad.
pH:	suelos cercanos a la neutralidad y alcalinos	Valores de pH de 6.0 - 8.4
DRENAJE:	mediano a lento	Condición favorable para el cultivo de arroz.
FERTILIDAD:	mediana - alta	No requieren excesivas cantidades de fertilizantes.

## **Principales cambios físicos, electroquímicos y químicos en los suelos inundados**

Es necesario conocer los cambios físicos, químicos y electroquímicos causados por la inundación, para poder manejar adecuadamente los suelos cuando se siembran con arroz de riego, dado que la planta responde en forma diferente cuando se siembra en condiciones de secano.

### **Cambios físicos en suelos inundados**

La principal característica que diferencia el cultivo de arroz en suelos inundados del cultivo de secano, es la presencia de una lámina de agua durante gran parte del ciclo de vida de la planta, la cual ocasiona una serie de procesos físicos en el suelo entre los cuales podemos señalar:

#### **Difusión del oxígeno**

Cuando se inunda un suelo, su suministro de aire se suspende drásticamente. Pocas horas después de la inundación los microorganismos usan el oxígeno presente en el suelo, consumiéndolo totalmente con el tiempo.

Solamente en la parte superior del suelo cubierto por una lámina de agua, se encuentra una capa oxidada de aproximadamente un centímetro; existe otra zona oxidada que es la rizosfera del arroz, originada por la translocación de aire de las hojas a las raíces de la planta (Figura 2.3).

#### **Producción de gases**

La presencia de la lámina de agua también corta drásticamente el escape de los gases del suelo y ocurre una evolución del  $\text{CO}_2$ ,  $\text{CH}_4$ , del hidrógeno y del nitrógeno que tienden a acumularse.

La presión parcial del  $\text{CO}_2$  en un suelo se incrementa después de la inundación y alcanza un pico de 0.2 - 0.8 bares entre 1-3 semanas. El  $\text{CO}_2$  puede dañar el arroz en suelos ácidos, bajos en hierro y en suelos orgánicos.

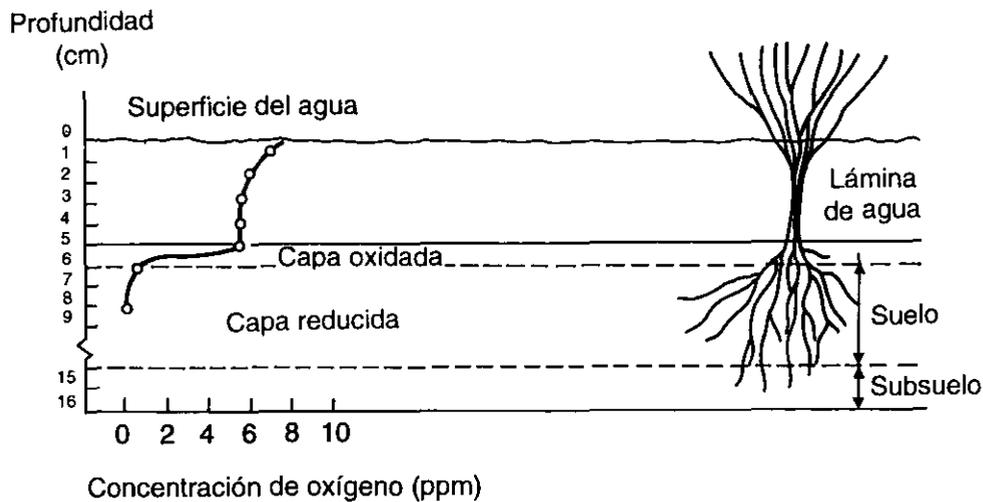


Figura 2.3. Concentración de oxígeno en las capas oxidada y reducida de un suelo inundado.

**Expansión de coloides**

Cuando un suelo seco es inundado los coloides del suelo absorben agua y se expanden, lo cual se completa en 1-3 días. Cuanto mayor sea el contenido de arcilla mayor será la expansión, siendo las arcillas sódicas más expandibles que las cálcicas y las potásicas. Cuando un suelo batido (fanguado) se seca se contrae, la disminución en volumen es igual al agua perdida y se produce agrietamiento, el cual ocasiona pérdida de agua durante la siguiente inundación.

**Estabilidad de los agregados**

Cuando el suelo es inundado los agregados se saturan y se alteran debido a la presión interna del aire. La expansión de los coloides y la disolución de agentes cementantes, tales como el óxido de hierro, posteriormente disminuyen la estabilidad de los agregados. Al inundarse los suelos sódicos muestran marcada destrucción de los agregados, mientras que los suelos altos en óxidos de hierro y aluminio y en materia orgánica sufren menor destrucción.

## Cambios electroquímicos en suelos inundados

Los principales cambios electroquímicos en suelos inundados que influyen en el crecimiento del arroz son:

### Disminución del potencial Redox

Las reacciones de oxidorreducción son aquellas en las cuales hay transferencia de electrones de un donante (el agente reductor) a un aceptor (el agente oxidante).

Por convención, el potencial de oxidorreducción standard (Eh) de la reacción del electrodo de hidrógeno ( $2\text{H}^+ + 2\text{e}^- \rightarrow \text{H}_2$ ) es usado como potencial de referencia. Se le ha asignado un valor de 0.0 voltios cuando la presión de  $\text{H}_2$  es de 1.0 atmósfera y la concentración de hidrógeno es de 1.0 M.

El potencial Redox en suelos inundados desciende bruscamente y llega a un mínimo en pocos días de inundados, alcanzando valores de +0.2 hasta -0.3 voltios, dependiendo del suelo (Figura 2.4).

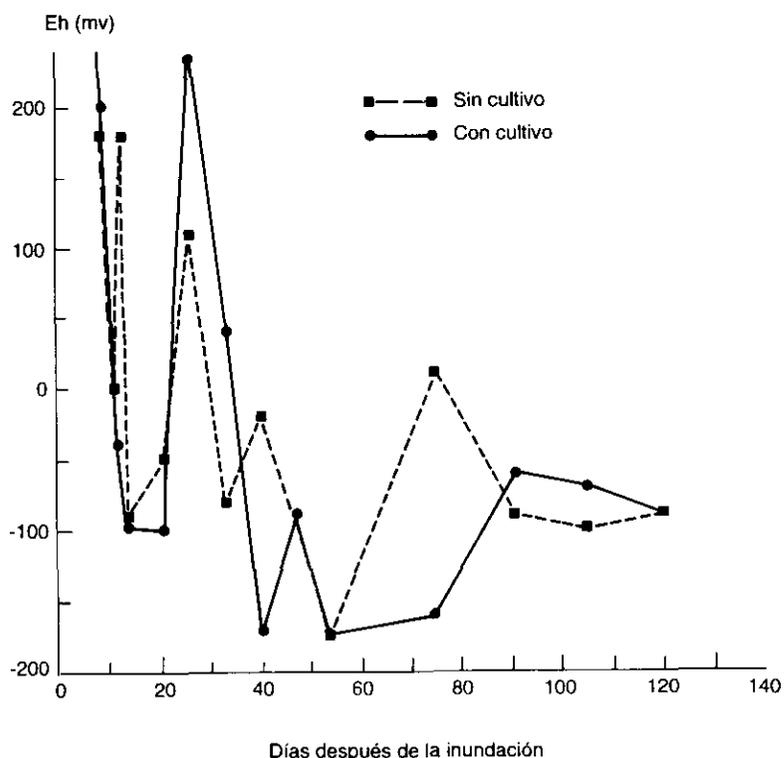


Figura 2.4. Efecto del cultivo en la dinámica del Eh en el nivel radical del suelo Calabozo, sin fertilizante nitrogenado, en condiciones de invernadero (testigo).

El potencial Redox influye en:

- La concentración del oxígeno del suelo.
- El pH.
- La disponibilidad de fósforo y de silicio.
- La concentración de  $\text{Fe}^{+2}$ ,  $\text{Mn}^{+2}$ ,  $\text{Cu}^+$  y  $\text{SO}_4^{+2}$  directamente, e indirectamente en la concentración de  $\text{K}^+$ ,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{Ca}^{+2}$ ,  $\text{Mg}^{+2}$ ,  $\text{Cu}^{+2}$ ,  $\text{Zn}^{+2}$ ,  $\text{B}(\text{OH})_4^-$  y  $\text{MoO}_4^{-2}$ .
- La generación de ácidos orgánicos y de etileno, los cuales influyen en la germinación y en el establecimiento de las plántulas, así como en el crecimiento y rendimiento del grano.

El arroz crece bien en suelos con bajo potencial Redox si hay ausencia de toxicidad causada por  $\text{Fe}^{+2}$ ,  $\text{H}_2\text{S}$  y productos orgánicos de reducción. El beneficio de la disminución del potencial Redox es el incremento de la disponibilidad de nitrógeno, fósforo, potasio, hierro, manganeso, molibdeno y silicio, así como la supresión de la toxicidad debida al manganeso y al aluminio.

## Cambios del pH

En suelos no reducidos cualquiera que sea su pH original, después de inundados, aproximadamente entre 4 y 6 semanas llega a valores entre 6.5 y 7.5, los cuales se mantienen mientras dure la inundación (Figura 2.5).

En los suelos ácidos el pH aumenta debido a la reducción de los óxidos mangánicos y de los hidróxidos férricos, lo cual deja libres iones  $\text{OH}^-$ . En los suelos alcalinos el pH disminuye debido al aumento de la presión parcial y a la producción del  $\text{CO}_2$ .

Los siguientes factores determinan cualquier variación del pH del suelo:

- El pH inicial del suelo.
- La naturaleza y cantidad de los compuestos oxidados del suelo.
- La cantidad y clase de materia orgánica.
- La temperatura.

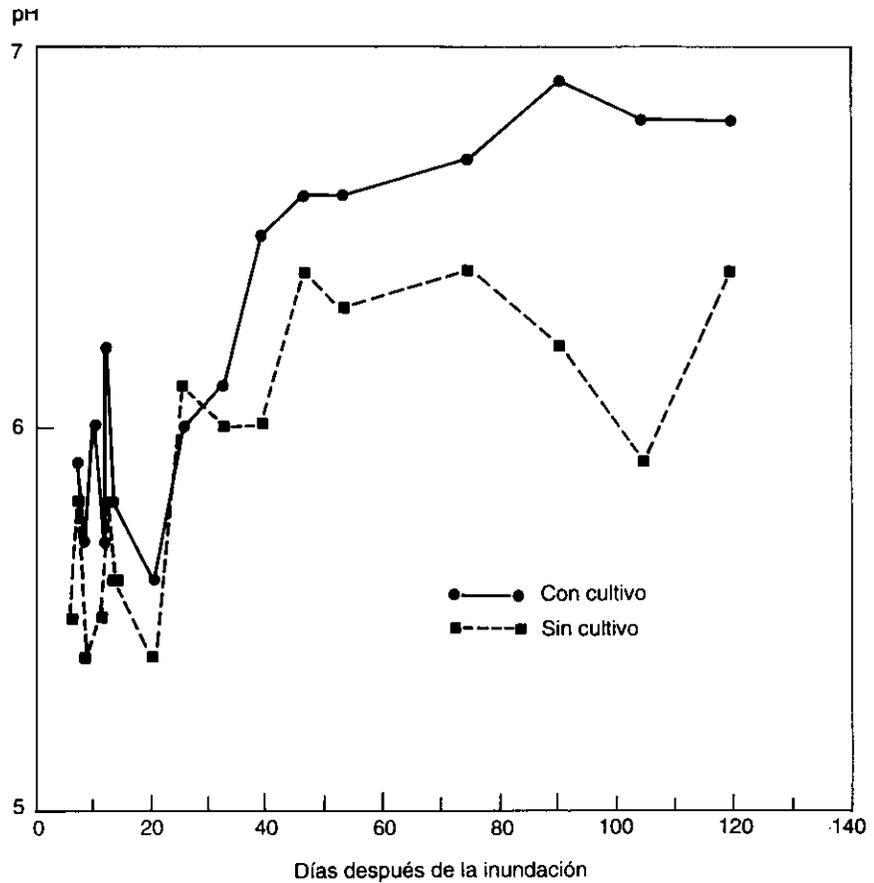


Figura 2.5. Efecto del cultivo en la dinámica del pH en el nivel radical del suelo Calabozo, tratado con 120 kg de nitrógeno/ha en forma incorporada, en condiciones de invernadero.

El pH de un suelo sumergido ejerce influencia marcada en el crecimiento de la planta de arroz a través de:

- Efecto directo en la absorción de los nutrimentos.
- Efecto directo en la concentración de nutrimentos o de sustancias tóxicas en la solución del suelo.
- Efecto directo en el equilibrio químico.
- Efecto en la volatilización del amonio.
- Influencia sobre procesos microbiológicos que liberan nutrimentos de la materia orgánica o que generan sustancias tóxicas.

El pH óptimo (medido en la solución del suelo sumergido) para arroz es alrededor de 6, dado que ocurre mayor liberación microbiológica de nitrógeno y de fósforo, el suministro de cobre, zinc y molibdeno es adecuado y la concentración de sustancias que interfieren con la absorción

de los nutrientes o que son tóxicas para la planta de arroz, tales como aluminio, manganeso, hierro,  $\text{CO}_2$  y ácidos orgánicos está por debajo de niveles dañinos. Sin embargo, las tasas de desnitrificación y de reducción de sulfatos son más altas a pH 6,6 que a valores más bajos.

Las prácticas de manejo del agua y del suelo deberían, por lo tanto, estar dirigidas a alcanzar un pH de 6.6 al momento de la siembra y mantenerlo al menos hasta la iniciación de la panícula.

### Cambios en la conductividad eléctrica (CE)

La conductividad eléctrica, propiedad que permite medir el contenido de sales del suelo, se modifica con la inundación. La CE de la solución del suelo se incrementa después de la inundación, disminuye y después alcanza un equilibrio (Figuras 2.6).

El incremento de la CE durante las primeras semanas después de la inundación es debido a la movilización de  $\text{Fe}^{+2}$  y  $\text{Mn}^{+2}$ , a la acumulación de  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{HCO}_3^-$  y  $\text{RCOO}^-$ , al desplazamiento de cationes de los coloides del suelo por  $\text{Fe}^{+2}$ ,  $\text{Mn}^{+2}$ ,  $\text{NH}_4^+$  y la disolución de  $\text{CaCO}_3$  (en suelos calcáreos) por  $\text{CO}_2$  y ácidos orgánicos.

En suelos sumergidos los picos de la CE de la pasta del suelo son del orden de 0,2-0,4 ds/m. Sin embargo, en suelos arenosos ricos en materia orgánica pueden alcanzar valores superiores, los cuales son tóxicos para el arroz. Otro factor que afecta a la CE es el pH.

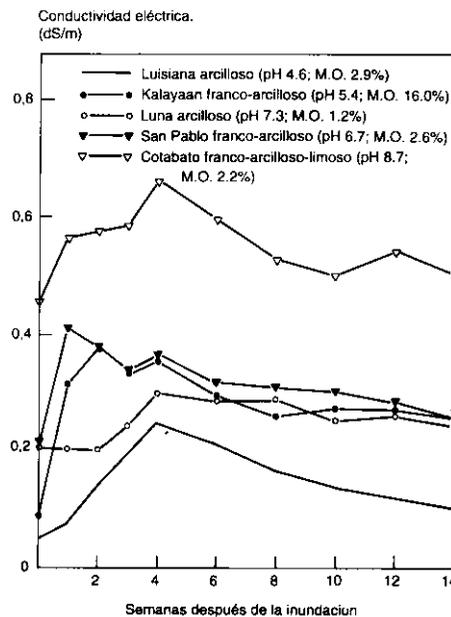


Figura 2.6. Cinética de la conductividad eléctrica en las soluciones de cinco suelos inundados.

**Cambios químicos** Los cambios químicos más importantes que suceden en un suelo cuando es inundado son:

- Transformación del nitrógeno
- Reducción del hierro
- Reducción del manganeso
- Incremento de la disponibilidad de fósforo
- Incremento de la disponibilidad de silicio
- Disminución de la concentración de zinc soluble en agua

#### Transformación del nitrógeno

##### *Disminución de la concentración de nitratos*

Si en la capa oxidada está presente el ión amonio, ya sea porque existe en el suelo o porque se ha agregado como fertilizante, éste se puede oxidar hasta convertirse en nitratos, los cuales pueden ser tomados por las plantas o descender hasta la capa reducida en donde pueden quedar inmovilizados en la materia orgánica, o bien perderse por lixiviación o desnitrificación.

El contenido de nitratos disminuye rápidamente, dependiendo del suelo, durante la primera semana de inundación y luego continúa descendiendo más lentamente hasta llegar a cantidades bajas en un tiempo hasta de seis semanas de sumersión.

##### *Acumulación de amonio*

La mineralización del nitrógeno orgánico tiene lugar solamente hasta la producción de  $\text{NH}_4^+$ , el cual es estable en condiciones reducidas del suelo y tiende a acumularse en suelos inundados. En la mayoría de los suelos cuyo contenido de materia orgánica es alto, el ión amonio aumenta rápidamente con el tiempo de inundación y puede llegar al equilibrio a los cien días (Figura 2.7).

##### Reducción del hierro

El hierro en condiciones de reducción se transforma de su forma férrica a ferrosa, aumentando consecuentemente su solubilidad.

La reducción del hierro es favorecida por la ausencia de sustancias de alto nivel de oxidación, como  $\text{NO}_3$ ,  $\text{MnO}_2$ , por la presencia de materia orgánica de fácil descomposición y por un alto contenido de hierro activo.

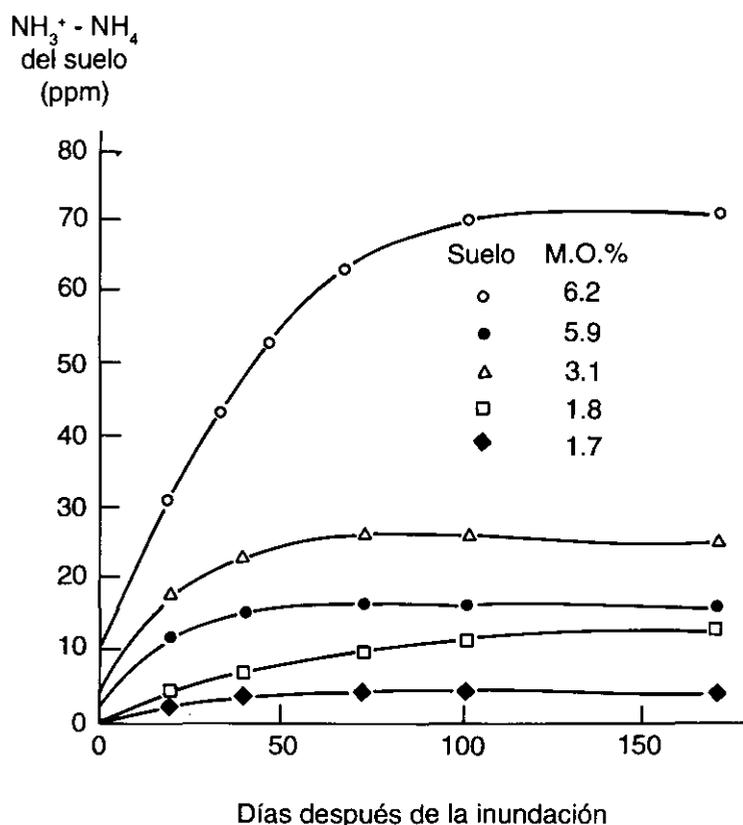


Figura 2.7. Cambios de la concentración de amonio en la solución de varios suelos después de la inundación.

Cuando la concentración de hierro aumenta puede llegar a niveles muy altos, dependiendo de su composición; luego disminuye con el tiempo hasta llegar a un equilibrio, concentración siempre mayor a la que tenía antes de ser inundado el suelo (Figura 2.8). El incremento de la concentración de hierro soluble es uno de los beneficios de la inundación, porque elimina su deficiencia; sin embargo, un exceso de hierro es tóxico para el arroz, situación que en caso de ocurrir se puede corregir drenando el suelo.

### Reducción del manganeso

Al inundarse un suelo y descender 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 y ricos en manganeso, éste llega a concentraciones de 3.000 ppm a los 50 días después de la inundación y puede causar toxicidad. En otros suelos en donde el manganeso es escaso, aumenta ligeramente su concentración en la solución del suelo pero no se presenta toxicidad (Figura 2.9).

Deficiencia de manganeso puede ocurrir en suelos alcalinos bajos en materia orgánica. La toxicidad causada por el manganeso es común en arroz de secano con un pH inferior a 5. El manganeso disminuye el efecto adverso de un exceso de hierro en suelos altos en hierro tóxico.

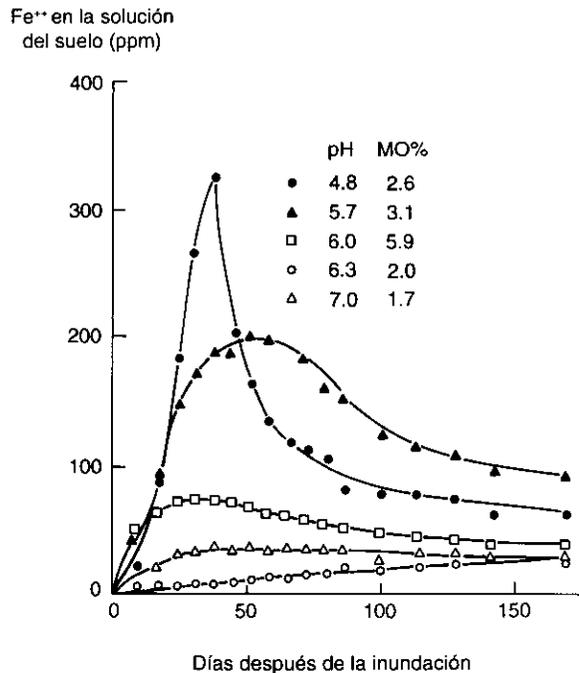


Figura 2.8. Cambios de la concentración de  $Fe^{2+}$  en la solución de varios suelos después de la inundación (Ponnamperuma, 1977).

**Incremento de la disponibilidad de fósforo**

Los cambios de la concentración de fósforo en la solución del suelo después de la inundación dependen del tipo de suelo (pH, contenido de materia orgánica y contenido de hierro) (Figura 2.10).

El aumento en la concentración de fósforo soluble en agua se atribuye a la hidrólisis de fosfatos de hierro y aluminio, a la liberación del fósforo adsorbido y fijado en las arcillas y liberación del fósforo de los carbonatos. El incremento de la disponibilidad de fósforo beneficia la planta de arroz en suelos bajos en fósforo disponible y en suelos con alto contenido de fósforo se puede prescindir de fertilizar con este elemento.

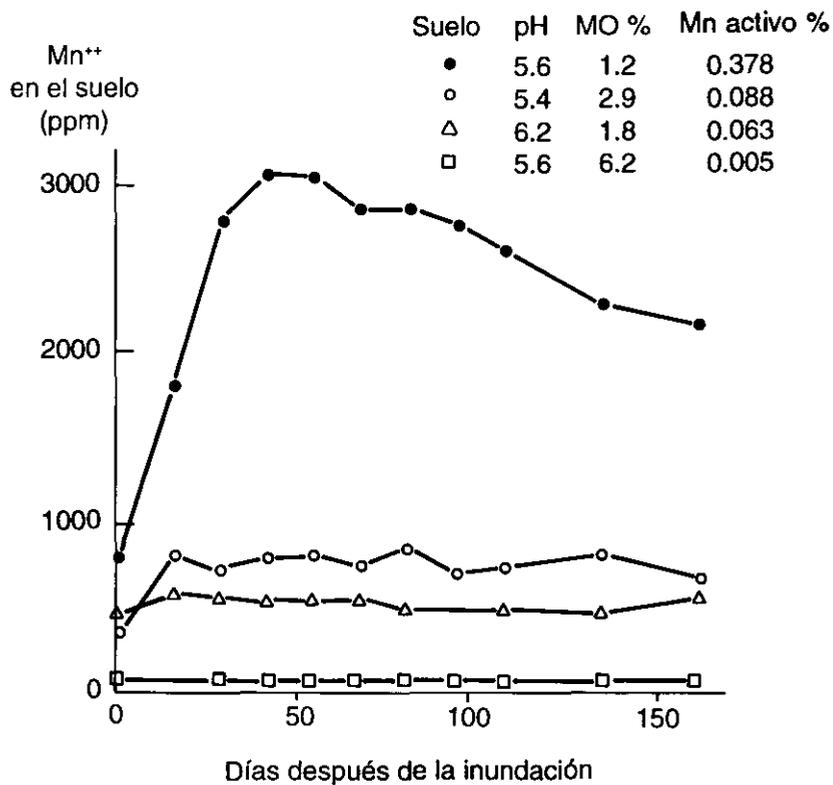


Figura 2.9. Cambios de la concentración de manganeso en la solución de varios suelos inundados (Ponnamperuma, 1977).

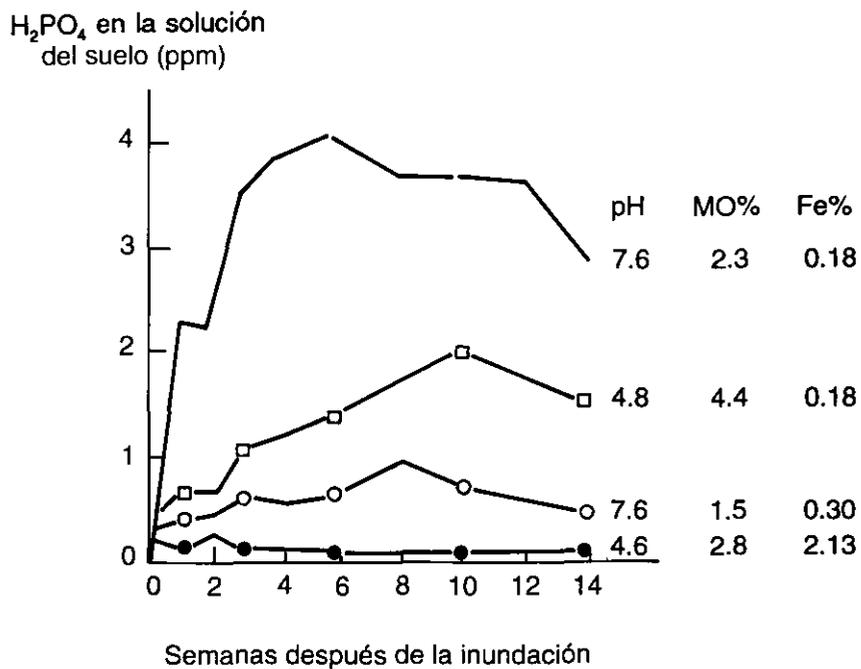


Figura 2.10. Cambios de la concentración de P en la solución de varios suelos después de la inundación.

**Incremento de la disponibilidad de silicio**

La solubilidad del silicio aumenta con el tiempo de inundación del suelo, dominando la forma de  $\text{Si}(\text{OH})_4$ , la cual entra en equilibrio con el cuarzo ( $\text{SiO}_2$ ). El aumento del silicio depende del contenido de materia orgánica del suelo y es independiente del pH.

El incremento en la concentración después de la inundación puede deberse a la liberación de silicio después de la reducción del óxido de hierro y del manganeso, así como por la acción del  $\text{CO}_2$  sobre los aluminosilicatos.

El incremento en la disponibilidad de silicio beneficia la planta de arroz, dado que le proporciona resistencia contra insectos y enfermedades y produce hojas erectas, las cuales son más eficientes en la fotosíntesis que las hojas inclinadas de las plantas con deficiencia de este elemento.

**Disminución de la concentración de zinc**

A diferencia del hierro y del manganeso, la concentración de zinc en la solución del suelo disminuye después de la inundación, aunque a veces puede subir inmediatamente y luego bajar. La deficiencia de zinc es la más común entre las de los micronutrientes en arroz de riego (Figura 2.11).

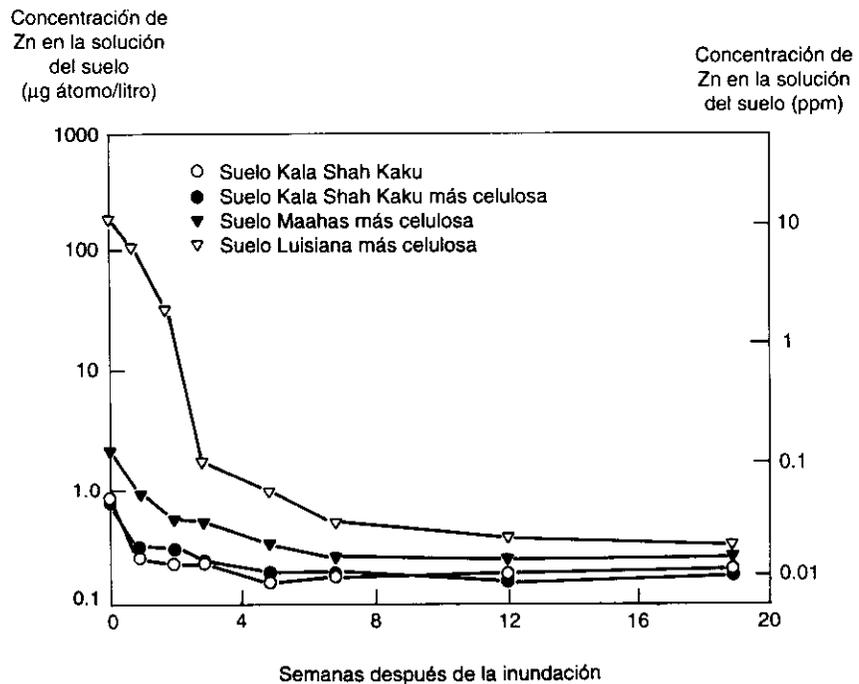


Figura 2.11. Cambios con el tiempo de la concentración de zinc en la solución del suelo, en suelos inundados. Fuente: Soils and Rice. IRRI, 1978.

La disminución de la concentración de zinc puede deberse a:

- Precipitación de zinc  $(\text{OH})_2$ , como resultado del incremento del pH después de la inundación.
- Precipitación de ZnS en condiciones de suelo muy reducidas.

La movilidad del zinc es afectada por el pH, por la adsorción de la arcilla y por la materia orgánica.

## Bibliografía

- CARRILLO DE CORI C.E. 1989. Eficiencia en los fertilizantes nitrogenados en arroz (*Oryza sativa* L.) de riego en Calabozo Edo. Guárico. Maracay, Venezuela. Tesis Doctoral UCV. Agronomía
- CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL. 1989. Diagnóstico de la situación del arroz en Venezuela. Cali, Colombia. 117 p.
- DE DATTA, S.K. 1981. Principles and Practices of Rice Production. Wiley - Interscience. New York. 618 p.
- DE DATTA, S.K. 1983. Fertilizers and soil amendments for tropical rice. Rice production manual Philippines.
- MINISTERIO DE AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES RENOVABLES. 1982. Los suelos de los Llanos Occidentales. Informe de Avance. Maracay, Venezuela.
- MINISTERIO DE AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES RENOVABLES. 1979. Estudio Geomorfológico de los Llanos Centro Occidentales. Maracay, Venezuela.
- MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS. Estudio Agrológico semidetallado de la zona entre los ríos Sanare y Acarigua. Caracas, Venezuela
- PONNAMPERUMA, F.N. 1977. Physicochemical properties of submerged soils in relation to fertility. IRRI. Res. Pap. ser. No. 5. Manila, Philippines. 32 p.
- PONNAMPERUMA, F.N. 1981. Properties of tropical rice soils. The International Rice Research Institute. Los Baños, Laguna, Philippines.
- RICO, G.; D. PEREZ; C. LEDEZMA; J. PARA; H. AGRINZONES. 1991. Efecto de diferentes niveles de nitrógeno y fósforo en variedades modernas de arroz bajo condiciones de inundación en suelos pesados. Agronomía tropical.

SOCIEDAD VENEZOLANA DE LA CIENCIA DEL SUELO. 1977.  
(Edo Cojedes y Guárico). Maracay, Venezuela. Boletín Técnico No.  
25.

TADANO, T.; Yoshida, S. 1978. Chemical changes in submerged soils  
and their effect on rice growth. **II**: Soils and Rice. IRRI. pp. 399-  
420.

## **Ejercicio 2.1 Principales regiones arroceras de Venezuela y principales cambios físicos, electroquímicos y químicos en suelos inundados**

### **Objetivos**

- ✓ Comparar las cuatro principales características de los suelos dominantes en cada una de las dos grandes regiones arroceras de Venezuela.
- ✓ Describir dos cambios en las características físicas, electroquímicas y químicas en suelos arroceros, como resultado de la inundación.

### **Recursos necesarios**

- ☐ Información sobre las principales regiones arroceras de Venezuela y los principales cambios físicos, químicos y electroquímicos en suelos inundados.

### **Orientación para el instructor**

- Formar grupos con los participantes y nombrar un relator en cada grupo.
- Entregar a los participantes la hoja de trabajo para el desarrollo del ejercicio.
- Pedir a cada relator los resultados de la discusión realizada en grupo y entregar luego la información de retorno.

**Instrucciones  
para el  
participante**

- Analizar y contestar en grupo las preguntas del cuestionario.
  - Al finalizar el ejercicio, cada relator presentará el análisis de las preguntas realizado por su correspondiente grupo.
1. Comparar las características de los suelos arroceros del Edo. Portuguesa con las del sistema de riego del río Guárico.

<b>Características de los suelos</b>	
<b>Guárico</b>	<b>Portuguesa</b>

2. Describir los principales cambios físicos, electroquímicos y químicos en suelos inundados (2 de cada uno).

Cambios físicos: \_\_\_\_\_

---

---

---

---

---

Cambios electroquímicos: \_\_\_\_\_

---

---

---

---

Cambios químicos \_\_\_\_\_

---

---

---

---

## Ejercicio 2.1 - Información de retorno

Características de los suelos	
Guárico	Portuguesa
Suelos ácidos	Suelos alcalinos
Suelos no calcáreos	Suelos calcáreos
Suelos con baja fertilidad	Suelos con mediana a alta fertilidad
Suelos con planicie de explayamiento y deltaicos	Suelos con planicie de sedimentación

### 2. Cambios físicos:

- Difusión de oxígeno
- Producción de gases
- Expansión de coloides
- Estabilidad de los agregados

### Cambios electroquímicos:

- Cambios en el potencial Redox
- Cambios en el pH
- Cambios en la conductividad eléctrica

### Cambios químicos:

- Transformación del nitrógeno
- Aumento de la concentración de fósforo
- Reducción del hierro y del manganeso
- Aumento de la disponibilidad de silicio
- Disminución de la disponibilidad de zinc.

## Resumen de la Secuencia 2

Se describen las zonas productoras de arroz en Venezuela, localizadas en los Llanos Centrales (Edo. Guárico) y en los Llanos Occidentales (Estados Barinas, Cojedes y Portuguesa), destacando la Portuguesa y el Sistema de Riego Río Guárico con sus zonas de influencia. Existen diferencias marcadas entre ambas zonas arroceras con respecto a fertilidad, pH, drenaje, presencia de carbonatos y geomorfología, por esta razón deben ser manejadas en forma diferente.

Otro aspecto tratado son los cambios físicos ocurridos en los suelos arroceros inundados, donde la presencia de una lámina de agua retarda el intercambio gaseoso, causa expansión y alteración de los agregados del suelo. Sin embargo, la lámina de agua favorece la planta de arroz al eliminar el estrés de agua e incrementar la disponibilidad de nutrimentos. Además de los cambios físicos, se producen cambios electroquímicos y químicos.

Los cambios electroquímicos en los suelos inundados son: disminución en el potencial Redox, incremento del pH en suelos ácidos y su disminución en los suelos alcalinos e incremento de la CE; también influyen mucho en el crecimiento del arroz al controlar la disponibilidad de nutrimentos y regular su absorción por la planta.

Los principales cambios químicos que produce la inundación son: la acumulación de amonio, la desnitrificación, la reducción del hierro y del manganeso, el incremento de la disponibilidad de fósforo y de silicio y la disminución de la concentración de zinc.

# **Secuencia 3**

## **Manejo de la fertilización en cultivos de arroz con riego**

## Contenido

	Página
Objetivos .....	3-7
Información .....	3-9
• Fertilización nitrogenada .....	3-9
• Requerimientos de nitrógeno para el arroz.....	3-9
• Eficiencia del nitrógeno .....	3-10
• Fuentes de nitrógeno .....	3-10
• Epocas de aplicación del nitrógeno.....	3-13
• Fertilización potásica .....	3-14
• Requerimientos de potasio.....	3-14
• Eficiencia del potasio .....	3-15
• Lixiviación del potasio .....	3-15
• Fijación del potasio por los coloides del suelo .....	3-15
• Fuentes de potasio .....	3-16
• Epocas de aplicación del potasio .....	3-16
• Fertilización fosfórica.....	3-16
• Requerimientos de fósforo .....	3-17
• Eficiencia del fósforo .....	3-17
• Fuentes de fósforo .....	3-18
• Epocas de aplicación del fósforo .....	3-18
• Muestreo de suelos con fines de fertilización .....	3-18
• Toma de muestra de suelos para determinar su fertilidad	3-19
• Obtención de la muestra .....	3-20
• Identificación de la muestra.....	3-21
• Interpretación del análisis de suelos .....	3-22

	Página
• Textura .....	3-22
• pH .....	3-24
• Conductividad eléctrica .....	3-24
• Materia orgánica .....	3-25
• Fósforo y potasio solubles .....	3-25
• Elaboración de planes de fertilización para cultivos de arroz	3-25
Bibliografía .....	3-29
Práctica 3.1. Muestreo de suelos con fines de fertilización. ....	3-30
• Objetivo	
• Recursos necesarios	
• Orientación para el instructor	
• Hoja de trabajo	
• Información de retorno	
Ejercicio 3.1. Elaboración de planes de fertilización. ....	3-35
• Objetivos	
• Recursos necesarios	
• Orientación para el instructor	
• Hoja de trabajo	
• Información de retorno	
Resumen de la Secuencia 3 .....	3-50
Evaluación final de conocimientos .....	3-51

# Flujograma Secuencia 3

## Manejo de la fertilización en cultivos de arroz con riego

### Objetivos

- Analizar los requerimientos, eficiencia, fuentes y época de aplicación de los fertilizantes nitrogenados, potásicos y fosfóricos, para incrementar la producción del arroz de riego.
- Tomar en el campo muestras de suelo para los análisis de laboratorio, usando por lo menos dos instrumentos diferentes.
- Elaborar en forma racional planes de fertilización para cultivos de arroz con riego, basados en la interpretación del análisis de suelo.

### Contenido

- Fertilización nitrogenada.
- Fertilización potásica.
- Fertilización fosfórica.
- Muestreo de suelos con fines de fertilización.
- Interpretación del análisis de suelo.
- Elaboración de planes de fertilización para cultivos de arroz.

### Bibliografía

### Práctica 3.1

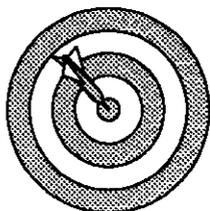
- Muestreo de suelos con fines de fertilización.
- Objetivo
  - Recursos necesarios
  - Orientación para el instructor
  - Hoja de trabajo
  - Información de retorno

### Ejercicio 3.1

- Fertilización nitrogenada, potásica y fosfórica.
- Objetivo
  - Recursos necesarios
  - Orientación para el instructor
  - Hoja de trabajo
  - Información de retorno

### Resumen Secuencia 3

## Objetivos



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

- ✓ Analizar los requerimientos, eficiencia, fuentes y época de aplicación de los fertilizantes nitrogenados, potásicos y fosfóricos, para incrementar la producción del arroz de riego.
- ✓ Tomar en el campo muestras de suelo para los análisis de laboratorio, usando por lo menos dos instrumentos diferentes.
- ✓ Elaborar, en forma racional, planes de fertilización para cultivos de arroz con riego, basados en la interpretación del análisis de suelo.

## Información

La fertilización del arroz varía de una zona a otra, dado que los suelos son diferentes; por ejemplo, los suelos en los Llanos Centrales son más pobres que en los Llanos Occidentales. Una de las prácticas más eficientes para aumentar los nutrientes requeridos por el arroz la constituye una adecuada fertilización, cuya efectividad depende de la variedad sembrada y de las prácticas agronómicas adoptadas.

La baja fertilidad de los suelos arroceros constituye uno de los factores que limitan la obtención de altos rendimientos e implica entre 20 y 30% de los costos totales de producción. Esto hace necesario conocer los requerimientos, eficiencia, fuentes y época de aplicación de los principales nutrientes (nitrógeno, fósforo y potasio).

El análisis de suelos es una técnica para el diagnóstico de las características físicas y químicas de los suelos. La disponibilidad de fósforo y potasio puede ser determinada mediante esta metodología y correlacionada con la respuesta del cultivo a la aplicación de fertilizantes. Teniendo en cuenta esta relación se pueden determinar las dosis más apropiadas para el cultivo de arroz.

### Fertilización nitrogenada

Entre los nutrientes el nitrógeno es universalmente requerido por todos los suelos, particularmente en lugares donde se siembran variedades modernas de arroz en condiciones de tecnología mejorada de producción.

### Requerimientos de nitrógeno para el arroz

La planta de arroz requiere nitrógeno al inicio y a la mitad del período de macollamiento, con el fin de producir un mayor número de panículas. También se requiere nitrógeno durante el período de reproducción y durante la maduración para obtener un óptimo número de granos/panícula y el llenado de los mismos.

Las variedades de arroz que se cultivan en Venezuela son consideradas de alta capacidad de rendimiento con buena respuesta a las aplicaciones de nitrógeno. En estudios realizados en Calabozo se han obtenido buenos rendimientos con dosis de 120-150 kg/ha de nitrógeno. En la región Centro Occidental los requerimientos son menores, lo cual es importante tener en cuenta, ya que un exceso de nitrógeno además de retardar la maduración, favorece el desarrollo de enfermedades y hace a las plantas

susceptibles de volcamiento. Para esta zona se determinó que los requerimientos de aplicación de nitrógeno están aproximadamente entre 90 y 120 kg/ha.

#### **Eficiencia del nitrógeno**

El incremento de los precios del nitrógeno ha incentivado la búsqueda de métodos que permitan aumentar la eficiencia de la planta de arroz en la utilización de este nutrimento. La absorción del nitrógeno aplicado al suelo por parte de la planta de arroz puede llegar a niveles tan bajos como el 30% y alcanzar un máximo del 60% en condiciones óptimas (Figura 3.1). Esta baja eficiencia en la utilización del nitrógeno es generalmente atribuida a la facilidad de este elemento para la lixiviación, volatilización, desnitrificación e inmovilización en la fracción orgánica y fijación en las arcillas del suelo, especialmente en las primeras fases de desarrollo cuando las plantas están muy pequeñas para competir eficazmente con estos procesos de pérdida de nitrógeno en ecosistemas subacuáticos. La presencia de una lámina de agua estancada durante el tiempo de aplicación del fertilizante podría ser responsable, en parte, de las elevadas pérdidas de nitrógeno y por consiguiente de la baja eficiencia en el uso de los fertilizantes nitrogenados.

#### **Fuentes de nitrógeno**

Se han realizado numerosos estudios para comparar fuentes de fertilizantes nitrogenados en arroz de riego. En la mayoría de los casos los fertilizantes que contienen amonio (sulfato de amonio) o que producen amonio (urea) son similares en efectividad basados en el rendimiento de grano (Figura 3.2), aunque en algunas situaciones se obtienen respuestas diferentes con urea y sulfato de amonio como en los casos de ciertos suelos con bajo contenido de hierro donde la urea, el cloruro de amonio y otros fertilizantes nitrogenados que no contienen azufre son preferidos. En suelos reducidos, de bajo contenido de hierro, se desarrolla  $H_2S$  que afecta las plantas de arroz. En suelos con adecuada cantidad de hierro activo y deficientes en azufre conviene aplicar sulfato de amonio.

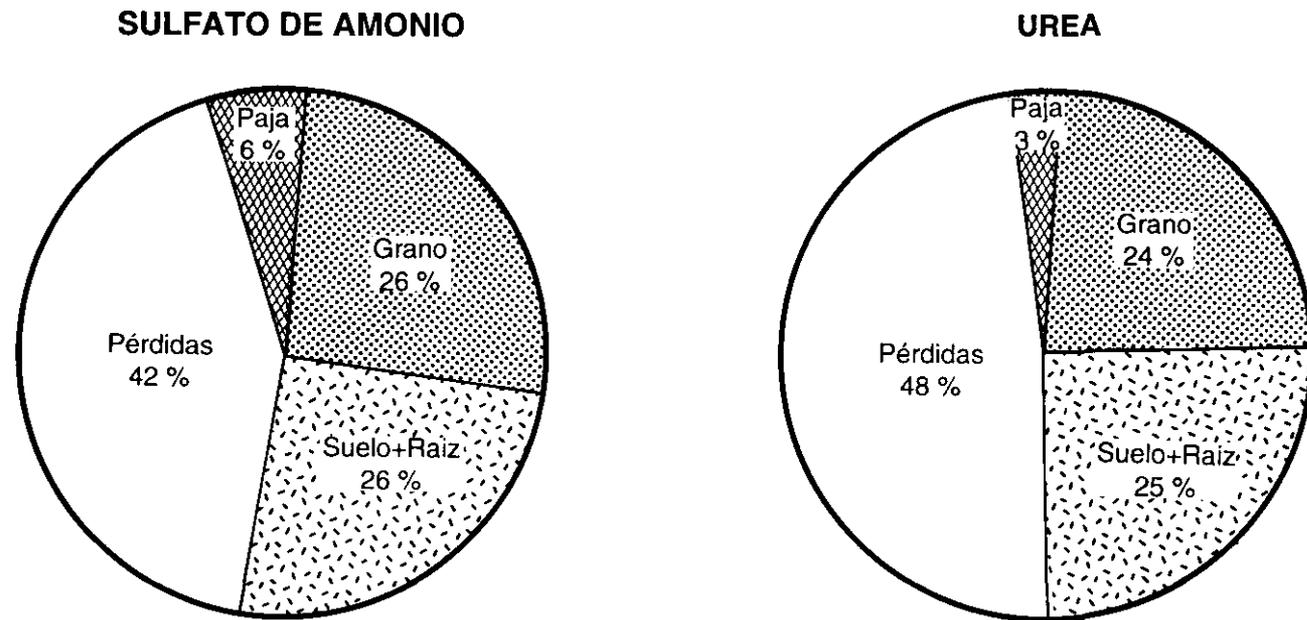


Figura 3.1. Pérdidas del nitrógeno aplicado en arroz con riego utilizando sulfato de amonio y urea marcados con  $^{15}\text{N}$ .

Algunos ensayos indican que no existen diferencias entre la urea, el sulfato de amonio, el nitrato de amonio y el cloruro de amonio. Aplicado en dos partes se ha encontrado que las pérdidas de amoníaco son mayores con aplicaciones de urea que cuando se usa sulfato de amonio. Sin embargo, estudios realizados en el IRRI han demostrado que si se sigue el mismo manejo, las pérdidas son iguales con ambos fertilizantes y señalan que cuando los suelos se mantienen inundados es necesario tener en cuenta una serie de factores relacionados con esos sistemas, tales como las características del agua de inundación, más que las del suelo mismo. Los trabajos que reportan ventajas del sulfato de amonio sobre la urea, se realizaron en su mayoría en condiciones de invernadero, utilizando agua desionizada o agua destilada, la cual difiere notablemente del agua de pozo o de embalses, que poseen mayor alcalinidad.

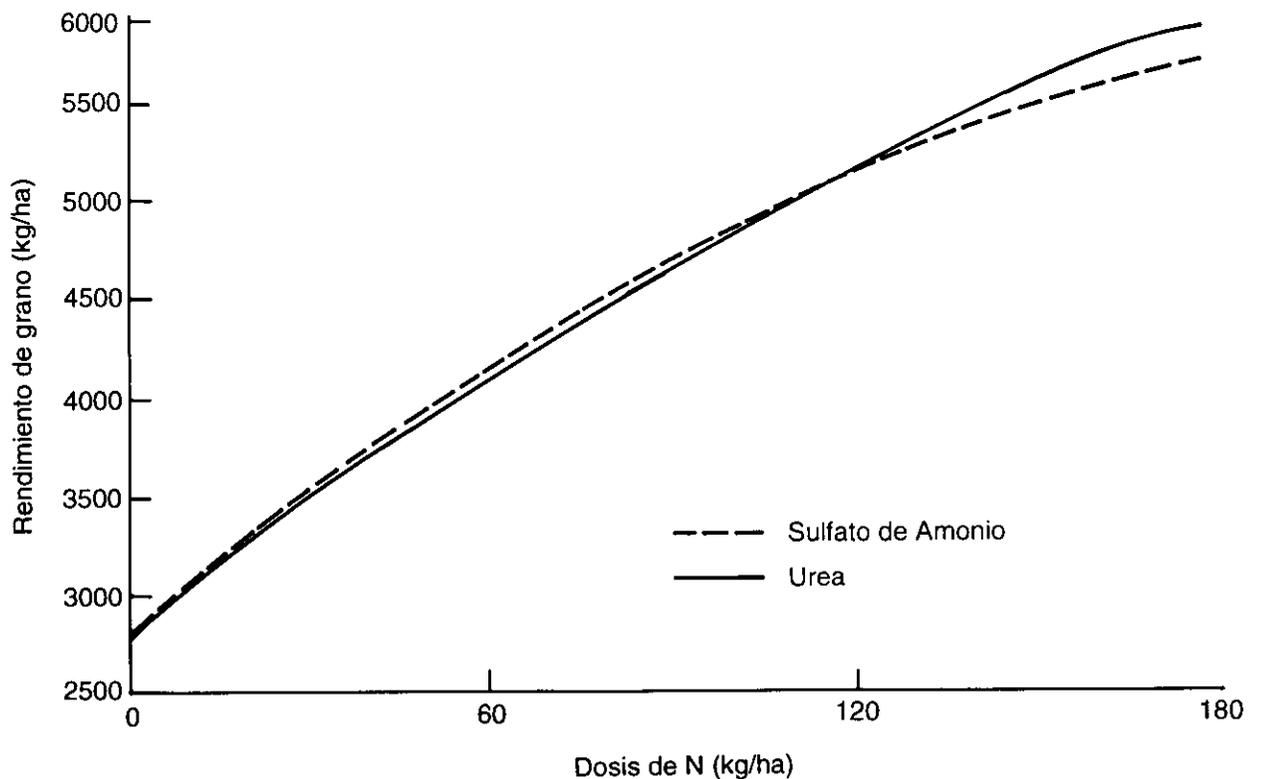


Figura 3.2. Efecto de diferentes fuentes y dosis de nitrógeno en el rendimiento de grano.

## Epocas de aplicación del nitrógeno

Para alcanzar óptimos rendimientos de grano, la fertilización nitrogenada es importante en tres estados de crecimiento del cultivo:

- Inicio del macollamiento
- Máximo macollamiento
- Inicio de la formación del primordio floral

En variedades de ciclo intermedio, cuando no se fracciona el nitrógeno, el inicio de la formación del primordio floral es la etapa en la cual la planta hace el uso más eficiente de este nutriente, seguida por el inicio del macollamiento; sin embargo, en variedades de ciclo corto la mayor eficiencia se alcanza al inicio del macollamiento, aunque también se obtiene buena respuesta aplicando el nitrógeno al inicio del primordio floral (Figura 3.3).

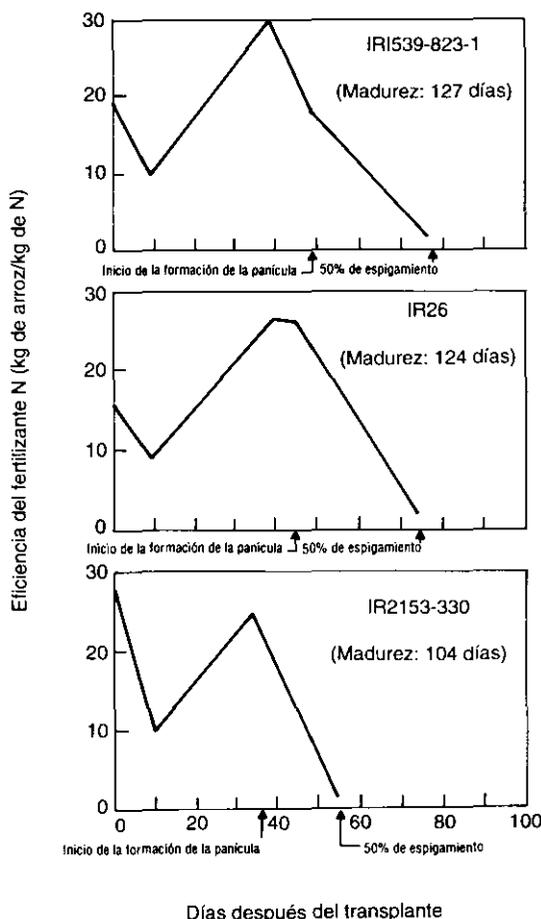


Figura 3.3. Eficiencia (kg de arroz/kg de nitrógeno) de 60 kg de nitrógeno/ha, aplicados en una sola dosis a diferentes épocas, en tres variedades de arroz. IRRI, estación seca de 1974. (De Datta y colaboradores, 1974).

Estudios realizados en el IRRI indican que aplicaciones fraccionadas de nitrógeno producen mayores rendimientos que cuando no se fracciona.

El fraccionamiento del nitrógeno aplicando una dosis al inicio del macollamiento y otra parte del nitrógeno al inicio de la formación del primordio floral es una buena forma de obtener la mayor eficiencia y altos rendimientos en el caso de variedades de ciclo intermedio. En variedades exigentes en nitrógeno, un reabono en el máximo macollamiento, además de los antes mencionados, favorece aún más la eficiencia del uso del nutrimento y aumenta los rendimientos.

El nitrógeno absorbido por la planta desde el macollamiento hasta el inicio de la formación de la panícula tiende a incrementar el número de panículas; el nitrógeno absorbido durante el desarrollo de la panícula incrementa el número de granos/panícula, mientras que el nitrógeno absorbido después de la floración tiende a incrementar el llenado y el peso de los granos.

## **Fertilización potásica**

La respuesta del arroz al potasio ha sido siempre menos frecuente que las respuestas al nitrógeno y al fósforo. No obstante, la función de este nutrimento se relaciona con la textura y fortaleza de los tejidos vegetales, por lo que su acción se asocia con la resistencia a plagas y enfermedades y con el incremento de la eficiencia del nitrógeno y del fósforo que se aplican al suelo.

Muchos autores consideran que es necesario aplicar potasio al arroz cuando: 1) se hacen aplicaciones de nitrógeno, 2) se siembra en suelos de mal drenaje, 3) hay condiciones climáticas y fitosanitarias desfavorables, 4) se siembra en suelos livianos lixiviados, pobres en potasio y 5) hay en el suelo exceso de calcio, manganeso o sodio con respecto al potasio.

## **Requerimientos de potasio**

La cantidad de potasio removido del suelo por el cultivo está influenciada por su disponibilidad en el suelo, por los requerimientos del cultivo y por las condiciones físicas, químicas y biológicas del ambiente en el cual el cultivo está creciendo.

Algunos autores mencionan que un cultivo de arroz puede extraer de 33 a 249 kg de potasio/ha, y cuando se siembran variedades modernas de alto rendimiento puede exceder de los 332 kg/ha.

Mundialmente se considera que, en promedio, se incrementa la producción en 2 kg de arroz por cada 0,83 kg de potasio aplicado.

En promedio en el mundo se aplican en cultivos de arroz 60 kg de potasio (80 kg/ha de  $K_2O^1$ ), variando entre 25 y 116 kg/ha de potasio (30 y 140 kg/ha de  $K_2O^1$ ).

En Venezuela se ha encontrado que la respuesta del arroz a aplicaciones de potasio oscilan entre 50-75 kg/ha de potasio (60 - 90 kg/ha de  $K_2O^1$ ), presentándose mayores respuestas en suelos con menos de 0.20 meq de potasio intercambiable/100 g de suelo.

Eficiencia del potasio

El potasio, después del nitrógeno, es el elemento que presenta mayor solubilidad. La eficiencia de la planta en la absorción de este elemento se encuentra entre 30 y 50% del potasio aplicado, hecho que depende principalmente de dos factores: lixiviación y fijación por los coloides del suelo.

Lixiviación del potasio

La pérdida de potasio por lixiviación es preocupante en áreas de intensa y frecuente precipitación, con suelos bien drenados y en suelos livianos con baja capacidad de intercambio catiónico, debido a las pérdidas por lavado y a la baja capacidad de retención respectivamente.

Fijación del potasio por los coloides del suelo

La cantidad y tipo de minerales arcillosos en los suelos tienen una fuerte influencia en la capacidad y en la fuerza de retención del potasio intercambiable.

Los suelos que contienen cantidades dominantes de arcillas vermiculitas y beidellitas fijan fuertemente el potasio, encontrándose niveles de potasio intercambiable en el suelo de 0.1 meq/100 g; si esas arcillas están acompañadas de la montmorillonita, el potasio intercambiable aumenta a 0.20 meq/100 g y cuando la vermiculita y la beidellita están ausentes el contenido de potasio intercambiable aumenta de 0.20 a 0.50 meq/100 g de suelo.

En un estudio realizado en el Estado Portuguesa se observó que la fijación de potasio fue significativa en los suelos donde se encontraron las mayores cantidades de illita, vermiculita y montmorillonita.

---

<sup>1</sup> kg de potasio/ha = kg de  $K_2O$ /ha x 0,8298  
kg de  $K_2O$ /ha = kg de potasio x 1,205

## Fuentes de potasio

De las cuatro fuentes de potasio, el cloruro de potasio (KCl) o muriato de potasio juega un papel predominante. La razón del mayor uso de este fertilizante es su alta concentración del nutrimento (50% de potasio o 60% de  $K_2O$ ).

Los otros fertilizantes de potasio, tales como el sulfato de potasio (41% de potasio o 50% de  $K_2O$ ), se pueden aplicar en suelos pobres en azufre, siempre y cuando resulte más económico.

Cuando hay en el suelo deficiencias de magnesio se puede usar un fertilizante doble como el sulfato de potasio y magnesio (18% de potasio o 22% de  $K_2O$  y 11% de magnesio y 22% de azufre).

El nitrato de potasio (37% de potasio o 44% de  $K_2O$ ) por lo general se usa como componente para fertilizantes foliares y su utilización en el cultivo del arroz no es recomendada, por ser una fuente baja de potasio y por contener el nitrógeno en una forma muy ineficiente para el arroz de riego.

En Venezuela otras fuentes de potasio son las fórmulas completas (Anexo 3).

## Epocas de aplicación del potasio

La época de aplicación del potasio depende principalmente de la textura del suelo, de la capacidad de intercambio catiónico del suelo y del contenido de potasio intercambiable del mismo. De acuerdo con esto se puede suministrar de la siguiente manera:

- a. Si los suelos presentan alto contenido de arcilla y son bajos en potasio, aplicar todo el elemento al final de la preparación del suelo, o al inicio del macollamiento (20-25 días después de siembra).
- b. Si los suelos son de texturas medianas, aplicar el 50% al finalizar la preparación del suelo, o con la siembra y la otra mitad al inicio del macollamiento (20-25 días después de siembra); o aplicar el 50% entre 20-25 días después de la siembra y el otro 50% al máximo macollamiento (40-45 días después de la siembra).

## Fertilización fosfórica

El manejo del fósforo depende de las características del suelo, tales como: clase de arcilla, pH, régimen de agua e intensidad de cultivo. En general, los suelos de las áreas arroceras de Venezuela son de bajo a alto contenido de fósforo y fijan parte de este elemento aplicado como fertilizante en forma altamente insoluble. Además, el incremento en la concentración de fósforo causado por la inundación del campo es bajo.

## Requerimientos de fósforo

La concentración de fósforo en la planta de arroz depende de la edad, variedad, época de siembra y la disponibilidad de este nutriente en el suelo.

El IRRI ha reportado que las plantas de arroz cuya concentración de fósforo en la hoja en la fase de macollamiento sea de 0.1% o más bajo tienen deficiencia de este nutriente. En diferentes ensayos se ha determinado que la planta de arroz extrae entre 20 y 30 kg/ha de fósforo. En experimentos realizados en Calabozo se han obtenido buenos rendimientos usando dosis de fósforo entre 26 y 35 kg/ha (60 y 80 kg/ha  $P_2O_5^2$ ). En los suelos del estado de Portuguesa los requerimientos de aplicación de fósforo son más bajos por tener contenidos de este elemento de medios a altos.

Las aplicaciones de fósforo oscilan entre 13 y 26 kg/ha (30 y 60 kg/ha de  $P_2O_5^{20}$ , con excepción de los suelos de la región de Ospino, donde se aplican entre 26 y 39 kg/ha de fósforo (60 y 90 kg de  $P_2O_5^{21}$ ) por ser suelos muy pobres en este nutriente.

## Eficiencia del fósforo

El fósforo está presente en los suelos como fosfato soluble (orgánico e inorgánico) y ligeramente como sólidos solubles. Entre estos últimos se incluyen:

- Hierro y fosfato de aluminio.
- Fosfatos adsorbidos o coprecipitados con óxidos hidratados de hierro y manganeso.
- Fosfatos retenidos en intercambio con amonio en las arcillas y óxidos hidratados.
- Fosfatos de calcio y fosfatos orgánicos.

Los fosfatos asociados con hierro y aluminio predominan en los suelos ácidos, mientras que los fosfatos de calcio predominan en los suelos neutros y alcalinos.

Algunos suelos adsorben grandes cantidades del fósforo soluble del fertilizante haciéndolo indisponible para la planta, debido a la presencia de arcillas tipo 1:1, óxidos de hierro y aluminio y de carbonatos. Debido a la fijación y a otras causas, la eficiencia del fertilizante fosfórico se encuentra entre un 10 y un 20%.

---

$^2$ kg de fósforo/ha = kg de  $P_2O_5$ /ha x 0,4367  
kg de  $P_2O_5$ /ha = kg de fósforo/ha x 2,29

## Fuentes de fósforo

En general la respuesta del fósforo en arroz de riego es menos común que en el caso del nitrógeno, lo cual se explica porque la planta en condiciones de inundación puede extraer fósforo reactivo del suelo, el cual representa prácticamente la única fuente natural de fósforo para el arroz. No hay evidencias en cuanto a la respuesta del arroz a diferentes fuentes de fósforo, excepto en suelos extremadamente ácidos o alcalinos.

Las fuentes más comunes de fósforo son:

- Superfosfato triple (20% de fósforo o 4% de  $P_2O_5$ ).
- Superfosfato simple (8,7% de fósforo o 20% de  $P_2O_5$ ).
- Fosfato diamónico (20% de fósforo o 46% de  $P_2O_5$  y 18% de N).
- Rocas fosfóricas.
- Escorias de Thomas (subproducto de la fundición del hierro).
- Fórmulas completas (Anexo 3).

Se ha encontrado que el superfosfato es una fuente muy eficiente de fósforo, excepto en suelos extremadamente ácidos. En estos suelos ácidos la roca fosfórica se ha comportado tan eficiente o mejor que el superfosfato triple.

## Epocas de aplicación del fósforo

En general el fósforo es aplicado basalmente antes de la siembra, aunque se pueden hacer aplicaciones posteriores siempre y cuando no sean después del período de macollamiento activo, dado que el fósforo aplicado tardíamente no es usado eficientemente para la producción de grano.

Las aplicaciones fraccionadas de fósforo no son de gran valor, porque existe una gran movilidad del fósforo desde las hojas viejas hacia las más jóvenes, la disponibilidad del elemento se incrementa con el tiempo de inundación y las pérdidas por lixiviación son bajas.

## Muestreo de suelos con fines de fertilización

Para hacer un análisis de suelos con fines de fertilización es necesario obtener una muestra representativa de un lote de terreno, para de esta manera estimar su fertilidad. El muestreo de suelos puede ser una fuente importante de error, por esta razón se debe hacer utilizando las técnicas sugeridas para tal fin.

En un terreno existe variabilidad espacial tanto vertical como horizontal. Estas diferencias se deben a cambios sufridos por el suelo a través del tiempo y, también, por los cambios introducidos por la actividad del hombre en el manejo de los mismos. Por esta razón se debe dividir el terreno en áreas homogéneas, para poder hacer una buena interpretación de la fertilidad natural de los suelos.

Toma de muestras de suelos para determinar su fertilidad

Se debe recorrer la parcela para el conocimiento del área total y apreciar las diferentes unidades de suelos en que se puede separar. La parcela se puede separar en unidades homogéneas mediante: mapas geológicos, mapas geográficos, estudios de suelos, planos de la finca, etc. (Figura 3.4).

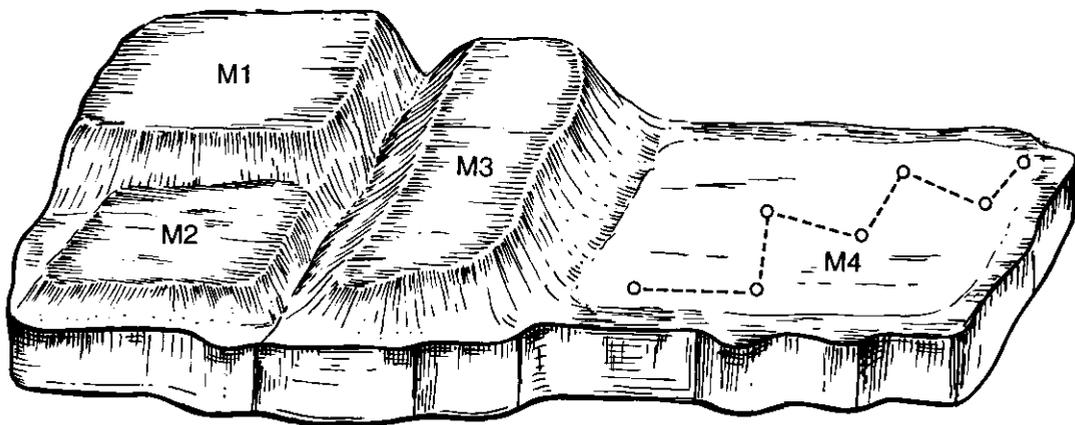


Figura 3.4. Separación de la parcela en unidades de muestreo y distribución de los sondeos.

El número de sondeos (submuestras) que va a conformar la muestra compuesta es variable; muchos autores consideran de 10 a 20 submuestras; pero se debe reconocer que cuanto mayor sea el número de sondeos mayor será la precisión que se obtenga.

En arroz, como la mayor parte de las raíces está en la capa superficial de 20 cm, es recomendable tomar las muestras de suelos a esta profundidad.

Se deben de tener en cuenta algunas consideraciones generales, como:

- No se deben tomar muestras de suelos muy húmedos o excesivamente secos.
- Se deben evitar zonas diferentes al resto del área para muestrear, como son: lugares pantanosos, pedregosos, etc.
- No se deben tomar muestras en sitios recién fertilizados.
- Evitar el uso de recipientes sucios.

Obtención de la muestra

- a. Forma como se debe muestrear utilizando un palín (Figura 3.5)

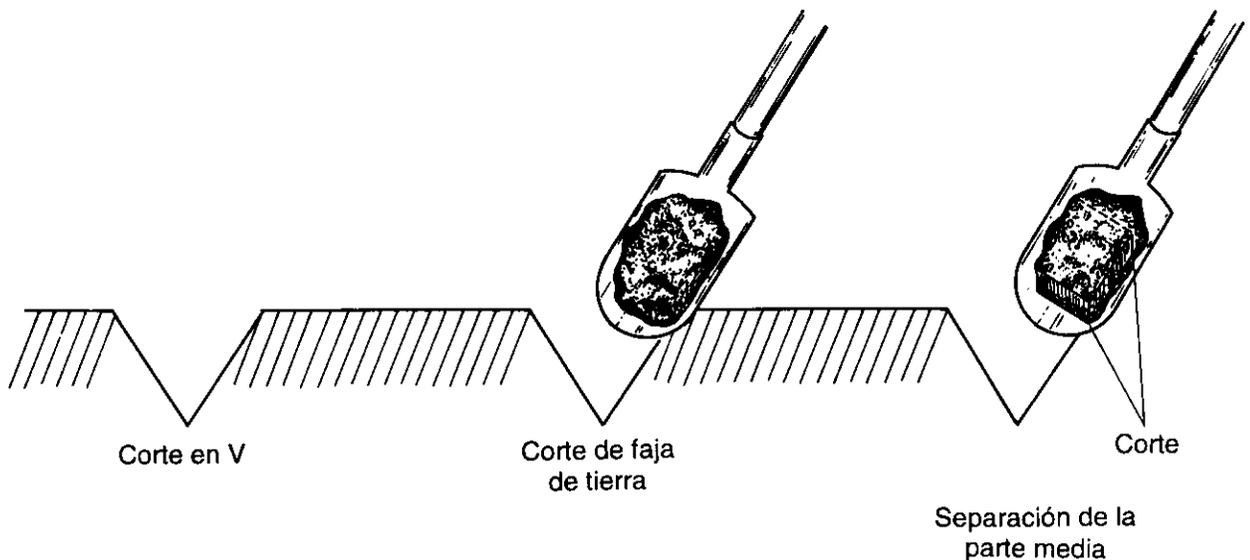


Figura 3.5. Muestreo de suelos con palín.

- Limpie el sitio, retirando el material que no sea suelo.
  - Abra un hoyo en forma de V a la profundidad deseada.
  - Coloque las submuestras obtenidas en un recipiente limpio.
  - Al terminar el muestreo del lote, tendrá en un recipiente la muestra compuesta, formada por varios sondeos (submuestras). De este material se obtendrá una cantidad representativa (1-2 kg), la cual se enviará al laboratorio.
- b. Forma como se debe muestrear utilizando un barreno (Figura 3.6)

El procedimiento es similar al caso anterior. En cada sitio de sondeo, el barreno se introduce hasta 20 cm de profundidad y se toma la porción media de la muestra extraída.

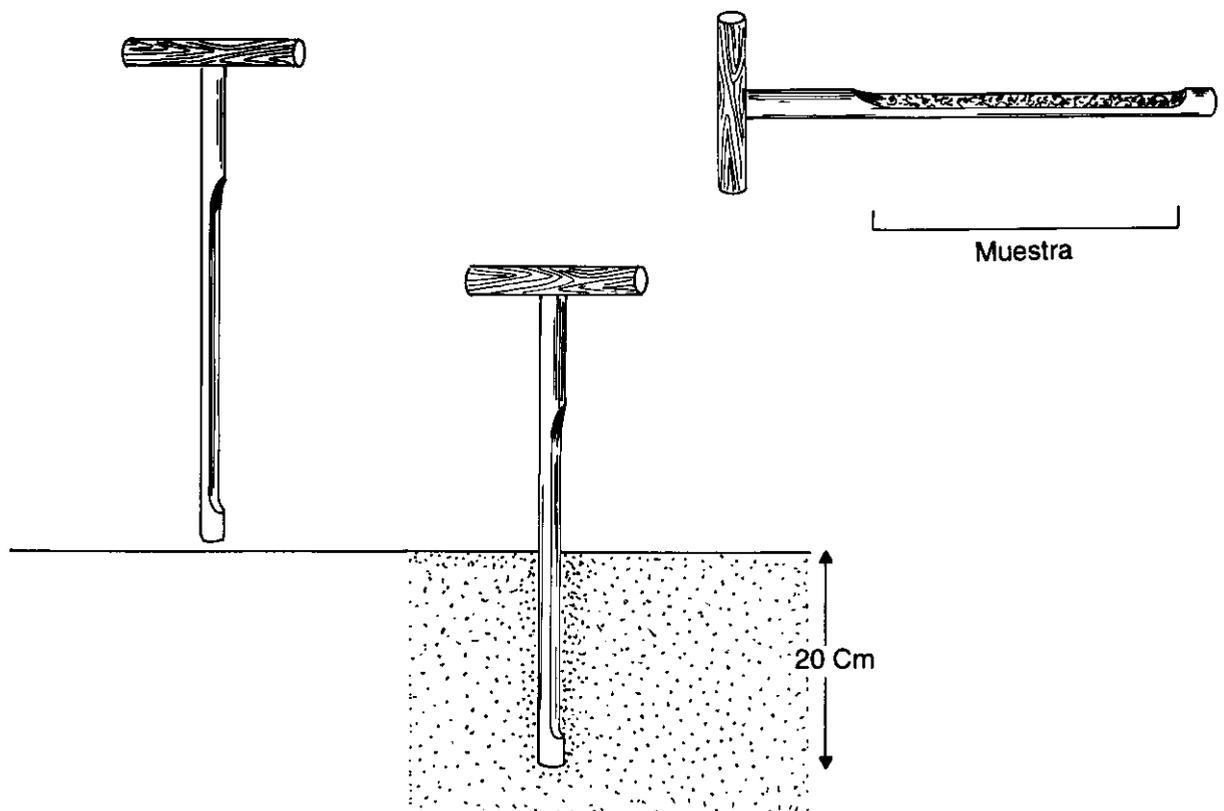


Figura 3.6. Muestreo de suelo con barreno.

#### Identificación de la muestra

Cada muestra compuesta debe ser identificada mediante una etiqueta con la información siguiente:

- Profundidad de muestreo:
- Remitente:

- Nombre de la finca:
- Localidad:
- Municipio:
- Distrito:
- Estado:
- No. de la muestra:
- Lote o campo:
- Autor del muestreo:
- Fecha:

La muestra tomada en el campo debe ser parcialmente secada al aire libre y a la sombra; esto con el fin de evitar cambios químicos que se puedan producir al almacenarse en condiciones húmedas.

## **Interpretación del análisis de suelos**

El análisis de suelos es una técnica de amplio uso y aceptación para el diagnóstico de las características físicas y químicas de una unidad de suelos. Con base en la información generada se pueden aconsejar prácticas de manejo y en especial de fertilización y uso de enmiendas.

### **Textura**

Se refiere a la proporción relativa de arena, limo y arcilla, tal como se describe en la Figura 3.7.

Los suelos de textura fina (arcillosos) se compactan con facilidad. Esto reduce el espacio poroso y limita tanto el paso del aire libre como del agua a través del suelo. Los suelos arenosos retienen muy poca agua, pero tienden a compactarse menos que los arcillosos, lo que hace su manejo más fácil. Los suelos altos en limo son los que se compactan con mayor facilidad.

Los suelos más apropiados para el cultivo del arroz son los que tienen entre los 30 a 40 cm de la capa superficial una cantidad de arcilla suficiente para mantener una lámina de agua. Estos suelos son los franco arcillosos y los arcillosos.

**NOMENCLATURA**

**I - Texturas Gruesas**

- Arena (a)
- Areno arcilloso (aA)
- Franco arenoso (Fa)

**II - Texturas Medias**

- Franco (F)
- Franco limoso (FL)
- Limoso (L)
- Franco arcillo arenoso (FAa)
- Franco arcilloso (FA)
- Arcillo arenoso (Aa)

**III - Texturas Finas**

- Franco arcillo limoso (FAL)
- Arcillo limoso (AL)
- Arcilloso (A)

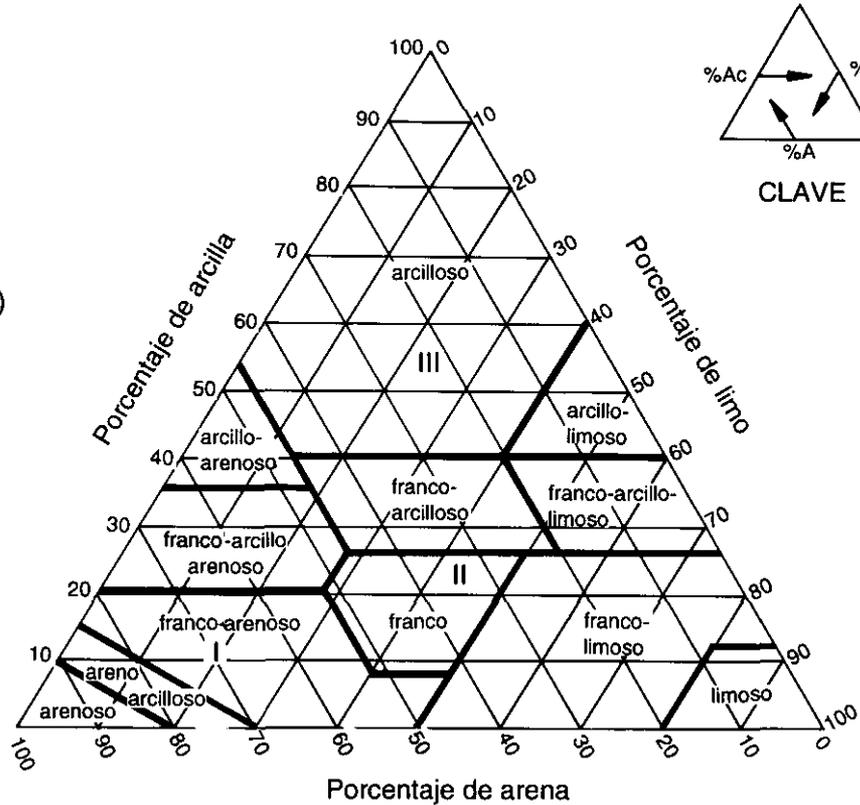


Figura 3.7. Carta para la determinación de la textura de los suelos (Fuente: U.S. Department of Agriculture Bureau of Plant Industry, Soils and Agricultural Engineering).

## pH

El pH del suelo mide simplemente la actividad de los iones de hidrógeno y se expresa en términos logarítmicos. Cada unidad de cambio en el pH del suelo significa un aumento de diez veces la cantidad de acidez o alcalinidad. Es decir, que un suelo con un pH de 6.0 tiene 10 veces más H<sup>+</sup> activo que un suelo con un pH de 7.0. La interpretación del pH del suelo se hace de la manera siguiente:

<b>pH</b>	<b>Interpretación</b>
< 5.5	Muy ácido
5.6 - 6.4	Acido
6.5 - 7.1	Neutro
7.2 - 8.3	Alcalino
> 8.3	Muy alcalino

El pH está relacionado con la presencia, solubilidad y actividad de diferentes elementos nocivos y con la disponibilidad de los nutrimentos. Cuando el pH va disminuyendo y llega a ser menor de 5.0, aumenta la probabilidad de ocurrencia de excesos de aluminio, hierro, manganeso y de posibles deficiencias de fósforo y de micronutrimentos.

## Conductividad eléctrica

Es una medida del posible efecto de las sales en el cultivo. Se relaciona con el aumento de la presión osmótica, competencia por humedad, efectos tóxicos y condiciones físicas desfavorables.

La conductividad expresada en ds/m<sup>3</sup> en una suspensión de suelo-agua 1:5 es interpretada de la manera siguiente:

<b>Conductividad eléctrica (ds/m)</b>	<b>Interpretación</b>
< 0.05	baja
0.05 - 0.10	media
0.10 - 0.20	alta
0.20 >	muy alta

$${}^3\text{ds/m} = \frac{\text{mmhos/cm}}{10}$$

Las mejores condiciones para el crecimiento y producción de arroz son cuando la conductividad eléctrica es menor de 0.025 ds/m.

### Materia orgánica

La materia orgánica del suelo se refiere al material de origen animal y vegetal que se encuentra en el suelo. Este material al mineralizarse se transforma en humus y en nutrientes. La interpretación está relacionada con la textura del suelo, como se indica a continuación:

% Materia orgánica					
Arenoso	Franco arenoso	Franco	Franco arcilloso	Arcilloso, Franco-arcillo-limoso y arcillo-limoso	Interpretación
< 1.5	< 1.75	< 2	< 2.5	< 3	Bajo
1.5 - 2	1.75 - 3.25	2 - 4	2.5 - 4.5	3.1 - 5	Medio
2 >	3.25 >	4 >	4.5 >	5 >	Alto

### Fósforo y potasio solubles

El fósforo y el potasio, determinados por el método Olsen, se interpretan de la manera siguiente:

Fósforo (ppm)	Potasio (ppm)	Interpretación
< 0 - 10	< 0 - 80	Bajo
11 - 20	81 - 120	Medio
> 20	> 120	Alto

### Elaboración de planes de fertilización para cultivos de arroz

Una de las características de los suelos tropicales es su baja fertilidad, por lo tanto para su mejoramiento es necesario utilizar fertilizantes químicos.

Para hacer la recomendación de utilizar fertilizantes en el arroz, es necesario partir de una metodología que permita una interpretación correcta de la fertilidad del suelo y así determinar las necesidades de fertilizantes y enmiendas para el cultivo (Cuadro 3.1).

Cuadro 3.1. Procedimiento para estimar la dosificación de fertilizantes en el cultivo de arroz.

Procedimiento		Ejemplo				
1.	Análisis de rutina de suelos	fósforo = 15 ppm    potasio = 100 ppm				
2.	Clasificación de la disponibilidad de fósforo y potasio	fósforo = medio    potasio = medio				
3.	Utilizando las tablas de recomendación para arroz con riego (Anexo 4) se interceptan los niveles de fósforo y potasio y se obtiene la dosis apropiada de nitrógeno- $P_2O_5^{2'}$ - $K_2O^{1'}$ kg/ha	Fósforo				
		P o t a s i o	Rangos	Bajo	Medio	Alto
		Bajo	120-120-80	120-60-80	120-30-80	
		Medio	120-120-60	120-60-60	120-30-60	
Alto	120-120-30	120-60-30	120-30-30			
4.	Calcular nitrógeno, $P_2O_5^{2'}$ y $K_2O^{1'}$ en kg/ha utilizando los fertilizantes químicos disponibles en el mercado	260 kg/ha de Urea 130 kg/ha de superfosfato triple 100 kg de cloruro de potasio				
5.	Indicar la cantidad y época de aplicación de cada fertilizante.	<b>Fertilización básica:</b> 100 kg/ha de Urea + 130 kg/ha de SFT + 100 kg/ha de KCL a los 20-25 DDS* <b>Primer reabono:</b> 80 kg/ha de Urea 40 DDS* <b>Segundo reabono:</b> 80 kg/ha de Urea 60 DDS*.				

\* DDS: días después de la siembra

<sup>1'</sup> kg de potasio = kg de  $K_2O$ /kg x 0,8298

<sup>2'</sup> kg de fósforo = kg de  $P_2O_5$ /ha x 0,4367

Debido a que no se ha determinado una metodología que refleje la disponibilidad de nitrógeno en el suelo relacionado con el cultivo, la recomendación de este elemento se basa en los resultados de experimentos de campo. La disponibilidad de fósforo y potasio se clasifica en categorías de interpretación como BAJA, MEDIA y ALTA, niveles que guardan una estrecha relación con la respuesta del cultivo a la aplicación de fertilizantes.

Los niveles de nitrógeno, fósforo y potasio obtenidos deben ser ajustados de acuerdo con:

#### *Criterios económicos*

El objetivo principal de la fertilización es conocer cuál es la dosis que produce el mayor beneficio al agricultor, con el menor costo.

#### *Nuevas experiencias sobre fertilización*

Las dosificaciones y épocas de aplicación deben ser modificadas con base en nuevas experiencias sobre las respuestas del cultivo a la aplicación de fertilizantes.

#### *Variedad de arroz*

Algunas variedades son más exigentes respecto a los fertilizantes nitrogenados que otras, al igual que con otros nutrientes.

#### *Incidencia y control de enfermedades*

Algunas enfermedades están relacionadas con los fertilizantes. Por ejemplo, el exceso de nitrógeno favorece la incidencia de piricularia.

#### *Epoca de aplicación*

La aplicación del fertilizante se debe hacer en el momento de mayor demanda de la planta por el nutriente, de acuerdo con las etapas de crecimiento y desarrollo del cultivo.

### *Ciclo de siembra*

Por lo general en el ciclo de invierno el arroz crece más que en el ciclo de verano, lo que indica que excesos de nitrógeno en el primero favorecen el acame.

## Bibliografía

- CARRILLO DE CORI C.E. 1989. Eficiencia en los fertilizantes nitrogenados en arroz (*Oryza sativa* L.) de riego en Calabozo Edo. Guárico. Tesis Doctoral UCV Agronomía. Maracay, Venezuela.
- CHIRINOS, A.; HERRERA, RAFAEL. 1977. Estado de potasio y su relación con la mineralogía de las arcillas en 12 suelos agrícolas de Portuguesa. FONAIAP, Maracay, Venezuela. 125-149 pp.
- DE DATTA, S.K. 1981. Principles and practices of rice production. Wiley - Interscience. New York. 618 p.
- INSTITUTO DE LA POTASA Y EL FOSFORO DE CANADA. Potasa, su necesidad y uso en agricultura moderna. Quito, Ecuador. 44 p.
- IRRI. 1979. Soils and Rice. Los Baños. Philippines. 825 p.
- IRRI. 1985. Wetland soils: characterization, classification, and utilization. Los Baños, Philippines. 559 p.
- JONES, U.S.; KATYAL, C.P.; MAMARIL, C.P.; and PARK, C.S. 1980. Wetland Rice Nutrient deficiencies other than nitrogen. IRRI, Los Baños, Philippines. 105 p.
- MAC, FONAIAP. Recomendaciones generales para la fertilización de cultivos cereales. Caracas, Venezuela. 52 p.
- MATEOS, A.; BURROUGH, P.A. ; COMERMA, J. 1988. Spatial analysis of soil properties for crop modelling in Venezuela. Spatial analysis and optimal interpolation.
- POTASH & PHOSPHATE INSTITUTE, FOUNDATION FOR AGRONOMIC RESEARCH. 1988. Manual de fertilidad de los suelos. 85 p.
- RURAL DEVELOPMENT ADMINISTRATION. 1991. Training on rice production. International Technical Cooperation Center Republic of Korea. 553 p.
- TASCON, E. ; GARCIA, E. 1985. Arroz: Investigación y producción. Cali, Colombia. Centro Internacional de Agricultura Tropical. 696 p.

## Práctica 3.1 Muestreo de suelos con fines de fertilización

### Objetivo

- ✓ Tomar muestras de suelo en el campo para los análisis de laboratorio, usando por lo menos dos instrumentos diferentes.

### Recursos necesarios

- 5 Barrenos
- 5 Palas
- 5 Palines
- 5 Bolsas plásticas de 2 kg
- 5 Tobos (baldes)
- 5 Machetes
- 5 Etiquetas
- 5 Marcadores
- 5 Información sobre la toma de muestras de suelos con fines de fertilización (pág. 3-18 a 3-22)
- Hoja de trabajo

### Orientación para el instructor

1. Los participantes se reunirán en grupos de cuatro personas.
2. Se seleccionarán los implementos y materiales para el muestreo.
3. El instructor ubicará a los grupos en el terreno.
4. El terreno se recorrerá para dividirlo en unidades de muestreo, con base en la información suministrada por el instructor en la parte teórica.
5. Se recogerán las submuestras para obtener una muestra compuesta.
6. Una vez tomada la muestra compuesta se homogenizará, se colocará en las bolsas, se sellará y se identificará.
7. Se evaluará la práctica con base en la tabla de evaluación de las actividades de la práctica.

8. Cada grupo nombrará un relator y comentarán los pasos seguidos al realizar la práctica. Esta información debe ir consignada en la tabla de evaluación de las actividades de la práctica.
9. El instructor dará la información de retorno; para este fin, se presenta como información de retorno un formulario para el análisis de suelos con una información hipotética.

Tiempo de la práctica: 2 horas

### **Instrucciones para el participante**

Para la realización de esta práctica usted deberá:

- Recorrer el terreno donde se va a efectuar la práctica y dividirlo en unidades de muestreo, con base en la teoría suministrada por el instructor.
- Con las submuestras recogidas, obtener una muestra compuesta y homogenizarla.
- Colocar la muestra homogenizada en bolsas plásticas, sellarlas e identificarlas.
- Nombrar un relator que comentará los pasos que se siguieron al realizar la práctica y la información obtenida en la hoja de trabajo.

Propietario:

Fecha:

Nombre de la finca:

Muestra:

Localidad:

Profundidad:

Municipio:

Superficie:

Distrito:

Responsable del muestreo:

Estado:

<b>Información complementaria</b>	<b>Muestra 1</b>	<b>Muestra 2</b>	<b>Muestra 3</b>
Lote de campo			
Relieve (plano, inclinado, % pend.)			
Riesgo de aguachinamiento			
Tipo de vegetación			
Cultivo anterior			
Rendimiento			
Tipo de fertilizante utilizado en el ciclo anterior			
Cantidad			
Forma de aplicación			
Epoca de aplicación			
Cultivo para sembrar			
Tipo de análisis			
Otras determinaciones			

Observaciones: \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

## Práctica 3.1 - Información de retorno

Propietario: Antonio Prego                      Fecha:  
 Nombre de la finca: "El Chaparral"          Muestra: 1, 2, 3  
 Localidad: Agua Blanca                          Profundidad: 0.20 m  
 Municipio: Araure                                  Superficie: 20 ha  
 Distrito:    Responsable del muestreo:  
 Estado: Portuguesa                                Francisco Blanco

Información complementaria	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3
Lote de campo	----	---	---
Relieve (plano, inclinado, % pend.)	Plano	Plano	Plano
Riesgo de aguachinamiento	---	---	---
Tipo de vegetación	Rastrojo	Rastrojo	Rastrojo
Cultivo anterior	Arroz	Arroz	Arroz
Rendimiento	5.6 kg/ha	5.8 kg/ha	6.0 kg/ha
Tipo de fertilizante utilizado en el ciclo anterior	N-P-K	N-P-K	N-P-K
Cantidad	100-40-80	80-20-80	100--40-40
Forma de aplicación	Voleo	Voleo	Voleo
Epoca de aplicación	Varias	Varias	Varias
Cultivo para sembrar	Arroz	Arroz	Arroz
Tipo de análisis	Rutina	Rutina	Rutina
Otras determinaciones	---	---	---

Observaciones: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

## Evaluación de las actividades de la práctica

Grupo No. \_\_\_\_\_

**Objetivo:** Tomar muestras de suelo en el campo para los análisis de laboratorio, usando por lo menos dos instrumentos diferentes.

**Actividad:** Visita al campo para la toma e identificación de muestras de suelos y reconocimiento de los pasos a seguir para esta actividad.

Proceder del participante	ESCALA	
Pasos	SI	NO
El participante... 1. Seleccionó implementos y materiales para el muestreo 2. Revisó el estado y limpieza de los materiales 3. Recorrió el área para muestrear antes de hacerlo 4. Dividió el terreno en unidades de muestreo: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Vegetación</li> <li>• Relieve</li> <li>• Presencia de cultivos</li> <li>• Color del suelo</li> <li>• Manejo del suelo</li> </ul> 5. Planificó la toma de submuestras: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ubicación de las submuestras</li> <li>• Cuantificación de las submuestras</li> <li>• Elaboración del croquis de unidades</li> </ul> 6. Toma de la muestra: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Limpieza del sitio de muestreo</li> <li>• Descarte de sitios inapropiados</li> <li>• Utilización correcta del implemento</li> </ul> 7. Preparación de la muestra <ul style="list-style-type: none"> <li>• Homogenizó las submuestras</li> <li>• Colocó en bolsa la muestra y la selló</li> <li>• Identificó la muestra</li> </ul> 8. Limpió los implementos y materiales antes de guardarlos 9. Aspectos aptitudinales <ul style="list-style-type: none"> <li>• Empleó en forma económica los recursos</li> <li>• Utilizó las técnicas de muestreo ahorrando tiempo</li> <li>• Estuvo motivado por la práctica</li> </ul>		

Observaciones: \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

## **Ejercicio 3.1 Elaboración de planes de fertilización**

### **Objetivos**

- ✓ Analizar los requerimientos, eficiencia, fuentes y época de aplicación de los fertilizantes nitrogenados, potásicos y fosfóricos, para incrementar la productividad del arroz con riego.
- ✓ Elaborar, en forma racional, planes de fertilización para cultivos de arroz con riego, basados en la interpretación del análisis de suelo.

### **Recursos necesarios**

- 5 transparencias
- 5 juegos de marcadores para transparencias
- Diferentes análisis de suelos
- Información sobre los precios de venta de los fertilizantes (actualizados) (Anexo 6)
- Tablas de interpretación del análisis de suelos (Anexo 7)
- Calculadora
- Información sobre las fertilizaciones nitrogenadas, potásicas e interpretación del análisis de suelo.

### **Orientación para el instructor**

1. Los participantes se reunirán en grupos de cuatro personas.
2. El instructor entregará a cada grupo datos del análisis de suelo, precios actualizados de los fertilizantes (Anexo 6), información sobre las fertilizaciones con nitrógeno, fósforo y potasio e interpretación del análisis de suelo y tablas de recomendación (Anexo 7).
3. De acuerdo con la explicación dada por el instructor los grupos procederán a realizar los planes de fertilización.
4. Cada grupo, al final del ejercicio, presentará a la audiencia su plan de fertilización con los criterios usados para la realización del mismo, por medio de un relator (usando las transparencias).
5. El instructor dará la información de retorno de la práctica. Para tal fin se presenta una tabla con datos hipotéticos que le servirá como ejemplo.

## **Instrucciones para el participante**

Con base en la información dada por el instructor usted procederá a:

- Realizar los planes de fertilización para el cultivo.
- Designar un relator que presente a la audiencia la información del plan de fertilización escogido por su grupo y explique los criterios usados para la realización del mismo usando transparencias.

## Planes de Fertilización

No. de análisis	Cantidades de nutrientes para aplicar (kg/ha)			Cantidades de fertilizantes para aplicar (kg/ha)	Epoca de aplicación (kg/ha) de fertilizantes			
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O		Próxima a la siembra	20-25 DDS	40-45 DDS	55-60 DDS
1								
2								
3								
4								
5								

## Análisis de suelos 1

Propietario: Antonio Prego

Fecha: 30 - 01- 91

Estado: Portuguesa

Finca: El Chaparral

Municipio: Araure

Localidad: Agua Blanca

### Resultados

Cultivo para sembrar:	Arroz
Materia orgánica (%):	3.74
pH (relación 1:2):	7.8
Potasio (ppm):	148
Fósforo (ppm):	14
Conductividad eléctrica (ds/m):	0.020
Al intercambiable (meq/100 g suelo):	
Textura:	F.A.L.
% arena:	12.8
% arcilla:	39.9
% limo:	47.3
Variedad para sembrar:	Araure 1
Ciclo de siembra:	Invierno

F: Franco    A: Arcilla    a: Arena    L: Limo

## Análisis de suelos 2

Propietario: Luis Ramírez

Fecha: 9 - 03- 92

Estado: Portuguesa

Finca: Morrocoy

Municipio: Páez

Localidad: Morrocoy

### Resultados

Cultivo para sembrar:	Arroz
Materia orgánica (%):	3.92
pH (relación 1:2):	7.2
Potasio (ppm):	66
Fósforo (ppm):	3
Conductividad eléctrica (ds/m):	0,025
Al intercambiable (meq/100 g suelo):	
Textura:	A.L.
% arena:	11.5
% arcilla:	45.2
% limo:	43.3
Variedad para sembrar:	Araure 4
Ciclo de siembra:	Invierno

F: Franco    A: Arcilla    a: Arena    L: Limo

### Análisis de suelos 3

Propietario: Miguel Saldivia

Fecha: 30 - 01 - 91

Estado: Portuguesa

Finca: La Esperanza

Municipio: Villa Bruzual

Localidad: Chispa

#### Resultados

Cultivo para sembrar:	Arroz
Materia orgánica (%):	4.43
pH (relación 1:2):	7.1
Potasio (ppm):	40
Fósforo (ppm):	7
Conductividad eléctrica (ds/m):	0.030
Al intercambiable (meq/100 g suelo):	
Textura:	A
% arena:	15
% arcilla:	60
% limo:	25
Variedad para sembrar:	Cimarrón
Ciclo de siembra: Arroz	Verano

F: Franco    A: Arcilla    a: Arena    L: Limo

## Análisis de suelos 4

Propietario: José Pérez

Fecha: 23 - 3 - 92

Estado: Guárico

Finca: El Potrero

Municipio: Calabozo

Localidad: Herrera

### Resultados

Cultivo para sembrar:	Arroz
Materia orgánica (%):	1.5
pH (relación 1:2):	5.3
Potasio (ppm):	40
Fósforo (ppm):	7
Conductividad eléctrica (ds/m):	0.010
Al intercambiable (meq/100 g suelo):	
Textura:	A.L.
% arena:	9.0
% arcilla:	46.5
% limo:	44.5
Variedad para sembrar:	Araure 4
Ciclo de siembra:Arroz	Verano

F: Franco    A: Arcilla    a: Arena    L: Limo

## Análisis de suelos 5

Propietario: Juan Figuera

Fecha: 26 - 11 - 91

Estado: Guárico

Finca: Angostura

Municipio: Calabozo

Localidad: Herrera

### Resultados

Cultivo para sembrar:	Arroz
Materia orgánica (%):	1.71
pH (relación 1:2):	5.3
Potasio (ppm):	103
Fósforo (ppm):	Trazas
Conductividad eléctrica (ds/m):	0.015
Al intercambiable (meq/100 g suelo):	
Textura:	A.
% arena:	12.3
% arcilla:	62.7
% limo:	25.0
Variedad para sembrar:	Cimarrón
Ciclo de siembra:	Invierno

F: Franco    A: Arcilla    a: Arena    L: Limo

## Ejercicio 3.1 - Información de retorno

### Planes de fertilización

No. de análisis	Cantidades de nutrientes para aplicar (kg/ha)			Cantidades de fertilizantes para aplicar (kg/ha)	Epoca de aplicación (kg/ha) de fertilizantes			
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O		Próxima a la siembra	20-25 DDS	40-45 DDS	55-60 DDS
1	120	60	30	260 kg/ha de Urea 130 kg/ha de SFT 50 kg/ha de KCl		86 130 50	86	86
2	90 - 120	120	80	De 200 kg/ha de Urea a 260 kg/ha de Urea 260 kg/ha de SFT 133 kg/ha de KCL	260 133	100 86	86	100 86
3	120	30	30	De 260 kg/ha de Urea a 300 kg/ha de Urea 65 kg/ha de SFT 50 kg/ha de KCL		86 100 65 50	86 100	86 100
4	120	80	80	260 kg/ha de Urea 174 kg/ha de SFT 133 kg/ha de KCL	174 133	86	86	86
5	150	80	60	326 kg/ha de Urea 174 kg/ha de SFT 100 kg/ha de KCL		108 174 100	108	108

## Análisis de suelos 1

Propietario: Antonio Prego

Fecha: 30 - 01- 91

Estado: Portuguesa

Finca: El Chaparral

Municipio: Araure

Localidad: Agua Blanca

### Resultados

Cultivo para sembrar:	Arroz
Materia orgánica (%):	3.74 Medio
pH (relación 1:2):	7.8 Alcalino
Potasio (ppm):	148 Alto
Fósforo (ppm):	14 Medio
Conductividad eléctrica (ds/m):	0.020
Al intercambiable (meq/100 g suelo):	
Textura:	F.A.L.
% arena:	12.8
% arcilla:	39.9
% limo:	47.3
Variedad para sembrar:	Araure 1
Ciclo de siembra:	Invierno

F: Franco    A: Arcilla    a: Arena    L: Limo

## Análisis de suelos 2

Propietario: Luis Ramírez

Fecha: 9 - 03- 92

Estado: Portuguesa

Finca: Morrocoy

Municipio: Páez

Localidad: Morrocoy

### Resultados

Cultivo para sembrar:	Arroz
Materia orgánica (%):	3.92 Medio
pH (relación 1:2):	7.2 Alcalino
Potasio (ppm):	66 Bajo
Fósforo (ppm):	3 Bajo
Conductividad eléctrica (ds/m):	0,025 Baja
Al intercambiable (meq/100 g suelo):	
Textura:	A.L.
% arena:	11.5
% arcilla:	45.2
% limo:	43.3
Variedad para sembrar:	Araure 4
Ciclo de siembra:	Invierno

F: Franco    A: Arcilla    a: Arena    L: Limo

### Análisis de suelos 3

Propietario: Miguel Saldivia

Fecha: 30 - 01 - 91

Estado: Portuguesa

Finca: La Esperanza

Municipio: Villa Bruzual

Localidad: Chispa

#### Resultados

Cultivo para sembrar:	Arroz
Materia orgánica (%):	4.43 Medio
pH (relación 1:2):	7.1 Acido
Potasio (ppm):	40 Alto
Fósforo (ppm):	7 Alto
Conductividad eléctrica (ds/m):	0.030 Baja
Al intercambiable (meq/100 g suelo):	
Textura:	A
% arena:	15
% arcilla:	60
% limo:	25
Variedad para sembrar:	Cimarrón
Ciclo de siembra:Arroz	Verano

F: Franco    A: Arcilla    a: Arena    L: Limo

## Análisis de suelos 4

Propietario: José Pérez

Fecha: 23 - 3 - 92

Estado: Guárico

Finca: El Potrero

Municipio: Calabozo

Localidad: Herrera

### Resultados

Cultivo para sembrar:	Arroz
Materia orgánica (%):	1.5 Baja
pH (relación 1:2):	5.3 Muy ácido
Potasio (ppm):	40 Bajo
Fósforo (ppm):	7 Bajo
Conductividad eléctrica (ds/m):	0.010 Baja
Al intercambiable (meq/100 g suelo):	
Textura:	A.L.
% arena:	9.0
% arcilla:	46.5
% limo:	44.5
Variedad para sembrar:	Araure 4
Ciclo de siembra:Arroz	Verano

F: Franco    A: Arcilla    a: Arena    L: Limo

## Análisis de suelos 5

Propietario: Juan Figuera

Fecha: 26 - 11 - 91

Estado: Guárico

Finca: Angostura

Municipio: Calabozo

Localidad: Herrera

### Resultados

Cultivo para sembrar:	Arroz
Materia orgánica (%):	1.71 Baja
pH (relación 1:2):	5.3 Acido
Potasio (ppm):	103 Medio
Fósforo (ppm):	Trazas Bajo
Conductividad eléctrica (ds/m):	0.015 Baja
Al intercambiable (meq/100 g suelo):	
Textura:	A.
% arena:	12.3
% arcilla:	62.7
% limo:	25.0
Variedad para sembrar:	Cimarrón
Ciclo de siembra:	Invierno

F: Franco    A: Arcilla    a: Arena    L: Limo

## **Resumen de la Secuencia 3**

La fertilización del arroz varía en las distintas zonas de cultivo, dado que los suelos son diferentes tanto en los Llanos Centrales como en los Llanos Occidentales de Venezuela. Una de las prácticas más eficientes para aumentar los rendimientos del arroz es una adecuada fertilización, cuya efectividad depende de la variedad sembrada y de las prácticas agronómicas adoptadas.

La baja fertilidad de los suelos arroceros constituye uno de los factores que limitan la obtención de altos rendimientos e implica entre un 20 y 30% de los costos totales de producción. Para lograr una adecuada fertilización del arroz es necesario conocer los requerimientos de las variedades, la eficiencia del fertilizante y las fuentes y épocas de aplicación de los principales nutrientes.

El análisis de suelos es una técnica para el diagnóstico de las características físicas y químicas de los suelos. La disponibilidad de fósforo y de potasio puede ser determinada por esta metodología y correlacionada con la respuesta del cultivo a la aplicación de fertilizantes. Teniendo en cuenta esta relación se pueden especificar las dosis más apropiadas para el cultivo del arroz.

## Evaluación final de conocimientos

### Orientaciones para el instructor

Al finalizar el estudio de la Unidad de Aprendizaje, el instructor 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 hacer esta evaluación:

1. El instructor revisará las respuestas de los participantes, asignará un puntaje y devolverá la prueba a éstos. Inmediatamente conducirá una discusión acerca de las respuestas. Este procedimiento se emplea cuando la intención del instructor es hacer una evaluación sumativa.
2. El instructor presentará las respuestas correctas a las preguntas, para que cada participante las compare con aquellas que él escribió. El participante se calificará y el instructor recogerá la información de los puntajes obtenidos por todo el grupo. Enseguida conducirá 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. Este procedimiento se utilizará cuando la intención del instructor es hacer una evaluación formativa.

Tanto de una manera como de la otra, el instructor deberá comparar el resultado obtenido en la exploración inicial de conocimientos con el de la evaluación final 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 usted 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: \_\_\_\_\_

Marque con una "X" la respuesta correcta:

1. El potasio es absorbido:
  - a. Hasta el máximo macollamiento
  - b. Al inicio de la formación de la panícula
  - c. A la floración
  - d. Durante todo el ciclo
  
2. De los nutrimentos señalados, los que se translocan en mayor cantidad al grano son:
  - a. Nitrógeno, potasio y calcio
  - b. Nitrógeno, fósforo
  - c. Fósforo, potasio y manganeso
  - d. Calcio, manganeso y potasio

3. El fósforo es absorbido por la planta
  - a. Lentamente hasta el inicio de la formación de la panícula
  - b. Rápidamente hasta el inicio de la formación de la panícula
  - c. Lentamente hasta la floración
  - d. Rápidamente hasta la floración
  
4. La concentración de hierro soluble en la solución del suelo
  - a. Aumenta con el tiempo de inundación
  - b. Disminuye después de la inundación
  - c. Permanece constante con la inundación
  - d. Aumenta durante las primeras semanas y luego disminuye
  
5. La concentración de fósforo soluble en suelos inundados
  - a. Disminuye con el tiempo de inundación
  - b. Permanece constante con el tiempo de inundación
  - c. Aumenta con el tiempo de inundación y se estabiliza
  - d. Disminuye inmediatamente con la inundación
  
6. Las épocas más importantes de aplicación del nitrógeno para incrementar los rendimientos en variedades de ciclo intermedio son:
  - a. A la siembra - a la floración
  - b. Al inicio del macollamiento - al máximo macollamiento
  - c. Al inicio del macollamiento - al inicio de la formación del primordio floral
  - d. Al máximo macollamiento - al inicio de la formación del primordio floral

7. El mayor suministro de nitrógeno para el arroz de riego proviene del:
  - a. Nitrógeno mineralizado de la materia orgánica del suelo cuando éste es inundado.
  - b. Amonio y nitrato presentes cuando el suelo es inundado.
  - c. Nitrógeno fijado por algas y bacterias.
  - d. Nitrógeno aplicado como fertilizante.
  
8. El momento adecuado para la aplicación de fósforo es:
  - a. En la siembra o antes del inicio del macollamiento
  - b. Al momento del máximo macollamiento
  - c. Al inicio de formación de la panícula
  - d. A la floración
  
9. La muestra de suelo debe estar constituida por:
  - a. Una submuestra por unidad de muestreo.
  - b. Una submuestra para varias unidades de suelo.
  - c. Varias submuestras por una unidad de muestreo.
  - d. Varias submuestras por varias unidades de muestreo.
  
10. Las muestras de suelo con fines de fertilidad en arroz pueden ser tomadas en:
  - a. Suelos inundados o secos
  - b. Suelos inundados o ligeramente húmedos
  - c. Suelos secos
  - d. Suelos secos o ligeramente húmedos.

11. Los resultados del análisis de rutina de suelos con fines de determinar su fertilidad indican:
- El grado de erosión
  - El tipo de estructura del suelo
  - La cantidad de nutrimentos disponibles a la planta
  - La cantidad de nutrimentos para aplicar
12. Debo aplicar 120 kg de nitrógeno/ha, por lo tanto usaré:
- 200 kg de Urea
  - 260 kg de Urea
  - 100 kg de Sulfato de Amonio
  - 350 kg de Nitrato de Amonio
13. Si deseo aplicar en el momento de la siembra 46 kg de nitrógeno, 20 kg de fósforo y 38 kg de potasio por hectárea, ¿cuál de las siguientes fórmulas resultaría más económica?
- 15 - 15 - 15
  - 19 - 19 - 19
  - 12 - 24 - 12
  - Urea + SFT + KCl

En el siguiente enunciado marque con una "V" si lo considera verdadero o con una "F" si lo considera falso.

**F    V**

14. El pH predominante en los suelos arroceros del Estado de Guárico es más ácido que el pH predominante en los suelos arroceros del Estado de Portuguesa.

15. Explique 5 funciones del nitrógeno en la planta de arroz.

---

---

---

---

---

16. Explique 5 funciones del fósforo en la planta de arroz. \_\_\_\_\_

---

---

---

---

---

17. Explique 5 funciones del potasio en la planta de arroz. \_\_\_\_\_

---

---

---

---

---

18. Explique una razón por la cual se requiere más nitrógeno en la fertilización de los suelos arroceros del Edo. Guárico. \_\_\_\_\_

---

---

---

---

---

19. Explique los cambios de la concentración del zinc cuando un suelo se inunda. \_\_\_\_\_

---

---

---

---

---

---

20. Indique los síntomas de deficiencia de potasio en la planta de arroz. \_\_\_\_\_

---

---

---

---

---

---

21. Señale los síntomas de deficiencia de fósforo en la planta de arroz.

---

---

---

---

---

---

22. Enumere tres diferencias entre los suelos de Portuguesa y los del Guárico

Portuguesa \_\_\_\_\_

---

---

Guárico. \_\_\_\_\_

---

---

23. En un suelo con 0.15 meq/100 g de potasio, 15 ppm de fósforo, 3% de materia orgánica, pH 6.5, si se desea sembrar la variedad de arroz Araure 4 en el ciclo de invierno, haga un plan racional de fertilización.

## Evaluación final de conocimientos - Información de retorno

1. d. Durante todo el ciclo.  
Esto se ha determinado en diversos ensayos con variedades de ciclo intermedio.
2. b. Nitrógeno y fósforo.  
El nitrógeno es traslocado al grano o absorbido directamente; el fósforo también se trasloca . Los demás elementos se traslocan muy poco al grano.
3. a. Lentamente hasta el inicio de la formación de la panícula.  
Esto se ha determinado en diversos ensayos con variedades modernas de ciclo intermedio.
4. d. Aumenta durante las primeras semanas y luego disminuye.  
Este aumenta por la reducción de  $Fe^{+++}$   $Fe^{++}$  el cual es más soluble y disminuye por la precipitación como hidróxido de hierro.
5. c. Aumenta con el tiempo de inundación y se estabiliza.  
Puesto que se presenta hidrólisis de fosfatos de hierro y aluminio, hay liberación del fósforo adsorbido por intercambio aniónico en la arcilla y por la solubilidad de hidroxil apatita.
6. c. Al inicio del macollamiento - al inicio de la formación del primordio floral.  
Ya que se aumenta el número de panículas, el número de granos/panículas, el tamaño y peso de granos y el llenado de los mismos.
7. d. Nitrógeno aplicado como fertilizante.  
Las cantidades de nitrógeno natural disponibles para la planta son inferiores a las que conforman las fuentes artificiales de nitrógeno.

8. a. En la siembra o antes del inicio del macollamiento.  
Es indispensable para la elongación de las raíces y formación de tallos (macollamiento).
9. c. Varias submuestras por una unidad de muestreo.  
Para que pueda ser representativa de la unidad de muestreo.
10. d. Suelos secos o ligeramente húmedos.  
Por la facilidad en el muestreo y los pocos cambios que pueden ocurrir en la misma hasta llegar al laboratorio.
11. c. La cantidad de nutrientes disponibles a la planta.  
El análisis de suelo es el método más apropiado para conocer los contenidos aproximados de nutrientes en el suelo.
12. b. 260 kg/ha de urea.
- |                |     |                  |
|----------------|-----|------------------|
| 100 kg de urea | --- | 46 kg nitrógeno  |
| X              | --- | 120 kg nitrógeno |
- X = 260 kg/ha
13. b. 19-19-19  
Es más económico de acuerdo con el contenido de nutrientes y el precio de venta.
14. "V" verdadero  
Porque son suelos más meteorizados y lavados.
15. a. Promueve el rápido crecimiento (incremento de altura y macollamiento).
- b. Incremento del número de tallos y tamaño de las hojas.
- c. Incremento del contenido de proteína en los granos.
- d. Forma parte de la molécula de la clorofila.
- e. Incrementa el llenado y número de granos/panícula

16. a. Estimula el desarrollo radicular.
  - b. Promueve la división celular, la floración y la maduración temprana.
  - c. Estimula el macollamiento.
  - d. Promueve buen desarrollo del grano.
  - e. Actúa en la fotosíntesis, respiración, almacenamiento, y transferencia de energía.
17. a. Favorece el macollamiento, tamaño y peso de los granos.
  - b. Incrementa la respuesta al fósforo.
  - c. Interviene en el cierre y apertura de los estomas.
  - d. Es vital para la fotosíntesis y el transporte de los productos de la fotosíntesis
  - e. Proporciona tolerancia de la planta a enfermedades y plagas.
18. Baja fertilidad natural. Bajo contenido de materia orgánica.  
Porque son suelos más meteorizados.
19. Disminuye su concentración en el suelo.  
Debido a la precipitación de hidróxidos de Zn y carbonatos de Zn.
20. • Presenta hojas cortas y colgantes.
  - Tallos delgados.
  - Poco crecimiento.
  - Presenta manchas marrones en las hojas bajas comenzando en las puntas hasta las hojas completas.
  - En estado avanzado las hojas bajas presentan senescencia temprana.
  - Manchas irregulares en las panículas.

21. • Plantas enanas.  
• Plantas con poco macollamiento.  
• Hojas cortas, angostas, erectas y de un color verde oscuro.  
• Las hojas jóvenes permanecen más sanas que las viejas.  
• Las variedades con pigmentos antocianínicos tienden a presentar hojas de color púrpura o rojizas.
22. Portuguesa    pH más alto. Los suelos presentan contenidos más altos de calcio.  
  
Guárico        Bases intercambiables bajas. Baja materia orgánica. Los suelos presentan contenidos más bajos en fósforo y potasio.
23. 260 kg de Urea  
130 kg de Superfosfato triple  
150 kg de Cloruro de Potasio  
Si fósforo = 15 ppm ; Potasio = 58 ppm  
Según la tabla de recomendaciones de fertilizantes debemos usar:  
260 kg de Urea + 130 kg de Superfosfato triple + 150 kg de cloruro de potasio.

# **Anexos**

## Anexos

	Página
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. Instrucciones para el establecimiento de la práctica 1.1 "Identificación de deficiencias y toxicidades en el cultivo del arroz" .....	A-14
Anexo 5. Claves para la determinación de deficiencias de nutrimentos en las plantas .....	A-16
Anexo 6. Precios de venta de fertilizantes .....	A-17
Anexo 7. Tablas de recomendaciones .....	A-18
Anexo 8. Diapositivas que complementan la Unidad .....	A-19
Anexo 9. 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 desempeño de los instructores 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>2</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 2). 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

3. 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	5	6	7	8	9	100%	Puntos	%	1	2	3	4	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	

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

---



---



---



---

\*Promedio de Instructores se indica con una línea roja

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

## **Anexo 4 Instrucciones para el establecimiento de la práctica**

### **1.1. "Identificación de deficiencias y toxicidades en el cultivo del arroz"**

La práctica de identificación de deficiencias y toxicidades en el cultivo del arroz, diseñada para esta Unidad, la constituye un ensayo sobre el elemento faltante e inducción de toxicidad sobre arena lavada. El procedimiento a seguir para establecer el ensayo se especifica a continuación:

1. Los tratamientos son los siguientes:

<b>Nº del matero</b>	<b>Tratamiento</b>
1	Testigo: Completo (con todos los nutrimentos)
2	Completo sin nitrógeno
3	Completo sin potasio
4	Completo sin fósforo
5	Completo más hierro
6	Testigo (sin ningún nutrimento)

2. El número de repeticiones debe coincidir con el número de grupos, para que cada grupo tenga un bloque completo de los tratamientos.
3. Los materos se deben lavar muy bien con agua y jabón, dándoles una última enjuagada con una solución débil de ácido clorhídrico.
4. La arena donde se establecerá el cultivo debe tener el mismo manejo que los materos.
5. Cada matero llevará una perforación en la base, donde se le colocará un tapón, dentro del tapón se colocará un tubo de vidrio al cual se le conectará una manguera de plástico de 5 a 10 mm de diámetro. Este dispositivo se usará para drenar las soluciones.
6. La arena se debe colocar dentro del matero dejando un borde de 5 a 10 cm sin arena.
7. Para la siembra se debe usar semilla pregerminada (24 h en agua, 24 h de incubación) y colocar diez semillas por matero.

8. A los diez días después de la siembra, se debe realizar un raleo dejando cuatro plantas por matero.
9. Las soluciones nutritivas se deben preparar antes del día de la siembra por medio de las combinaciones señaladas en el Cuadro A.1.
10. Antes de aplicar las soluciones nutritivas se deben regar las plantas con agua desionizada.
11. Las soluciones se deben aplicar una semana después de la siembra, de acuerdo con los tratamientos (300 cc de solución/matero).
12. Se deben aplicar las soluciones semanalmente hasta la presentación del ensayo.
13. La toxicidad causada por el hierro se debe inducir una semana antes de la presentación del ensayo, colocando una concentración del elemento de 200 ppm.

Cuadro A.1 Solución Hogland II; Composición de las soluciones nutritivas en  $\text{cm}^3$  por litro del nutrimento diluido.

Tratamientos	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	T	-N	-P	-K	-Ca	-Mg	-Fe	-Cu	-Zn	-Mn
1M $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$	4.0		4.0	5.0		4.0	4.0	4.0	4.0	4.0
0.05 M Ca ( $\text{H}_2\text{PO}_4$ ) <sub>2</sub>		10		10						
0.01 M Ca $\text{SO}_4$		200								
1M $\text{KH}_2\text{PO}_4$					1.0	1.0				
1M $\text{KNO}_3$	6.0		6.0		5.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0
0.5M $\text{K}_2\text{SO}_4$		5.0				3.0				
1M $\text{MgSO}_4$	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0					
1M $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$	1.0						2.0	2.0	2.0	2.0
1M ( $\text{NH}_4$ ) $\text{SO}_4$			0.5	0.5	0.5		1.0	1.0	1.0	1.0
1M $\text{NH}_4\text{NO}_3$					2.0					
Microelementos	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0

## Anexo 5 Claves para la determinación de deficiencias de nutrimentos en las plantas

Síntomas		Elemento Deficiente
A-	Hojas viejas o bajas de la planta principalmente afectadas, efectos localizados o generalizados.	
B -	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.	
C-	Plantas de color verde claro; hojas inferiores de color amarillo acercándose a un color marrón, café claro; tallos cortos y delgados si el elemento es deficiente en estados avanzados de crecimiento	Nitrógeno
CC-	Plantas verde oscuro, a menudo desarrollan un color rojo o púrpura; las hojas inferiores algunas veces amarillas. Secamiento dando un color marrón, café verdoso o negro. Tallos cortos y delgados si el elemento es deficiente en estados avanzados de crecimiento	Fósforo
BB-	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.	
C-	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	Magnesio
CC-	Hojas moteadas o cloróticas con manchas pequeñas y grandes de tejido muerto	
D-	Manchas pequeñas de tejido muerto, generalmente en el ápice y en medio de las venas, más marcadas al margen de las hojas. Tallos delgados.	Potasio
DD-	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.	Zinc
AA-	Hojas nuevas o yemas afectadas. Síntomas localizados.	
B-	Yemas terminales mueren después del apareamiento de distorsiones en el ápice o en la base de las hojas jóvenes.	
C-	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	Calcio
CC-	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	Boro
BB-	La yema generalmente queda viva. Marchitamiento o clorosis de las hojas jóvenes y de las yemas, con o sin áreas de tejido muerto. Las venas verde - claro o verde oscuro.	
C-	Hojas jóvenes permanentemente marchitas, sin manchamiento o clorosis marcada. Los vástagos o tallos no pueden mantenerse erectos en estados avanzados de deficiencia	Cobre
CC-	Hojas jóvenes no marchitas. Clorosis presente con o sin manchas de tejido muerto regado por toda la hoja.	
D-	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	Manganeso
DD-	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.	
E-	Hojas jóvenes con las venas y el tejido entre las venas de un color verde claro.	Azufre
EE-	Hojas jóvenes cloróticas. Las venas principales típicamente verdes. Tallos cortos y delgados.	Hierro

## Anexo 6 Precio de venta de los fertilizantes

Los precios máximos de venta al productor agrícola de los fertilizantes en Venezuela a partir del 16 de Septiembre de 1991, son los siguientes

	COMPOSICION	B\$/TM	B\$/SACO	GRANEL B\$/TM
<b>PRODUCTOS SIMPLES</b>				
Urea perlada	46% N	5.800.00	290.00	
Urea granulada	46% N	8.000.00	400.00	6.946.00
Sulfato de amonio	21% N-24% S	3.000.00	150.00	
Fosfato diamónico granulado	46% P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> -18% N	9.000.00	450.00	7.946.00
Superfosfato triple	46% P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	9.940.00	497.00	
Cloruro de potasio granulado	50% K <sub>2</sub> O	8.280.00	413.00	7.206.00
Sulfato de potasio granulado	50% K <sub>2</sub> O-17% S	13.220.00	661.00	12.166.00
Sulfato de magnesio:				
Monohidrato	27% MgO-22% S	11.980.00	599.00	
Heptahidratado	16% MgO-13% S	11.680.00	584.00	
Sulfato doble de potasio y magnesio	22% K <sub>2</sub> O-18% MgO 22% S	10.000.00	500.00	
<b>PRODUCTOS GRANULADOS</b>				
12-24-12 CP	N-P-K	9.000.00	450.00	
15-15-15 CP	N-P-K	8.440.00	422.00	
12-12-17 SP	N-P-K	12.300.00	615.00	
13-26-06 CP	N-P-K	8.000.00	400.00	
16-16-06 SP	N-P-K	10.420.00	521.00	
<b>MICROELEMENTOS</b>				
Sulfato de cobre	25% Cu-12% S	35.360.00	1.768.00	
Sulfato de hierro	19% Fe-11% S	9.720.00	486.00	
Sulfato de zinc	36% Zn-17% S	25.260.00	1.263.00	
Sulfato de manganeso	28% Mn	25.360.00	1.268.00	
Borax	11% B	19.560.00	978.00	
	19-19-19 Cp		8.670.00	
	23-00-30 Cp		8.500.00	
	15-30-15 Cp		9.100.00	
	22-11-22 Cp		8.710.00	
	22-22-11 Sp		10.020.00	
	15-30-15 Sp		10.530.00	
	15-15-15 Sp		11.100.00	
	23-23-11 Cp		8.920.00	
	17-17-24 Cp		8.840.00	
	ROCA FOSFATICA		4.460.00	
<b>PRECIOS SUJETOS A CAMBIO SIN PREVIO AVISO POR CUALQUIER DISPOSICION GUBERNAMENTAL QUE LOS AFECTE O POR VARIACIONES DEL MERCADO</b>				

NOTA: La tabla anterior está basada en la notación por óxidos:

P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O para conversiones a notación elemental, N, P y K use los siguientes factores de conversión:

$P = \frac{P_2O_5}{2.29}$	$K = \frac{K_2O}{1.29}$	$Ca = \frac{CaO}{1.4}$	$Mg = \frac{MgO}{1.69}$
$B = \frac{B_2O_3}{3.17}$	$Zn = \frac{ZnO}{1.25}$	$Mn = \frac{MnO}{1.29}$	$Cu = \frac{CuO}{1.25}$

## Anexo 7 Tablas de recomendaciones

### Instructivo de fertilización para arroz con riego, localidad y características de los suelos

Estado Guárico. Sistema de Riego Río Guárico, con especial aptitud para el cultivo

Dosis básica de nitrógeno: 120-150 kg/ha

Recomendaciones generales: expresadas como kg/ha de nitrógeno -  $P_2O_5^{2/}$ : $K_2O^{1/}$

P O T A S I O	FOSFORO			
	Rangos	Bajo	Medio	Alto
Bajo	120	-80-80	120	-60-80
	150		150	-80-80
Medio	120	-80-60	120	-60-60
	150		150	-30-60
Alto	120	-80-30	120	-60-30
	150		150	-30-30

Zonas arroceras del Estado Portuguesa (Turén, Acarigua y alrededores)

Dosis básica de nitrógeno: 120 kg/ha

Recomendaciones generales: expresadas como kg/ha de nitrógeno -  $P_2O_5^{2/}$ : $K_2O^{1/}$

P O T A S I O	FOSFORO			
	Rangos	Bajo	Medio	Alto
Bajo	120-120-80	120-60-80	120-30-80	
Medio	120-120-60	120-60-60	120-30-60	
Alto	120-120-30	120-60-30	120-20-30	

<sup>1/</sup> Kg de potasio = kg de  $K_2O$ /ha x 0.8298

<sup>2/</sup> Kg de fósforo = kg de  $P_2O_5$ /ha x 0.4367

## **Anexo 8 Diapositivas que complementan la Unidad**

### **Secuencia 1**

- 1.1 Cultivo de arroz sin deficiencias
- 1.2 Nutrientes extraídos por el cultivo del arroz
- 1.3 Completo menos nitrógeno vs. completo (en materos)
- 1.4 Completo menos nitrógeno vs. completo (raíz descubierta)
- 1.5 Cultivo con deficiencia de fósforo
- 1.6 Completo menos fósforo vs. completo (en materos)
- 1.7 Completo menos fósforo
- 1.8 Deficiencia de potasio
- 1.9 Completo menos potasio vs. completo (en materos)
- 1.10 Completo menos potasio vs. completo (raíz descubierta)
- 1.11 Completo menos magnesio vs. completo (en matero)
- 1.12 Completo menos magnesio vs. completo (raíz descubierta)
- 1.13 Deficiencia de hierro
- 1.14 Deficiencia de zinc
- 1.15 Distribución de los elementos en la planta de arroz

## Anexo 9 Transparencias para uso del instructor

1. Flujograma para el estudio de esta Unidad
2. Objetivo terminal
3. Exploración inicial de conocimientos - Información de retorno

### Secuencia 1

- 1.1 Flujograma de la Secuencia 1.
- 1.2 Funciones de los nutrimentos (nitrógeno, fósforo y potasio).
- 1.3 Absorción de nitrógeno, fósforo y potasio a través de las etapas de desarrollo de la variedad IR-36 (Fernández, 1978).
- 1.4 Absorción de elementos secundarios; calcio, magnesio y azufre (Perdomo *et al*, 1982).
- 1.5 Distribución del nitrógeno en la planta de arroz de la variedad IR-36 a través de las etapas de desarrollo (Fernández *et al*, 1978).
- 1.6 Distribución del fósforo en la planta de arroz de la variedad IR-36 a través de las etapas de desarrollo (Fernández *et al*, 1978).
- 1.7 Distribución del potasio en la planta de arroz de la variedad IR-36 a través de las etapas de desarrollo (Fernández *et al*, 1978).

### Secuencia 2

- 2.1 Flujograma de la Secuencia 2
- 2.2 Estado Guárico.
- 2.3 Características más importantes de los suelos arroceros del sistema de riego del río Guárico y zona de influencia.
- 2.4 Estado Portuguesa
- 2.5 Características más importantes de los suelos arroceros del Estado Portuguesa.

- 2.6 Concentración de oxígeno en las capas oxidadas y reducidas de un suelo inundado.
- 2.7 Efecto del cultivo sobre la dinámica del Eh en el nivel radical del suelo en Calabozo, sin fertilizante nitrogenado, en condiciones de invernadero.
- 2.8 Efecto del cultivo sobre la dinámica del pH en el nivel radical del suelo en Calabozo, tratado con 120 kg de nitrógeno/ha en forma incorporada en condiciones de invernadero.
- 2.9 Cinética de la conductividad eléctrica en las soluciones de cinco suelos inundados.
- 2.10 Cambios de la concentración de amonio en la solución de varios suelos después de la inundación.
- 2.11 Cambios de la concentración de hierro en la solución de varios suelos después de la inundación (Ponnamperuma, 1977).
- 2.12 Cambios de la concentración de manganeso en la solución de varios suelos inundados (Ponnamperuma, 1977).
- 2.13 Cambios de la concentración de fósforo en la solución de varios suelos después de la inundación.
- 2.14 Cambios en el tiempo en la concentración de zinc en la solución del suelo, en suelos inundados (Fuente: Soils and rice. IRRI, 1978).

### **Secuencia 3**

- 3.1 Flujograma de la Secuencia 3
- 3.2 Manejo de la fertilización en arroz
- 3.3 Eficiencia (Kg de arroz/kg de nitrógeno) de 60 kg de nitrógeno/ha aplicados en una sola dosis a diferentes épocas en tres variedades de arroz. IRRI, estación seca de 1974.
- 3.4 Forma como se debe muestrear utilizando un palán (A) y forma de muestrear utilizando un barreno (B).
- 3.5 Interpretación del análisis de suelos.
- 3.6 Procedimiento para estimar dosificación de fertilizantes en el cultivo de arroz.
- 3.7 Evaluación final de conocimientos - Información de retorno