

SB
191
K5
M586
V4

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

4

SUELOS Y FERTILIZACION EN EL CULTIVO DEL ARROZ EN COLOMBIA



030108

Alberto Frye
José E. Baquero
Jaime E. Carvajal
Manuel J. Villota

ICA - FEDEARROZ - CIAT
UNIVERSIDAD DEL TOLIMA
1991

SUELOS Y FERTILIZACION EN EL CULTIVO DEL ARROZ EN COLOMBIA

Autores:

Alberto Frye, Ing. Agr.
José E. Baquero, Ing. Agr.
Jaime E. Carvajal, Ing. Agr.
Manuel J. Villota, Ph.D.

Asesoría científica:

Luis A. León., Ph.D.
Carlos A. Flor., M. Sc.

Coordinación general:

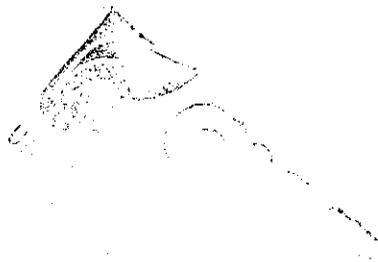
Vicente Zapata., Ed. D.
Elfas García., Ing. Agr.

Producción:

Yolanda Romero Freytes., Biól.
Lucy García S., Ing. Agr.

Diagramación:

Juan Carlos Londoño, Biól.



Frye C., Alberto ; Baquero P., José E. ; Carvajal G., Jaime E.; Villota, Manuel J. Suelos y fertilización en el cultivo de arroz en Colombia / asesoría científica: Luis A. León, Carlos A. Flor ; coordinación general, Vicente Zapata S., Elías García D. ; producción: Yolanda Romero F., Lucy García S.; diagramación: Juan Carlos Londoño. -- Cali, Colombia: Centro Internacional de Agricultura Tropical, 1991, ___p. Es. -- (Unidades de aprendizaje para la capacitación en tecnología de producción de arroz; 4)

Incluye 16 diapositivas col. y 50 transparencias en bolsillo.

Publicado en cooperación con el Banco Interamericano de Desarrollo, BID, el Instituto Colombiano Agropecuario, ICA, la Federación Nacional de Arroceros, FEDEARROZ, la Universidad del Tolima, UT.

1. Arroz -- suelos --análisis - Colombia. 2. Arroz -- Nutrición vegetal.
3. Arroz Suelos arroceros - Colombia. 4. Arroz -- Fertilización - Colombia. I. Frye C., Alberto. II. Baquero P., José E. III. Carvajal G., Jaime E. IV. Banco Interamericano de Desarrollo. V. Instituto Colombiano Agropecuario. VI. Federación Nacional de Arroceros. VII. Universidad del Tolima. VIII. Centro Internacional de Agricultura Tropical.

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. Manejo integrado de las malezas en el cultivo del arroz en Colombia.
2. Manejo integrado de insectos fitófagos en el cultivo del arroz en Colombia.
- 2.1 Manejo de roedores en el cultivo del arroz en Colombia
3. Principios básicos para el manejo integrado de las enfermedades del arroz en Colombia
5. Adecuación de suelos para el cultivo de arroz-riego en Colombia
6. El riego en el cultivo del arroz.

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	12
Objetivos terminal y específicos	19
 Aspectos básicos de la nutrición en el cultivo del arroz	
• Generalidades	1-9
• Funciones e importancia de los nutrientes en la planta de arroz	1-9
• Absorción y distribución de los nutrientes en la planta durante las etapas de desarrollo	1-13
• Requerimientos nutricionales del cultivo	1-18
• Síntomas de deficiencias o toxicidades nutricionales	1-20
Bibliografía	1-23
Práctica 1.1 Identificación de síntomas de deficiencias nutricionales en el cultivo del arroz.	1-26
Resumen de la Secuencia 1	1-32
 Características de los suelos arroceros en Colombia	
• Regiones arroceras de Colombia.....	2-11
• Características generales de los suelos arroceros	2-16
• Química de los suelos inundados	2-21

	Página
Bibliografía	2-36
Ejercicio 2.1. Propiedades de los suelos arroceros	2-39
Ejercicio 2.2. Química de los suelos inundados	2-42
Práctica 2.1. Toma y preparación de una muestra de suelo para análisis de laboratorio	2-45
Resumen de la Secuencia 2	2-51

Análisis de suelos y manejo de la fertilización en el arroz

• Análisis de suelos	3-11
• Eficiencia en el uso de fertilizantes	3-12
• Recomendaciones de fertilización y manejo de los fertilizantes	3-19
Bibliografía	3-53
Ejercicio 3.1 Eficiencia de los fertilizantes	3-58
Ejercicio 3.2 Fertilización nitrogenada	3-61
Ejercicio 3.3 Fertilización fosfórica	3-65
Ejercicio 3.4 Formulación de recomendaciones de fertilización	3-69
Resumen de la Secuencia 3	3-82
Evaluación final de conocimientos	3-83

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. Ensayo demostrativo para el diagnóstico nutricional del arroz en un suelo determinado	A-14

**Anexo 5. Clave para la determinación de deficiencias
de nutrimentos en las plantas A-19**

Anexo 6. Diapositivas que complementan la Unidad A-20

Anexo 7. Transparencias para uso del instructor A-21

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. Häbich

Director Asociado, Relaciones Institucionales

CIAT

Características de la audiencia

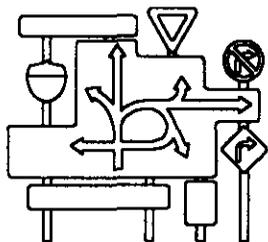


La presente Unidad de Aprendizaje está diseñada para capacitar en el cultivo de arroz con riego a los profesionales universitarios independientes o de instituciones públicas o privadas que se desempeñen como extensionistas, asistentes o asesores técnicos. Ellos poseen conocimientos generales sobre el 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.

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 beneficiarse significativamente 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 Colombia, 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 sus respectivos recursos metodológicos y materiales de apoyo, con el fin de facilitarle a la audiencia el aprendizaje. Para optimizar su utilidad sugerimos tener en cuenta las siguientes recomendaciones.

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

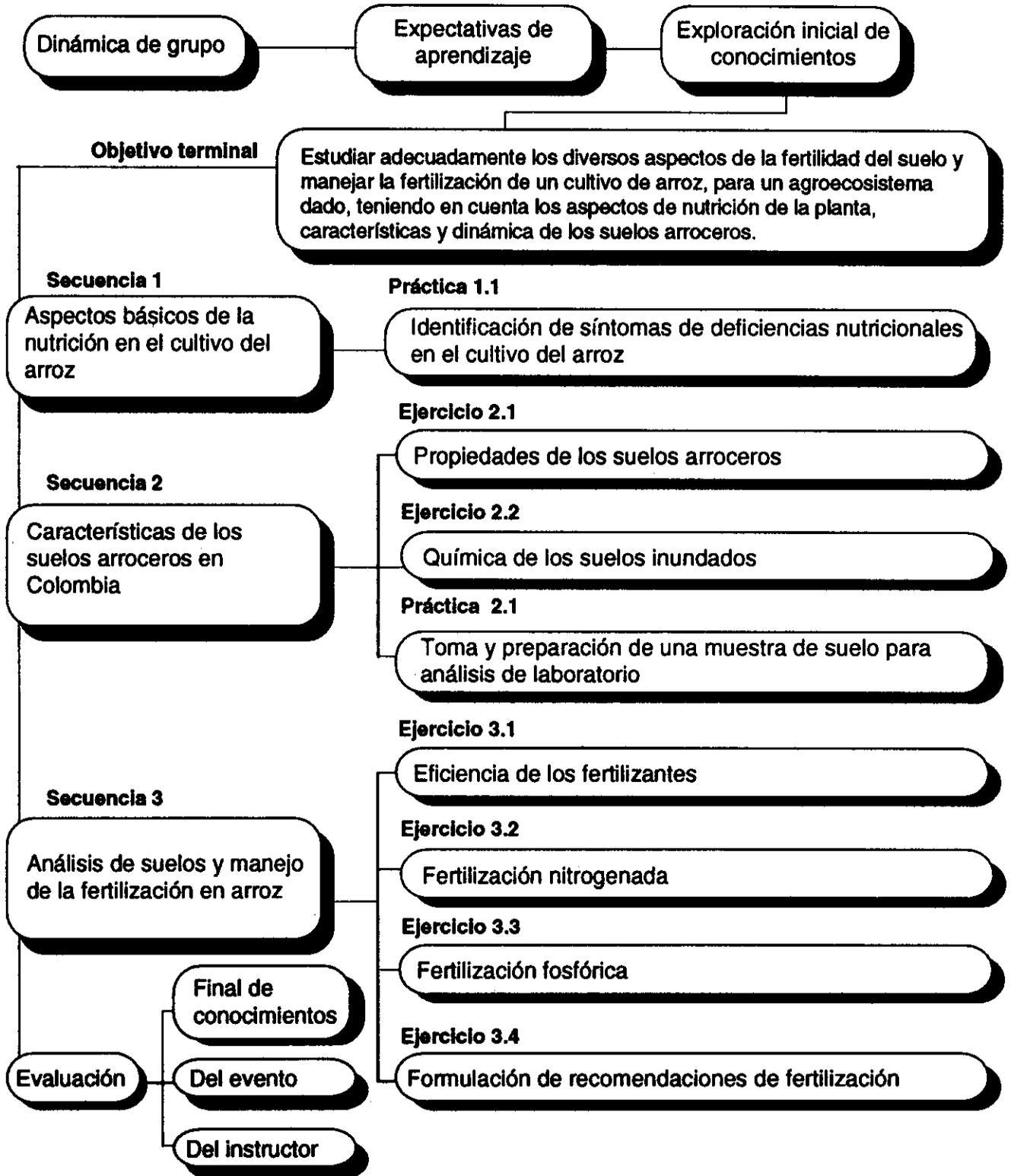
Durante el uso de la Unidad tenga siempre presente que los participantes en el curso son los protagonistas de su propio aprendizaje, por lo tanto, anímelos a participar activamente; revise continuamente el flujograma de actividades programadas y el tiempo que ha destinado para cada una con el fin de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

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

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

Después de usar la Unidad cerciórese de que todos sus elementos queden en buen estado y en el orden adecuado; obtenga información de retorno con respecto a su eficacia como instrumento de aprendizaje; responda a las inquietudes de la audiencia y haga las preguntas que considere convenientes. Insista en la consulta de la bibliografía recomendada y en la búsqueda de información más detallada sobre los temas del contenido que hayan despertado mayor interés en la audiencia. Finalmente, después de transcurrido el tiempo necesario, evalúe la forma en que se está realizando la evaluación de Suelos y Fertilización en el Cultivo de Arroz en Colombia 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 Unidad¹



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

Dinámica de grupo



Con el propósito de conocerse y lograr una mejor integración entre los participantes del evento, el instructor organizará una dinámica de grupo. Para tal efecto:

1. Se formarán grupos de 4 ó 5 personas de acuerdo con la primera letra del nombre del participante. En caso de quedar uno o varios participantes sin grupo por su letra inicial, o porque se completaron los grupos respectivos, se conformará otro grupo con ellos.
2. A nivel de grupo, cada integrante suministra información respecto a:

2.1 Desempeño en su trabajo

Nombre

Profesión, especialización

Entidad

Lugar donde trabaja

Campo, área, sección de trabajo

2.2 Experiencias personales en el cultivo (a criterio de los participantes)

Para la presentación en plenaria se pueden emplear dos sistemas:

- Uno de los integrantes presentará al grupo, y alguno del grupo dará información sobre el presentador.
- Un integrante del grupo presentará a un compañero y éste a su vez presentará a otro, y así hasta completar el grupo.

El instructor puede optar por otra forma de iniciación, especialmente cuando los participantes han compartido varios días en equipo u otro instructor ha realizado un ejercicio similar; también se puede prescindir de ella.

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 reúnase con sus compañeros de grupo, comparta con ellos las respuestas y nombren un relator para presentar las conclusiones del grupo.

Tiempo: 20 minutos

Nombre: _____

Fecha: _____

Edad: _____

Nivel académico: _____

Institución o Entidad: _____

Responsabilidad actual en su trabajo

- Investigación
- Extensión
- Docencia
- Administración
- Otros

1. ¿Qué espera usted lograr de este evento? _____

2. Indique las principales razones por las cuales usted asiste al desarrollo de esta Unidad _____

3. ¿Qué temas cree usted que se tratarán en esta Unidad? _____

4. ¿Espera usted que en esta Unidad se haga más énfasis en la teoría o en la práctica? _____

Expectativas de aprendizaje - Información de retorno

Orientación para el instructor

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

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

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

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

Exploración inicial de conocimientos



Instrucciones para el participante

Nombre: _____

Fecha: _____

Dispone de 20 minutos para resolver el cuestionario.

A continuación aparecen una serie de preguntas que se refieren a diferentes aspectos a tratar en este evento. No debe preocuparle si usted desconoce la respuesta acertada para algunas de ellas. Tan sólo deseamos que a través de esta prueba exploratoria usted se dé cuenta qué tanto conoce acerca del tema.

Una vez haya terminado de contestar el cuestionario, el instructor le hará conocer las respuestas correctas; usted las comparará con las que haya dado a cada pregunta y podrá aclarar sus dudas. Al final del evento usted recibirá una prueba final equivalente a ésta y podrá determinar el progreso logrado.

Marque con una "X" la respuesta correcta:

1. El N es un elemento fundamental en el proceso de:
 - a. Síntesis de proteínas
 - b. Formación de carbohidratos
 - c. Apertura y cierre de estomas
 - d. Transferencia de energía

2. Un síntoma visual característico de la deficiencia de P en la planta de arroz es:
 - a. Clorosis en las hojas jóvenes
 - b. Clorosis internerval en las hojas viejas
 - c. Color verde azulado en las hojas
 - d. Necrosis en el ápice de las hojas más viejas

3. De los siguientes elementos, el que en mayor proporción se transloca hacia el grano de arroz, es:
 - a. Mg
 - b. P
 - c. K
 - d. S

En cada uno de los siguientes numerales marque “V” si considera que es verdadero y “F” si es falso.

4. En relación con el pH del suelo y su variación por causa de la inundación se puede afirmar:
 - a. La temperatura incide en su variación
 - b. El contenido de materia orgánica incide en su variación
 - c. La estructura del suelo influye en su variación
 - d. En suelos con pH inicial alto su valor se incrementa
 - e. En un suelo con pH ácido su valor se incrementa

5. En la toma de muestra de suelo para análisis de laboratorio se puede afirmar lo siguiente:
 - a. Es necesario establecer unidades de muestreo
 - b. Es necesario que la muestra contenga más de dos kilos
 - c. Las submuestras deben provenir de una misma profundidad

- d. Debe evitarse tomar muestras cerca a caminos y canales
 - e. Sólo debe utilizarse el barreno o el tubo tomamuestra
6. De los siguientes numerales marque con "X" los que considere relacionados con situaciones que impliquen altas pérdidas de N en el cultivo de arroz con riego:
- a. Suelo de textura gruesa
 - b. Suelo de textura fina
 - c. Fertilización con fuentes nítricas
 - d. Fertilización con fuentes amoniacales
 - e. Aplicación inicial de dosis altas de N
7. De los siguientes numerales marque con X los que considere correctos.
- a. El arroz requiere de suelos que tengan alta capacidad de absorción y retención de agua, baja permeabilidad, moderada compactación.
 - b. En suelos sometidos a la acción continua del agua se incrementa la proporción de macroporos.
 - c. Para el cultivo del arroz seco, las estructuras finas a medias con poco desarrollo y poca estabilidad son las más apropiadas.
 - d. Se ha comprobado la tendencia del arroz a producir mayores rendimientos con densidades aparentes del suelo menores de 1.
 - e. En suelos ácidos, contenidos bajos de Fe y Mn favorecen la producción de arroz cuando estos son inundados.

8. Marque V si considera verdadero o F si considera falso

- a. La inundación continua de los suelos disminuye drásticamente el contenido de NH_4^+ y aumenta el de NO_3^-
- b. En suelos bajo inundación los nitratos se reducen a NO_2 , N_2O y N_2
- c. En suelos bajo inundación continua, las formas Fe^{+3} (Férricas insolubles) se reducen a Fe^{+2} (Ferrosas solubles)
- d. En suelos ácidos, la inundación aumenta el pH debido a la reducción de óxidos mangánicos e hidróxidos de hierro.
- e. El potencial de óxido-reducción en suelos inundados desciende bruscamente después de la inundación.

9. En relación con la toma de muestras de suelo para análisis de laboratorio, marque con V el numeral que considere verdadero y F el que considere falso.

- a. Una muestra compuesta es una mezcla de varias submuestras pequeñas.
- b. La clase de cultivo y el tiempo de explotación son factores ajenos para la toma de decisiones en el muestreo de suelos.
- c. El diseño de muestreo en “retícula fija” es recomendable para áreas con estudios muy detallados.
- d. La profundidad de muestreo debe ser diferente para poder dar mayor homogeneidad a la muestra.
- e. El método de muestreo en “zig-zag” es el menos indicado para cultivos comerciales de arroz.

10. ¿Qué importancia considera usted que tiene el análisis de suelos?



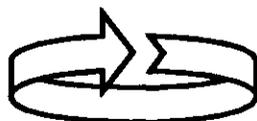
11. Marque con x la respuesta acertada

Una mayor fijación de P se presenta en:

- a. Suelos ácidos con arcillas 1:1 y alofánicos con altos niveles de Fe y Al
- b. Suelos con pH entre 5.5 y 7.0
- c. Suelos alcalinos con bajos niveles de Ca y CO_3 libre
- d. Suelos neutros con texturas finas.
- e. Todos los anteriores

12. ¿Qué información considera usted que se requiere para formular recomendaciones de fertilización a un cultivo de arroz? _____

Exploración inicial de conocimientos - Información de retorno



1. Síntesis de proteína
2. Color verde azulado en las hojas
3. P
4.
 - a. La temperatura incide en su variación
 - b. El contenido de materia orgánica incide en su variación
 - c. En un suelo con pH ácido, su valor se incrementa
5.
 - a. Es necesario establecer unidades de muestreo
 - b. Las submuestras deben provenir de una misma profundidad
 - c. Evitar el muestreo cerca de caminos y canales
6.
 - a. Suelo de textura gruesa
 - b. Fertilización con fuentes nítricas
 - c. Aplicación inicial de dosis altas de N
7. a c e
8. a F b V c V
 d V e V

9. a V b F c V
d F e F

10. Presenta información sobre el contenido de nutrientes aprovechables por las plantas y las características que pueden incidir sobre esta disponibilidad; indica la presencia de elementos o sustancias desfavorables o en exceso; indica la necesidad del uso racional de fertilizantes o correctivos y su manejo

11. a. Suelos ácidos con arcillas 1:1 y alofánicos con altos niveles de Fe y Al

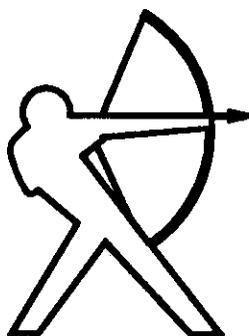
12. Análisis de suelo y niveles críticos, zona agroecológica, características del suelo (morfológicas, físicas), manejo anterior del suelo, agroecosistema, variedad, incidencia de enfermedades, plagas y vuelco, información experimental local, beneficio/costo. Información requerida para recomendaciones de fertilización a cultivo de arroz.

Objetivos

Objetivo terminal

Al finalizar el estudio de esta Unidad de Aprendizaje, los participantes deberán estar en capacidad de estudiar adecuadamente los diversos aspectos de la fertilidad del suelo y manejar la fertilización en un cultivo de arroz, para un agroecosistema dado, teniendo en cuenta los aspectos de nutrición de la planta, características y dinámica de los suelos arroceros.

Objetivos específicos

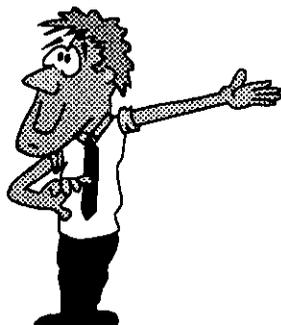


El objetivo terminal propuesto en esta Unidad se habrá logrado cuando los participantes estén en capacidad de:

- ✓ Enumerar por lo menos dos funciones que desempeñen en la planta los nutrimentos N, P, K y Mg.
- ✓ Identificar los síntomas visuales de las deficiencias nutricionales de N, P, K y Mg en una serie de plantas afectadas, en contraste con plantas normales, en condiciones de invernadero.
- ✓ Describir en forma escrita la absorción de los nutrimentos N, P y K por la planta de arroz, durante sus etapas de crecimiento y desarrollo.
- ✓ Enumerar por lo menos tres características edáficas de cada zona arrocera de Colombia.
- ✓ Enumerar por escrito por lo menos dos características físicas y dos químicas apropiadas para un suelo arrocero.
- ✓ Enumerar por escrito los cuatro principales factores que determinan el cambio del pH en un suelo inundado.
- ✓ Describir cuatro factores favorables y no favorables de la inundación en un cultivo de arroz en relación con la dinámica de los elementos en el suelo.
- ✓ Tomar en el campo una muestra de suelo para análisis de laboratorio.
- ✓ Reconocer las ventajas que tiene el análisis de suelos como uno de los recursos fundamentales para la toma de decisiones en la fertilización del cultivo.

- ✓ Mencionar situaciones que impliquen altas pérdidas de N en cada uno de los siguientes aspectos: características del suelo, fuentes, época de aplicación y manejo del riego.
- ✓ Mencionar situaciones que impliquen alta fijación de P en cada uno de los siguientes aspectos: características del suelo, fuentes, sistema de aplicación y agroecosistemas.
- ✓ Formular recomendaciones de fertilización con macronutrientes (N, P, K), para un cultivo de arroz dado (estudio de caso), precisando las dosis, fuentes, sistemas y épocas de aplicación, teniendo en cuenta los resultados del análisis de suelo, la variedad y la zona agroecológica.

Introducción



El arroz es una especie importante en la dieta alimenticia de la mitad de la población mundial, especialmente en las zonas densamente pobladas de los trópicos y subtrópicos.

La producción total de arroz en el mundo, sólo es superada por la del trigo, el cual es considerado como un alimento básico para la tercera parte de la humanidad. En Colombia este cereal es un alimento básico en la dieta de los colombianos, principalmente para las familias de bajos ingresos y de las zonas bajas tropicales a todo lo largo y ancho del país. El arroz aporta el 14.5% de las calorías y el 12.7% de la ingesta total de proteínas, además es una de las principales fuentes de carbohidratos en el país.

El área sembrada con este cultivo en Colombia es de 420.000 hectáreas aproximadamente, de las cuales cerca del 67% opera con el sistema de riego, el 27% en condiciones de secano favorecido y el 6% en secano manual. Uno de los factores que más incide en la producción de este cultivo es la fertilización, la cual se ha convertido en práctica indispensable para obtener máximos rendimientos por unidad de superficie cultivada. Sin embargo, el efecto positivo de la aplicación de fertilizantes depende de varios factores tales como ecosistemas, suelo, variedad, clima, entre otros y además requiere de componentes adecuados de tecnología agrícola; del conocimiento que se obtenga del manejo de cada uno de estos factores y su correspondiente interacción con los demás, podemos esperar los resultados en la obtención de una producción mayor en cantidad y calidad por unidad de área, con las ventajas que esto conlleva. En la presente Unidad se dan los fundamentos necesarios para una adecuada y eficiente capacitación a profesionales y técnicos del sector agrícola, en lo relacionado con el conocimiento del manejo de los suelos arroceros y la fertilización de este cultivo en Colombia.

Secuencia 1

Aspectos básicos de la nutrición en el cultivo del arroz

Contenido

	Página
Objetivos	1-7
• Generalidades	1-9
• Funciones e importancia de los nutrimentos en la planta de arroz	1-9
• Absorción y distribución de los nutrimentos en la planta de arroz durante las etapas de desarrollo	1-13
• Distribución del N	1-14
• Distribución del P	1-15
• Distribución del K	1-15
• Absorción y distribución de Ca, Mg y S	1-16
• Absorción y distribución de los micronutrimentos	1-17
• Absorción del Si	1-18
• Requerimientos nutricionales del cultivo	1-18
• Síntomas de deficiencias o toxicidades nutricionales	1-20
Bibliografía	1-24
Práctica 1.1 Identificación de síntomas de deficiencias nutricionales en el cultivo del arroz	1-26
• Objetivos	
• Recursos necesarios	
• Instrucciones	
• Hoja de trabajo	
• Información de retorno	
Resumen de la Secuencia 1	1-32

Flujograma Secuencia 1

Aspectos básicos de la nutrición en el cultivo del arroz

Objetivos

- Enumerar por lo menos dos funciones que desempeñan en la planta los nutrimentos N, P, K y Mg.
- Identificar los síntomas visuales de las deficiencias nutricionales de N, P, K y Mg en una serie de plantas afectadas, en contraste con plantas normales, en condiciones de invernadero.
- Describir la absorción de los nutrimentos N, P y K por la planta de arroz, durante las etapas de crecimiento y desarrollo de la planta.

Contenido

- Generalidades
- Funciones de los nutrimentos en la planta de arroz
- Absorción y distribución de los nutrimentos en la planta de arroz durante las etapas de desarrollo
- Requerimientos nutricionales del cultivo
- Síntomas de deficiencias nutricionales

Bibliografía

Práctica 1.1

- Identificación de síntomas de deficiencias nutricionales en el cultivo del arroz
- Objetivo
 - Recursos necesarios
 - Instrucciones
 - Hoja de trabajo
 - Información de retomo

Resumen Secuencia 1

Objetivos



Al finalizar el estudio de esta Secuencia el participante deberá estar en capacidad de:

- ✓ Enumerar por lo menos dos funciones que desempeñan en la planta los nutrimentos N, P, K y Mg.
- ✓ Identificar los síntomas visuales de las deficiencias nutricionales de N, P, K y Mg en una serie de plantas afectadas, en contraste con plantas normales, en condiciones de invernadero.
- ✓ Describir la absorción de los nutrimentos N, P y K por la planta de arroz, durante las etapas de crecimiento y desarrollo de la planta.

Generalidades

La siembra de variedades de alto rendimiento y el manejo adecuado de los cultivos permiten obtener mayor cantidad de grano por cada kilogramo de fertilizante aplicado, hasta un nivel óptimo de respuesta. El conocimiento de cómo los nutrimentos contribuyen a aumentar los rendimientos durante las etapas de desarrollo es importante porque permite un uso eficiente de los fertilizantes.

El rendimiento en grano de un cultivo de arroz está determinado por el número de panículas por unidad de área, por el número de espiguillas por panícula, por el tamaño de la cáscara y por el peso de los granos.

El número de panículas por unidad de área lo determina el número de hijos formados durante la etapa de macollamiento y el porcentaje de hijos efectivos, que se define unos 10 días después de la formación del primordio floral. El número de espiguillas por panícula y el tamaño de la cáscara (glumas) se establece durante la etapa de desarrollo de la panícula. El número de panículas por unidad de área, el número de espiguillas llenas por panícula y el peso del grano, están correlacionados con la cantidad de nutrimentos absorbidos por la planta durante sus etapas de desarrollo.

Las plantas con numerosas hojas en capacidad de intervenir en la fotosíntesis y con un óptimo suministro de nutrimentos en cada etapa de crecimiento, producen gran cantidad de carbohidratos durante las fases reproductiva y de maduración, lo que a su vez da como resultado un gran número de granos llenos por panícula.

Funciones e importancia de los nutrimentos en la planta de arroz

La mayor o menor cantidad de granos es el resultado de la relación entre la fotosíntesis y la respiración, actividades que están directa o indirectamente influenciadas por el contenido de nutrimentos. Para conocer un poco más los procesos en los cuales intervienen los nutrimentos, a continuación se describe en forma general la importancia y funcionalidad de éstos en la planta.

Nitrógeno (N)

Las plantas absorben la mayor parte del N en forma de iones de amonio (NH_4^+) o de nitrato (NO_3^-). La absorción directa de N puede ocurrir a través de las hojas; pequeñas cantidades de este nutriente son obtenidas de ciertos materiales como los aminoácidos solubles en agua. Con la excepción del arroz, la mayoría de los cultivos agrícolas absorben gran parte de su N en la forma de nitrato.

El N es necesario para la síntesis de la clorofila y, como parte de su molécula, tiene un papel en el proceso de la fotosíntesis. La falta de N y de clorofila significa que el cultivo no utilizará la luz del sol como fuente de energía para llevar a cabo funciones esenciales como la absorción de nutrientes. El N es también constituyente básico de las proteínas y un componente de las vitaminas y de los sistemas de energía de la planta.

Fósforo (P)

Las plantas absorben la mayor parte del P que necesitan, como ión ortofosfato primario (H_2PO_4^-); también absorben cantidades menores del ión ortofosfato secundario (HPO_4^-). El pH del suelo influye enormemente en la proporción en que estos iones son absorbidos por la planta. Otras formas de P también pueden ser utilizadas, pero en cantidades mucho menores que los ortofosfatos.

El P actúa en la fotosíntesis, respiración, almacenamiento y transferencia de energía, división celular, y alargamiento celular; promueve la formación temprana y el crecimiento de las raíces; es vital para la formación de las semillas. La concentración de P es más alta en la semilla que en ninguna otra parte de la planta madura.

El P ayuda a que las plántulas y las raíces se desarrollen más rápidamente; permite a las plantas soportar inviernos rigurosos; aumenta la eficiencia del uso de agua; acelera la madurez, lo cual es importante para la cosecha y para la calidad del cultivo.

Potasio (K)

El K es absorbido por las plantas en su forma iónica (K^+). Es esencial para el crecimiento de éstas, pero sus funciones exactas en ellas no son totalmente conocidas. A diferencia del N y del P, el K no forma compuestos orgánicos en la planta; su función primaria parece estar ligada al metabolismo de la misma.

El K es vital para la fotosíntesis, la cual disminuye cuando hay deficiencia de este nutrimento. A medida que el K se hace deficiente, la respiración de la planta aumenta. Estas dos condiciones -fotosíntesis reducida y aumento de la respiración- reducen los carbohidratos de la planta.

El K es esencial en la síntesis de proteínas y ayuda a la planta a hacer un uso más eficiente del agua, promoviendo la turgencia (rigidez producida por un suministro adecuado de agua en las células de las hojas) para mantener la presión interna de la planta. También es importante en la formación del fruto, en la translocación de metales pesados tales como el Fe y en el balance iónico. El K activa numerosos sistemas enzimáticos y controla su velocidad de reacción; además mejora la calidad del grano.

Elementos secundarios

Calcio (Ca)

El Ca estimula el desarrollo de las raíces y las hojas y forma compuestos que son parte de las paredes celulares. Esto fortalece la estructura de la planta; ayuda a reducir los nitratos en los tejidos vegetales; activa numerosos sistemas enzimáticos; neutraliza los ácidos orgánicos en las plantas e influye en los rendimientos en forma indirecta, al reducir la acidez de los suelos, mejorando condiciones de crecimiento de las raíces y estimulando la actividad microbiana, la disponibilidad de Mo y la absorción de otros nutrimentos.

Magnesio (Mg)

El Mg es un mineral constituyente de la clorofila de las plantas, de modo que está involucrado activamente en la fotosíntesis. La mayor parte del Mg de las plantas se encuentra en la clorofila; las semillas también tienen niveles relativamente altos de este elemento. El Mg ayuda en el metabolismo de los fosfatos, en la respiración de la planta y en la activación de numerosos sistemas enzimáticos.

Azufre (S)

El S es esencial en la formación de proteínas ya que hace parte de algunos aminoácidos, los cuales son los bloques de construcción de las proteínas. El S desarrolla enzimas y vitaminas y es necesario en la formación de clorofila, aunque no es un constituyente de ésta. Como regla general el S se encuentra bien distribuido en todos los tejidos de las plantas.

A diferencia del Ca y del Mg, que son absorbidos por la planta como cationes, el S es absorbido como anión (SO_4^-). También puede entrar en la planta por las hojas a través del aire como dióxido de S.

Micronutrientes

Boro (B)

El B es esencial en la germinación de los granos de polen y en el crecimiento del tubo polínico; también es esencial en la formación de las paredes celulares; forma complejos de azúcar-B asociados con la translocación del azúcar; es importante en la formación de proteínas.

La deficiencia de B por lo general atrofia la planta, comenzando con el punto de crecimiento y las hojas nuevas, lo cual indica que el B no es translocado en ella.

Cobre (Cu)

El Cu es necesario para formar la clorofila en las plantas y para promover procesos en ellas, aunque no haga parte de esos procesos o de los productos formados por sus reacciones.

Hierro (Fe)

El Fe es un catalizador que ayuda a la formación de la clorofila y actúa como portador de O; ayuda a formar ciertos sistemas enzimáticos respiratorios.

Manganeso (Mn)

El Mn funciona primordialmente como parte del sistema enzimático de la planta. El Mn activa numerosas e importantes reacciones metabólicas; desarrolla un papel directo en la fotosíntesis ayudando en la síntesis de clorofila; acelera la germinación y la madurez.

Molibdeno (Mo)

El Mo es necesario para la formación de la enzima, nitrato reductasa que reduce los nitratos a amonio en la planta; es vital para ayudar a las leguminosas a formar sus nódulos, los que a su vez son necesarios para la

fijación simbiótica del N. También es necesario para convertir las formas inorgánicas de P a formas orgánicas en la planta.

Zinc (Zn)

El Zn ayuda a las sustancias de crecimiento y a los sistemas enzimáticos de las plantas. Este elemento es esencial para promover ciertas reacciones metabólicas; es necesario para producir clorofila y para formar hidratos de carbono; no es translocado en la planta, de ahí que sus síntomas de deficiencia aparezcan primero en las hojas más jóvenes y en otras partes de la planta en crecimiento activo.

Silicio (Si)

Las funciones del Si en el crecimiento del arroz no son muy claras. Aunque los resultados de varios estudios difieren entre sí, parece que un incremento en la absorción de este elemento por parte de las plantas las protege de las infecciones de hongos y del ataque de insectos, mantiene erectas las hojas, disminuye tanto las pérdidas por transpiración como la absorción de Fe y Mn, e incrementa el poder oxidante de las raíces.

Absorción y distribución de los nutrimentos en la planta de arroz durante las etapas de desarrollo

El proceso de absorción de nutrimentos durante las diferentes etapas de crecimiento es una función de las propiedades del suelo, de la cantidad de fertilizante aplicado, de la variedad de arroz y del sistema de cultivo empleado. Se ha observado también que la capacidad de absorción de nutrimentos por las raíces de las plantas de arroz se adapta fácilmente a condiciones de crecimiento poco favorables, tal como lo demuestran experimentos efectuados a la sombra y a baja temperatura.

En el cultivo del arroz la absorción de P es lenta hasta cuando se inicia el primordio floral; posteriormente es un poco más rápida hasta poco después de la floración. El K es absorbido, dependiendo del crecimiento de la planta, hasta el final de la etapa lechosa del grano, momento en que alcanza el contenido en la planta.

El N es absorbido rápidamente durante las primeras etapas de desarrollo hasta el final del período vegetativo, decae ligeramente durante el estado de máximo macollamiento y diferenciación y vuelve a ser absorbido con rapidez hasta la etapa de grano pastoso. La Figura 1.1 muestra las curvas de absorción de N, P y K hasta el final de las etapas de desarrollo, de una planta de la variedad IR-36 bien fertilizada (130-40-40) que ha crecido en un suelo de Filipinas con adecuada disponibilidad de P y K.

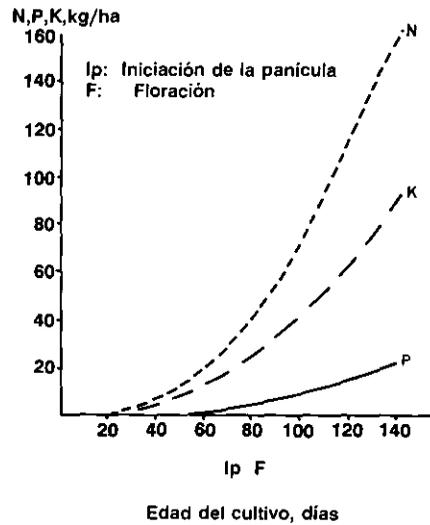


Figura 1.1. Absorción de N, P y K durante las etapas de desarrollo de la variedad IR-36 bien fertilizada (Fernández, 1978).

Distribución del N

La mayoría del N absorbido por las plantas es almacenado en la lámina y vainas de las hojas hasta la etapa de floración, momento en el cual se transloca rápidamente de todas las partes de la planta al grano. Aproximadamente la mitad del N almacenado en una planta bien fertilizada, va a los granos (Figura 1.2). La absorción del otro 50% del N contenido en el grano ocurre después de la floración.

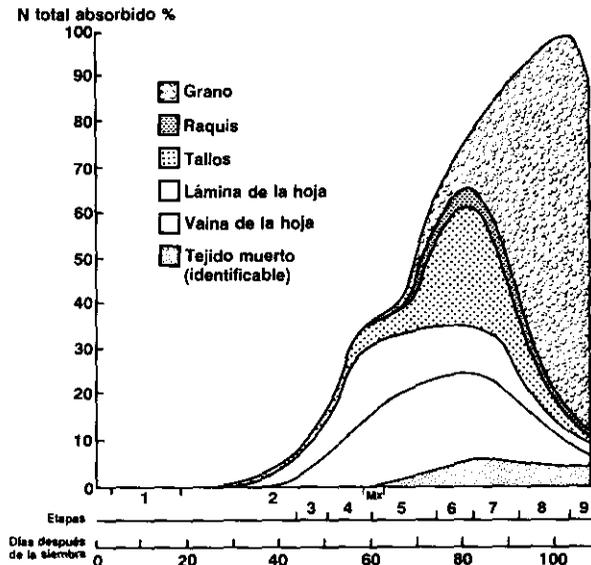


Figura 1.2. Distribución del N en una planta de arroz de la variedad IR-36 durante las etapas de desarrollo (Fernández, *et al.*, 1978).

Distribución del P

Cierta cantidad de P se acumula en las raíces y en las hojas hasta la iniciación de la panícula. A medida que el tallo se elonga, una cantidad considerable de P circula en el tejido vegetativo hasta la etapa de floración; de allí en adelante se transloca rápidamente a los granos donde se acumula alrededor del 75% del total del P tomado. Solamente 15% o menos permanece en la paja del IR-36 (Figura 1.3).

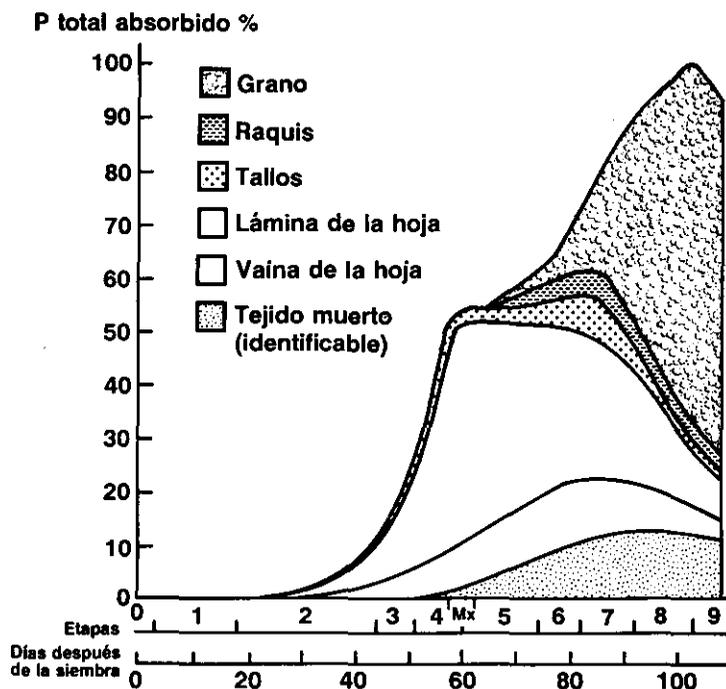


Figura 1.3. Distribución del P en una planta de arroz de la variedad IR-36 durante las etapas de desarrollo (Fernández, 1978).

Distribución del K

A diferencia del N y el P, sólo una pequeña cantidad de K, menos del 12% del total tomado por IR-36, va al grano. Este elemento se acumula en las partes vegetativas donde sirve para su formación y permanece en el tallo hasta la cosecha. Alrededor del 90% del K absorbido del suelo y de los fertilizantes, permanece en la paja y eventualmente regresa al suelo. Una pequeña cantidad del K de las vainas y las láminas se pierde después de la floración (Figura 1.4).

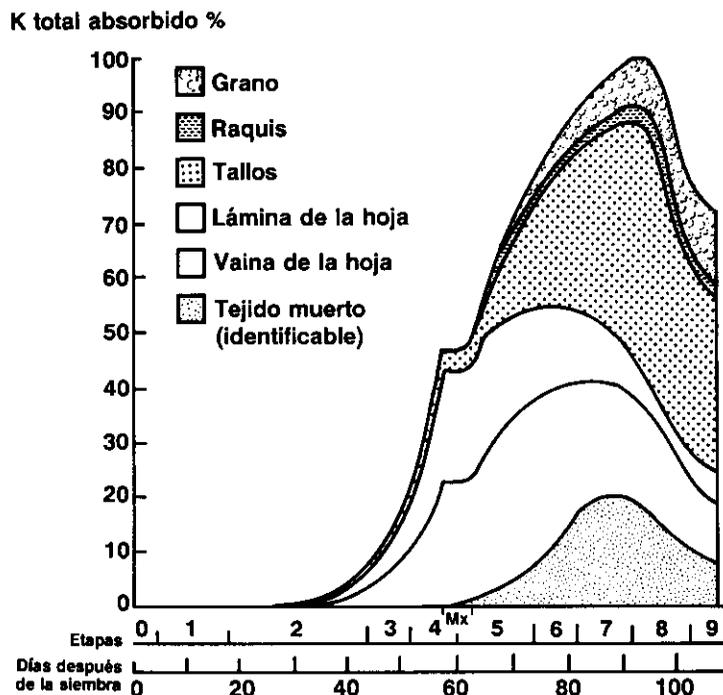


Figura 1.4. Distribución del K en una planta de arroz de la variedad IR-36 durante las etapas de desarrollo (Fernández, *et al.* 1978).

Absorción y distribución de Ca, Mg y S

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

En la Figura 1.5 se observa la absorción de Ca, Mg y S durante el período vegetativo en la variedad CICA-8. En la etapa de iniciación de la panícula el cultivo ha absorbido el 14.10% del total de Ca; de este período a la maduración absorbe el 85.90% restante. Respecto al Mg, la planta absorbe el 12.71% hasta la iniciación de la panícula y de esta época a la maduración el 87.28%. En cuanto al S, la planta absorbe el 24.2% del total hasta la etapa de iniciación del primordio floral y de esta etapa a la maduración el 75.8% (Perdomo, *et al.*, 1982).

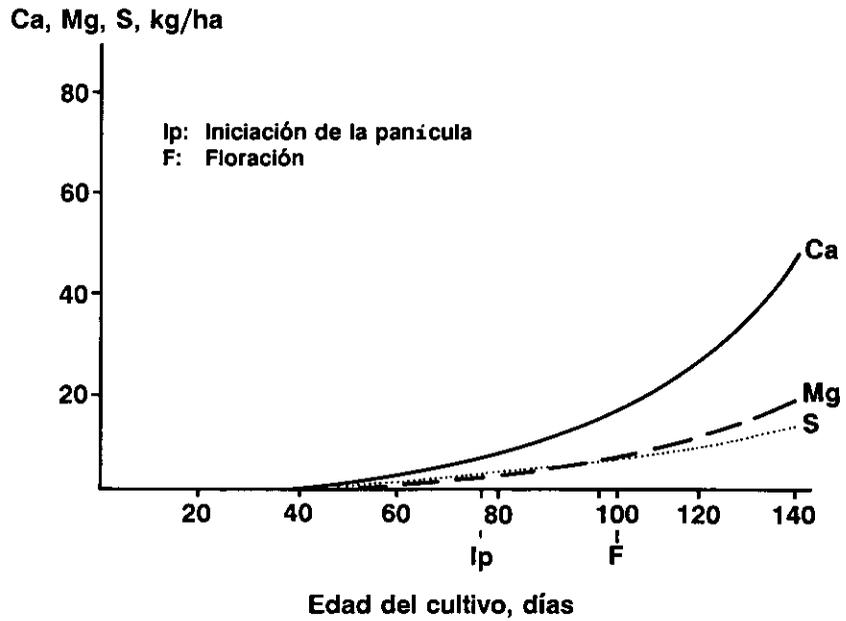


Figura 1.5. Absorción de elementos secundarios, Ca, Mg y S en la variedad CICA-8 (Perdomo, *et al*, 1982).

Absorción y distribución de los micronutrientos

Al igual que los elementos mayores y secundarios, los micronutrientos siguen una tendencia similar relacionada con la formación de materia seca; en la Figura 1.6 se observa cómo la planta absorbe el Fe, Mn, Zn, Cu y B durante las etapas de desarrollo del cultivo de arroz, variedad IAC-164.

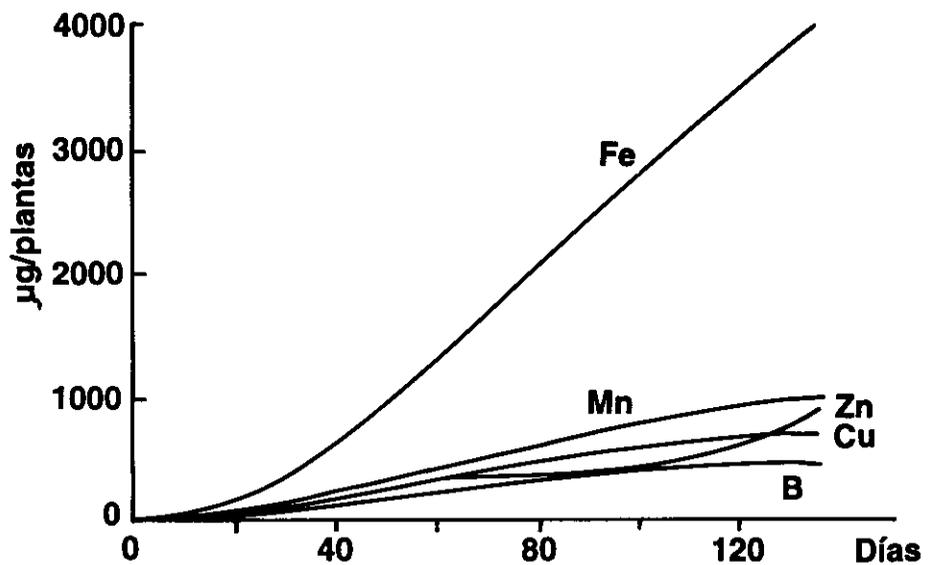


Figura 1.6. Absorción de micronutrientos en la planta de arroz variedad IAC-164 (Malavolta, 1978).

Absorción del Si

En el Cuadro 1.1 se observa el empleo de este elemento por el cultivo de arroz; su absorción es paralela al aumento de materia seca durante las diversas etapas de desarrollo del cultivo. La cantidad empleada de este elemento útil es mayor que la de los elementos esenciales; un alto contenido de sílice (SiO_2) en los suelos mejora la absorción de otros nutrimentos.

Requerimientos nutricionales del cultivo

Las plantas requieren de determinados elementos para su desarrollo, pero existen muy pocas referencias respecto a las cantidades exactas de nutrimentos que las plantas de cultivo requieren para su crecimiento óptimo. Sin embargo, se dispone del concepto de "valor límite" que fue desarrollado en los primeros estudios sobre nutrición vegetal a través del análisis de las plantas por Weinhold, Hellriegel, Heinrich y Wagner entre otros. En las últimas décadas este concepto fue utilizado en forma muy restringida, a diferencia del análisis de suelos que cada vez fue más empleado. Sólo en los últimos años el análisis vegetal ha sido reincorporado como una técnica útil para establecer los "valores límites" de desarrollo en la determinación de requerimientos de fertilizantes.

Cuadro 1.1. Absorción de Si por la variedad CICA 8 en un suelo del CIAT (Perdomo, *et al.*, 1982).

Edad de la planta (días)	Si (kg/ha)
15	0.30
30	2.43
45	8.12
60	17.89
75	40.48
90	92.24
105	paja panícula
	140.67
	<u>25.86</u>
	166.53
140	paja grano
	242.47
	<u>136.50</u>
	378.97

La Figura 1.7 muestra los cambios porcentuales en el contenido de nutrientes de la variedad IR-8 durante sus etapas de crecimiento.

El contenido de N, P y S en los órganos vegetativos es generalmente alto en las primeras etapas de crecimiento y luego decrece cuando la planta alcanza su madurez, en contraste con el Si, cuyo contenido aumenta.

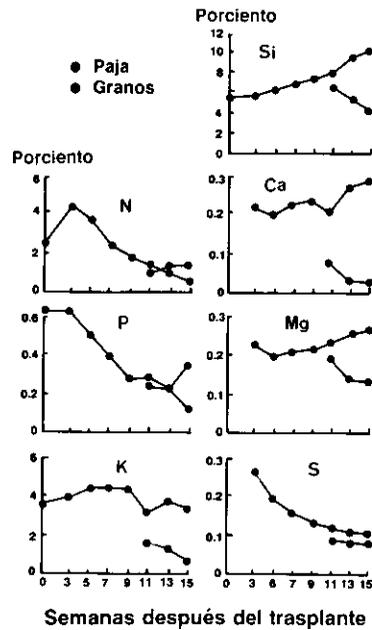


Figura 1.7. Contenido de macronutrientes y Si en diferentes estados de crecimiento de la variedad IR-8. IRRI 1968, estación seca (Yoshida, 1981).

El contenido de Ca en los órganos vegetativos va aumentando a medida que transcurren las etapas de crecimiento, mientras que disminuye en el grano durante su formación. Esta variación es igual a la del contenido de Mg y Si en la paja y en el grano. El contenido de Si en la paja es, a la madurez, casi el doble que en el estado de plántula, pero en el grano disminuye un 33%.

El contenido de N y P es generalmente mayor en la panícula que en la paja (hojas + tallos), mientras que los contenidos de K, Ca, Mg y Si son más altos en la paja; el de azufre es más o menos igual en ambas partes. A nivel general, en el cultivo del arroz existen 16 elementos considerados esenciales para el crecimiento y desarrollo de la planta; sin embargo, el N, el P y el K son requeridos en mayores cantidades. En el Cuadro 1.2 aparece la absorción de nutrientes por dos variedades de arroz, donde se observa que existe diferencia entre las variedades para obtener en mayor o menor grado un determinado nutriente.

Cuadro 1.2. Nutrimientos removidos del suelo por el arroz para producir 5 t/ha de grano.

Nutrimento	IR-8 (kg)	CICA 8 (kg)
N	94	135
P	26	18
K	177	75
Ca	16	40
Mg	19	15
S	9	11
Si	510	316

Fuente: Arroz: Investigación y producción. CIAT, 1985.1.5
Síntomas de deficiencias o toxicidades nutricionales

Síntomas de deficiencias o toxicidades nutricionales

En general, como síntoma se considera una señal de deficiencia o de toxicidad causada por un nutrimento o por una enfermedad. Se considera síntoma por anomalías nutricionales en las plantas superiores, toda desviación en su desarrollo cuando las comparamos con una planta normal.

La aparición de un síntoma comprende una serie de estadios en los cuales se presentan en forma simultánea varios de ellos. Puesto que en él se observan distintas características, no es posible determinar clara y totalmente cada alteración nutricional.

Básicamente pueden presentarse tres tipos de variaciones en la aparición de un síntoma:

- Variación en la coloración de la planta
- Variación en la forma de órganos aislados
- Variación del estado de la planta según su desarrollo.

Los síntomas visibles aparecen en la planta cuando hay deficiencia o toxicidad de algún nutrimento, o interferencia de otras sustancias tales como ácidos orgánicos, CO₂ y H₂S, entre otras.

La movilidad de los nutrimentos en la planta y la posición de la hoja en la que aparecen los síntomas de deficiencia están relacionadas. Cuando se trata de un nutrimento de poca movilidad, como el Ca y el Fe, por ejemplo, los síntomas normalmente aparecen en las hojas superiores. Por el contrario, cuando el elemento es móvil, los síntomas aparecen en las

hojas inferiores, debido a que el nutrimento ha sido translocado a las hojas superiores o al punto de crecimiento. El N, el P, el K y el S son ejemplos de nutrimentos móviles.

La clorosis, que es un síntoma de deficiencia, es diferente según el elemento que escasea; las deficiencias de K y Mg causan clorosis internerval, mientras que las de N y S producen clorosis total.

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

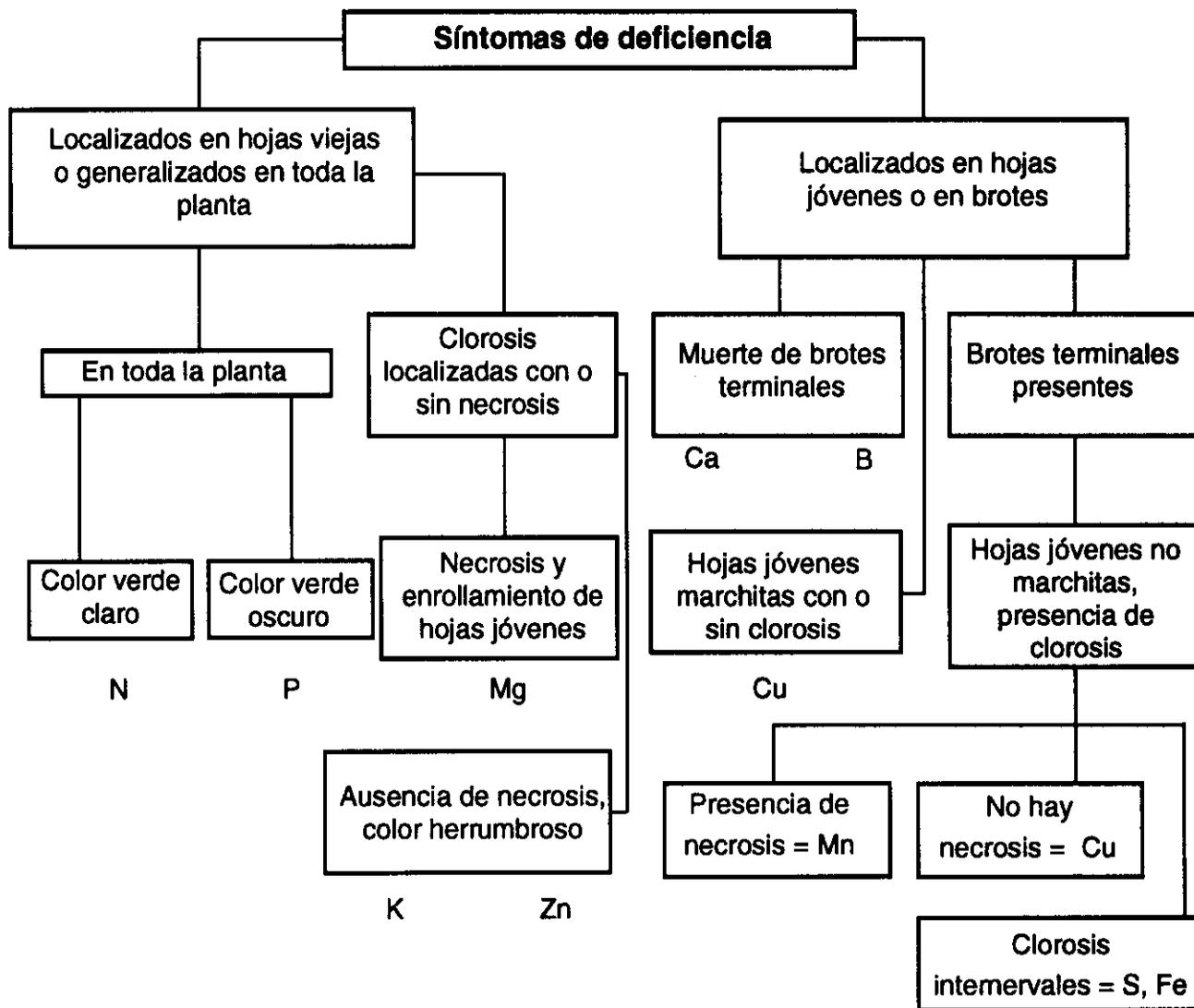
Las plantas con deficiencia de P son también raquílicas, con escaso macollamiento. Las hojas son angostas, cortas, erectas con un color verde-grisáceo opaco y su sistema radical es pobre. Las hojas jóvenes son sanas y las inferiores se tornan de color marrón y mueren. Si la variedad tiene tendencia a producir pigmentos antocianinos, las hojas pueden desarrollar un color púrpura o rojizo.

La deficiencia de K reduce el macollamiento y las plantas pueden sufrir de raquitismo moderado. A medida que las plantas crecen, las hojas inferiores toman un color verde amarillento entre las nervaduras. Con el tiempo, las hojas inferiores se tornan de color marrón y la coloración amarillenta pasa a las hojas superiores.

La deficiencia de S es similar a la de N y diferenciarlas visualmente es casi imposible. La deficiencia de calcio afecta muy poco la apariencia general de la planta, excepto cuando es aguda, en cuyo caso las yemas superiores se tornan de color blanco, enrolladas y encrespadas, la planta es raquílica y los puntos de crecimiento mueren.

La deficiencia de Mg, cuando 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 internerval ocurre en las hojas inferiores y se caracteriza por un color anaranjado.

A continuación se presenta una guía para la identificación de los síntomas de deficiencias nutricionales:



Algunas consideraciones importantes para tener en cuenta al realizar el diagnóstico de una deficiencia son:

Zona radical: El suelo debe estar preparado y ser lo suficientemente permeable para que las raíces crezcan y se alimenten adecuadamente. Suelos húmedos o mal drenados dan como resultado sistemas radicales superficiales.

Temperatura: Las temperaturas bajas del suelo disminuyen la descomposición de la materia orgánica. Esto afecta la disponibilidad de N y de otros nutrimentos. Los nutrimentos son menos solubles en suelos con temperaturas bajas y esto aumenta el potencial de deficiencia. El P y el K se difunden más lentamente en suelos con temperaturas bajas. La actividad radicular disminuye.

pH del suelo: En suelos ácidos se reduce la disponibilidad de Ca, Mg, S, K, P y Mo y se aumenta la disponibilidad de Fe, Mn, B, Cu y Zn. El N es más disponible en los suelos con pH entre 6,0 y 7,0.

Insectos: No debe confundirse el daño causado por los insectos con los síntomas de deficiencia. Se deben examinar las raíces, hojas y tallos para detectar daños causados por insectos, que puedan parecer o inducir una deficiencia de nutrimentos.

Enfermedades: Una observación cuidadosa mostrará las diferencias entre una enfermedad de la planta y una deficiencia de nutrimentos.

Contenido de humedad: En suelos secos se pueden desarrollar deficiencias de B, Cu y K. La sequía disminuye la movilización de los nutrimentos hacia las raíces.

Problemas de suelos salinos: En algunas zonas los suelos salinos y alcalinos se convierten en problemas cuando el nivel freático es alto y las aguas son salinas o cuando se usa agua de baja calidad para el riego. En regiones áridas o semiáridas, donde la precipitación es insuficiente para satisfacer las necesidades de evapotranspiración de las plantas y para efectuar algún grado de lavado de las sales acumuladas dentro de la zona radical, también se presentan problemas; los procesos de meteorización química, física y biológica de las rocas y de los minerales primarios no alterados de la corteza terrestre, que al descomponerse liberan sales, también contribuyen a la deficiencia presentada por estos suelos.

Interferencia de las malezas: Las malezas compiten con las plantas cultivadas por el agua, el aire, la luz y los nutrimentos. Algunas malezas pueden incluso producir sustancias que inhiben el crecimiento del cultivo.

Bibliografía

- BAQUERO, J.E. 1991. Fertilización del cultivo del arroz en Colombia. En: El cultivo del arroz. Curso Nacional. Villavicencio, Colombia, Instituto Colombiano Agropecuario, pp. 231-279.
- FAGERIA, N.J. 1976. Influence of potassium concentration on growth and potassium uptake by rice plants. *Plant and Soil* 44:567-573.
- FERNANDEZ, F.; VERGARA, B.S.; YAPIT, N.; GARCIA, O. 1978. Crecimiento y etapas de desarrollo de la planta de arroz. Cali, Colombia, Centro Internacional de Agricultura Tropical. 29 p. (mimeógrafo).
- FLOR, C.A. 1985. El diagnóstico de problemas en arroz y su aplicación a los problemas de fertilidad de suelos. En: Arroz, investigación y producción. Cali, Colombia, Centro Internacional de Agricultura Tropical. pp. 133-143
- GONZALEZ, J.; SAA, L.; TENORIO, G. 1980. Translocación del nitrógeno y desarrollo de la planta de arroz. *Nueva Agricultura Tropical*. 32(1):6-9.
- LEON, L.A.; ARREGOCES, O.; GONZALEZ J.; PERDOMO, M. 1981. Fertilización fosfórica del arroz. Guía de estudio. Cali, Colombia, Centro Internacional de Agricultura Tropical. 40 p.
- MALAVOLTA, E., *et al.* 1978. Nutrição mineral e adubação do arroz de sequeiro. Piracicaba S-P, Brasil, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz.
- NOSSA, E. 1980. Respuesta de la variedad CICA 8 (*Oryza sativa* L.) a las aplicaciones fraccionadas de nitrógeno en condiciones de campo. Palmira, Colombia, Universidad Nacional de Colombia.
- PERDOMO, M .A.; GONZALEZ, J. 1981. Arroz. Nutrición mineral 1970-1980. Cali, Colombia, Centro Internacional de Agricultura Tropical. Unidad de biblioteca y servicios de documentación. Bibliografía no.150. 151 p.
- PERDOMO, M.; GONZALEZ, J.; GARCIA, E.; DE GALVIS, Y.C. 1982. Nutrición mineral del arroz en las diferentes etapas de desarrollo de la planta. Variedad CICA 8. En: XIV Seminario COMALFI, Villavicencio, Colombia. 30 p.

POTASH PHOSPHATE INSTITUTE. 1988. Manual de fertilidad de los suelos. Quito, Ecuador. 85 p. (Primera impresión en español).

TISDALE, S.L.; NELSON, W.L. 1966. Soil fertility and fertilizer. 2ed. New York. McMillan. 694 p.

Práctica 1.1 Identificación de síntomas de deficiencias nutricionales en el cultivo del arroz

- Objetivo** ✓ Identificar y diferenciar visualmente las deficiencias nutricionales de los elementos N, P, K y Mg en una serie de plantas de invernadero, comparados con plantas testigo.
- Recursos necesarios**
- Hoja de trabajo
 - Instrucciones para los participantes
 - Clave para la determinación de deficiencias nutricionales en arroz (Anexo 5)
 - Fertilizantes (Anexo 4)
 - Invernadero
 - Materas
 - Paletas plastificadas
 - Semillas de arroz
 - Suelo
 - Agua destilada
 - Parafina
 - Marcadores
 - Regla de 40 cm
 - Cuchillas o tijeras
 - Balanza
- Instrucciones para el instructor**
- Para efectos de establecer esta práctica, se debe sembrar en materas, con 45 a 60 días de antelación, la variedad de arroz más utilizada en la zona. (Sembrar 10 semillas en cada matera).
 - Utilizando un sustrato neutro en cada matera, se inducen las deficiencias de N, P, K y Mg según las indicaciones del Anexo 4 (a cada matero se le asigna un número como clave).

- Con la ayuda de la “clave para las determinaciones de las deficiencias nutricionales” (Anexo 5) y la información de la parte instruccional, los participantes deben identificar los síntomas de deficiencias en las materas, usando la hoja de trabajo.
- Dependiendo de la zona de estudio se puede ampliar el número de tratamientos, incluyendo otras deficiencias y/o toxicidades de elementos. Esta práctica queda a criterio del instructor, y su principal propósito es el de orientar al participante sobre los problemas nutricionales en la zona de trabajo.
- La práctica se debe realizar entre los 45 y 60 días de sembrada la prueba. Para efectos de la información de retorno el instructor debe evaluar el material antes que se efectúe la práctica.

El tiempo requerido para el desarrollo de la práctica es de dos horas.

Práctica 1.1 Identificación de síntomas de deficiencias nutricionales en el cultivo del arroz

Instrucciones para el participante

- Para efectuar la práctica los participantes formarán grupos de cinco personas.
- En el invernadero se asignará una muestra de materos a cada grupo para su evaluación.
- Se debe evaluar el desarrollo de la planta, con referencia a una planta testigo con desarrollo normal.
- Utilizando el cuadro sintomatológico de deficiencia de la Hoja de trabajo 1, se deben evaluar las plantas en cada una de las materas.
- Identificar el elemento deficiente, utilizando la “Clave” del Anexo 5.
- Los grupos presentarán un informe oral y escrito sobre la práctica.
- El instructor hará la información de retorno correspondiente.

Evaluación del estado de desarrollo

Matera	B*	R*	M*
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			

* B = bueno; R = regular; M = malo

Cuadro sintomatológico de deficiencia en cada una de las materas

Síntoma	Promedio por matero							Testigo
	1	2	3	4	5	6	7	
Altura planta (cm)								
Tamaño de raíces (cm)								
Longitud de hoja (cm)								
Color de hojas superiores								
Color de hojas inferiores								
Número de macollas								
Elemento faltante								
Observaciones: _____								

Práctica 1.1 - Información de retorno

La información de retorno que aparece a continuación es hipotética, ya que los valores pueden variar dependiendo de factores tales como: edad del cultivo, variedad, tipo de suelo, etc., y por lo tanto es solamente una guía para el instructor.

Para presentar la información de retorno a los participantes, el instructor puede colocar, cuando la práctica haya terminado, la descripción del tratamiento en cada matero para que el participante la compare con sus propios resultados.

Estado de desarrollo

Matera	B*	R*	M*
1			X
2			X
3		X	
4		X	
5		X	
6		X	
7	X		

* B = bueno; R = regular; M = malo

Cuadro sintomatológico de deficiencia en cada una de las materas

Síntoma	Promedio por materia						
	1	2	3	4	5	6	Testigo
Altura planta (cm)	15	16	35	25	40	43	45
Tamaño de raíces (cm)	3	4	10	3	10	11	15
Longitud de hoja (cm)	8	9	20	8	18	22	25
Color de hojas superiores	Clorosis	Clorosis	Clorosis	Verde azul	Verde	Verde	Verde
Color de hojas inferiores	Necrosis	Necrosis	Clorosis	Verde azul	Clorosis naranja	Clorosis intervenal	Verde
# de macollas	1	1	2	1	3	4	5
Elemento faltante	T	- N P K	- N	- P	- K	- Mg	Completo
Observaciones: No se observan las deficiencias típicas en las planta							

Resumen de la Secuencia 1

El conocimiento de cómo contribuyen los nutrientes a aumentar los rendimientos a través de las etapas de desarrollo es importante, porque permite un uso eficiente de los fertilizantes; el proceso de absorción de los nutrientes a través de cada etapa es una función de las propiedades del suelo, de la cantidad del fertilizante aplicado, de la variedad de arroz y del sistema de cultivo.

Para comprender cómo la aplicación de un nutriente puede afectar en mayor o menor grado los rendimientos del cultivo, se describen en primer lugar las funciones principales de los macro y micronutrientes y posteriormente se reseñan los procesos de absorción y distribución, como también los requerimientos de macronutrientes y elementos secundarios, además del Si. De otra parte, se describen los síntomas característicos de la deficiencia de éstos en la planta de arroz, haciendo mayor énfasis en los macronutrientes.

Secuencia 2

Características de los suelos arroceros en Colombia

Contenido

	Página
Objetivos	2-9
• Regiones arroceras de Colombia	2-11
• Zonas arroceras y sus principales características	2-11
• Sistemas de producción	2-15
• Ecosistemas de riego	2-16
• Ecosistemas de secano mecanizado	2-16
• Características generales de suelos arroceros	2-16
• Morfología y propiedades físicas	2-16
• Textura	2-17
• Estructura y porosidad	2-17
• Densidad aparente y porosidad	2-18
• Propiedades químicas	2-19
• Reacción del suelo (pH)	2-19
• Capacidad de intercambio catiónico (C.I.C.)	2-19
• Salinidad	2-20
• Potencial de oxido-reducción (Eh)	2-20
• Disponibilidad de nutrimentos	2-21
• Química de los suelos inundados	2-21
• Efectos primarios	2-22
• Difusión del O	2-22
• Capas oxidadas y reducidas de un suelo inundado ..	2-23
• Cambios físico-químicos	2-24
• Cambios del pH	2-24
• Disminución del potencial redox	2-25

	Página
• Aumento de la conductividad eléctrica.....	2-26
• Cambios químicos.....	2-26
• Transformaciones del N.....	2-27
• Reducción del Mn y del Fe.....	2-28
• Disponibilidad de P.....	2-29
• Toma de muestras de suelo.....	2-30
• Requisitos de la muestra.....	2-30
• Unidades de muestreo.....	2-31
• Distribución de las submuestras en el terreno.....	2-34
• Sitios inadecuados para el muestreo.....	2-34
• Profundidad de muestreo.....	2-34
• Forma de muestrear.....	2-35
• Empaque de las muestras.....	2-35
• Identificación de las muestras.....	2-35
Bibliografía.....	2-36
Ejercicio 2.1. Propiedades de los suelos arroceros.....	2-39
• Objetivo	
• Recursos necesarios	
• Instrucciones	
• Hoja de trabajo	
• Información de retorno	
Ejercicio 2.2. Química de los suelos inundados.....	2-42
• Objetivos	
• Recursos necesarios	
• Instrucciones	
• Hoja de trabajo	
• Información de retorno	

Flujograma Secuencia 2

Características de los suelos arroceros en Colombia

Objetivos

- Enumerar por lo menos tres características edáficas de cada zona arrocera de Colombia.
- Enumerar por lo menos dos características físicas y dos químicas apropiadas para un suelo arrocero.
- Enumerar los cuatro principales factores que determinan el cambio del pH en un suelo inundado.
- Describir cuatro factores favorables y no favorables de la inundación en un cultivo de arroz en relación con la dinámica de los elementos en el suelo.
- Tomar en el campo una muestra de suelo para análisis de laboratorio.

Contenido

- Regiones arroceras de Colombia
- Características generales de suelos arroceros
- Química de los suelos inundados
- Toma de muestras de suelo

Bibliografía

Ejercicio 2.1

Propiedades de los suelos arroceros

Ejercicio 2.2

Química de los suelos inundados

Práctica 2.1

Toma y preparación de una muestra de suelo para análisis de laboratorio

Resumen Secuencia 2

Objetivos



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

- ✓ Enumerar por lo menos tres características edáficas de cada zona arrocera de Colombia.
- ✓ Enumerar por lo menos dos características físicas y dos químicas apropiadas para un suelo arrocero.
- ✓ Enumerar los cuatro principales factores que determinan el cambio del pH en un suelo inundado.
- ✓ Describir cuatro factores favorables y no favorables de la inundación en un cultivo de arroz en relación con la dinámica de los elementos en el suelo.
- ✓ Tomar en el campo una muestra de suelo para análisis de laboratorio.

Información

Regiones arroceras de Colombia

De acuerdo con los datos del primer Censo Nacional Arrocerero (1989), en Colombia se siembran aproximadamente 420.000 ha de arroz de las cuales el 67% se produce en el sistema de riego, el 27% en condiciones de secano favorecido y el 6% en secano manual. Esta área se encuentra distribuida en cuatro grandes zonas del país que son:

Zona	Departamento
Oriental	Orinoquia y Amazonia
Centro	Tolima, Huila, Boyacá y Cundinamarca
Norte	Norte de Antioquia, Córdoba, Sucre, Bolívar, Cesar, Guajira, Santander y Norte de Santander
Occidental	Chocó, Valle, Cauca y Nariño

Zonas arroceras y sus principales características

La capacidad de los suelos para suministrar nutrimentos en cada una de las zonas productoras de arroz es variable debido a los materiales originales, a los procesos y factores formadores de éstos y a los usos y manejos aplicados al suelo a través del tiempo. Esto hace que en muchos casos dentro de la misma área se presenten diferencias en la disponibilidad de nutrimentos por parte del suelo para la planta de arroz.

A nivel general, la zona que mayores limitaciones nutricionales presenta es la de los Llanos Orientales, específicamente en los suelos con riego (terrazas medias y bajas) donde existe una baja fertilidad y altos contenidos de Al y Fe, que pueden llegar a niveles tóxicos. En la zona Central y en la Occidental se encuentra la mayor parte del área arroceras en condiciones de riego, con diferentes tipos de suelos y manejo del cultivo; la zona Norte presenta los sistemas de riego y de secano.

Los tipos de suelos predominantes en las zonas arroceras del país proceden de formaciones aluviales, presentando mesetas, colinas y terrazas, con ocurrencia de climas secos y húmedos; muestran desde una fertilidad baja (Zona Oriental) hasta una fertilidad moderada a alta (Zonas Norte y Centro).

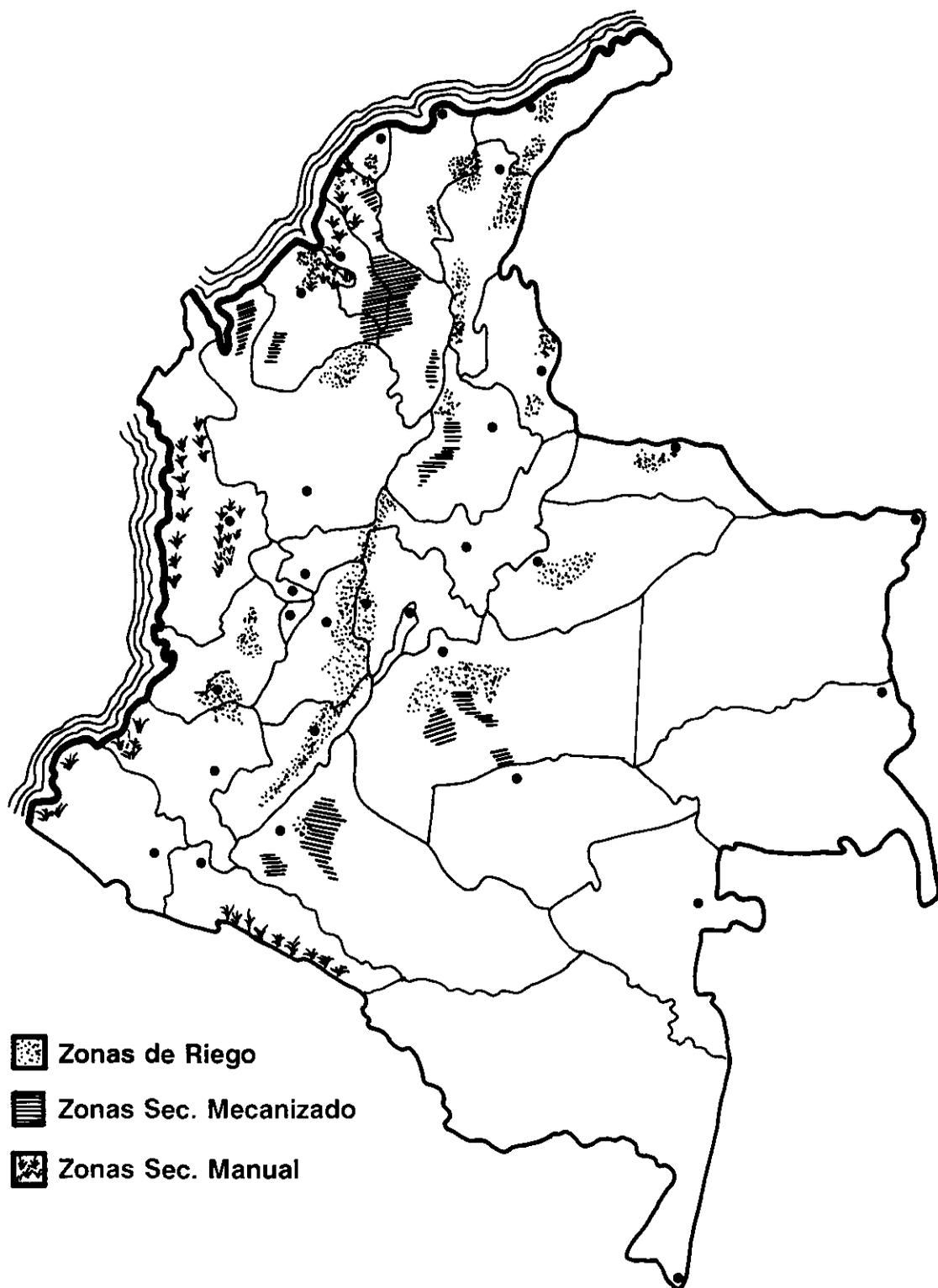


Figura 2.1. Zonas arroceras de Colombia.

Las principales características agroecológicas de las zonas arroceras se describen a continuación:

Zona Oriental: Area agroecológica homogénea (kd); tierras aluviales de relieve plano, con pendientes menores del 3%; suelos (Tropepts, Fluvents, Orthox) formados a partir de materiales sedimentarios, superficiales a moderadamente profundos, de fertilidad baja a moderada; localmente están afectados por inundaciones ocasionales, pedregosidad; su textura es variable y presentan algunos problemas de compactación, alta mineralización de materia orgánica y bajo contenido de fósforo.

Zona Centro: Area agroecológica homogénea (Cj); tierras de planicies aluviales y coluvio-aluviales; relieve ligeramente ondulado; suelos (Fluvents, Orthents, Tropepts, Ustersts, Ustalfs, Ustolls) desarrollados a partir de materiales sedimentarios, superficiales a profundos, generalmente bien drenados y de fertilidad moderada a alta, con problemas de erosión y compactación; existen suelos calcáreos localizados y problemas de micronutrientes en forma localizada.

Zona Norte: Area agroecológica homogénea (Cj, Cu); tierras aluviales y planicies coluvio-aluviales; relieve plano a ligeramente ondulado; suelos (Fluvents, Tropepts, Ustersts, Uderts) derivados en general de materiales sedimentarios, con baja a moderada evolución, bien drenados y de fertilidad moderada a alta, algunos presentan alta acidez; hacia la parte oriental se presentan problemas de micronutrientes y bajo contenido de materia orgánica.

Zona Occidental: (Cv) Los suelos (Orthents, Tropepts) en el cañón del río Cauca, derivados de materiales heterogéneos, tienen muy baja evolución, son superficiales a muy profundos, bien drenados, de baja y alta fertilidad, susceptibles a la erosión (Kc y Kd); tierras aluviales de relieve plano con pendientes menores del 3%, poco evolucionadas, algunas mal drenadas (Aguents, Aquepts), otras bien drenadas (Tropepts, Fluvents, Orthox), superficiales a moderadamente profundas y de fertilidad muy baja a moderada, afectadas por inundaciones temporales, algunas con problemas de captación y exceso de sales.

El potencial de fertilidad de las principales zonas productoras de arroz se muestra en el Cuadro 2.1. Se presentan datos sobre la distribución porcentual de los valores de pH, P, K y de la relación Ca/Mg, en los suelos de los principales departamentos productores de arroz. No se incluyen los datos de materia orgánica debido a que no han sido establecidos sus niveles críticos para este sistema de cultivo.

Cuadro 2.1. Distribución porcentual de los valores de pH, P, K y de la relación Ca/Mg en los suelos de los departamentos productores de Arroz.

Departamentos	pH			P			K			Ca/Mg		
	B	M	A	B	M	A	B	M	A	B	M	A
Bolívar	33	66	1	22	29	49	51	18	31	20	80	0
Cesar	18	70	12	19	22	59	77	15	8	3	46	51
Córdoba	24	75	1	58	26	16	57	20	23	13	87	0
Huila	20	74	6	36	15	49	81	9	10	0	58	42
Magdalena	14	83	3	11	16	73	85	7	8	67	0	33
Meta	89	10	1	65	22	13	93	3	4	27	30	43
N. Santander	26	68	6	33	32	35	89	11	0	17	25	58
Tolima	8	78	14	38	26	36	74	14	12	1	52	47
Valle del Cauca	25	60	15	49	15	36	55	10	35	15	77	8

Con el fin de interpretar el cuadro anterior se presentan los rangos críticos establecidos para los elementos considerados.

Las características de los suelos, según análisis efectuados en el período 1965 -1978, se agruparon de acuerdo con las siguientes escalas de valores:

- a. pH:
(en agua relación 1:1)
 - Bajo (B) Menor o igual a 5.5
 - Medio (M) Entre 5.6 - 7.3
 - Alto (A) Mayor de 7.3
- b. Fósforo:
(P)
(Bray II)
 - Bajo (B) Menos de 10 ppm
 - Medio (M) Entre 10 y 20 ppm
 - Alto (A) Más de 20 ppm
- c. Potasio:
(K)
(Intercambiable)
 - Bajo (B) Menos de 0.15 meq/100 g
 - Medio (M) Entre 0.15 y 0.30 meq/100 g
 - Alto (A) Más de 0.30 meq/100 g
- d. Relación Ca/Mg
(Intercambiable)
 - Bajo (B) Menor o igual a 1
 - Medio (M) Entre 1.1 y 3.0
 - Alto (M) Mayor de 3.0

Del anterior cuadro se concluye que:

- **pH:** En todas las zonas arroceras, con excepción del Meta, predominan los valores medios (pH 5.6 a 7.3). En el Meta, ocurren con mayor frecuencia los suelos de pH bajos (menores o iguales a 5.5).
- **P:** Sólo en los departamentos del Cesar y Magdalena predominan los suelos de contenido alto en P; en el Meta y Córdoba los de contenido bajo; en Bolívar y Huila los de medio a alto; en Tolima y Valle del Cauca los de medio a bajo y en el Norte de Santander se presenta una distribución similar para las tres categorías.
- **K:** En todos los suelos arroceros del país predominan los de bajo contenido de K disponible.
- **Relación Ca/Mg:** Los departamentos que presentan relaciones Ca/Mg baja son: Magdalena, Bolívar, Meta, mientras Norte de Santander, Cesar, Tolima y Huila presentan los valores más altos.

Las anteriores apreciaciones pueden variar dentro de los mismos departamentos debido principalmente al manejo dado a los suelos a través del tiempo; por esta razón es necesario recurrir al análisis de suelos para un lote determinado, tarea que permitiría tener un criterio más específico.

Sistemas de producción

Las variedades de arroz se comportan en forma diferente en los distintos sistemas de producción. El término “Sistema de producción” se sustituye por el de “Ecosistema”, el cual comprende todas las interacciones de una variedad con el medio ambiente, el clima y el suelo, las prácticas de cultivo y los agentes biológicos que la afectan: patógenos, plagas y malezas.

Se sabe que las variedades apropiadas para el cultivo de secano no lo son para arroz con riego y que las variedades de riego, con pocas excepciones, no se adaptan bien en condiciones de secano. De igual manera una variedad de secano de Costa Rica, no tendría valor en cultivo de secano en Brasil y viceversa.

Una buena variedad de arroz con riego de Colombia tampoco se comportaría satisfactoriamente en Chile, ni la variedad chilena en Colombia. Entonces, el factor que determina la adaptabilidad y utilidad de una variedad es el “Ecosistema”.

En las cuatro zonas de producción, el arroz se cultiva, según la disponibilidad y control del agua, en tres grandes ecosistemas: Riego, Secano Mecanizado y Secano Manual o Tradicional (Figura 2.1).

Las diferencias en productividad de los ecosistemas son apreciables. Así, el de secano manual se considera como un sistema marginal destinado exclusivamente al autoconsumo, con una producción media de sólo 1.5 toneladas de arroz en cáscara/ha.

Por otra parte, en condiciones de riego la producción promedia en el país es de 6.1 t/ha y en secano mecanizado, 3.9 toneladas de arroz en cáscara/ha.

Ecosistemas de riego

El arroz se cultiva con agua controlada en siembra directa, con semilla seca en suelo seco o semilla pregerminada en suelo húmedo y trasplante (manual y/o mecanizado).

Ecosistemas de secano mecanizado

El arroz depende exclusivamente del agua lluvia y sin muros de contención. La siembra es mecanizada en surcos o al voleo en suelo seco. Existen varios subecosistemas que se diferencian por la cantidad de lluvia y fertilidad del suelo.

Características generales de suelos arroceros

El arroz puede crecer satisfactoriamente en suelos de características físicas y químicas muy variadas, tolerando bien la ocurrencia de algunas condiciones de suelo desfavorables.

Sin embargo, para obtener altos rendimientos de arroz con menores costos, tanto en la fertilización y uso de correctivos como en labores de manejo del suelo y del agua, es necesario seleccionar para el cultivo aquellos suelos que presentan menos limitaciones para su manejo y para el crecimiento de las plantas.

Morfología y propiedades físicas

A diferencia de otros cultivos, el arroz requiere suelos que tengan las siguientes características físicas:

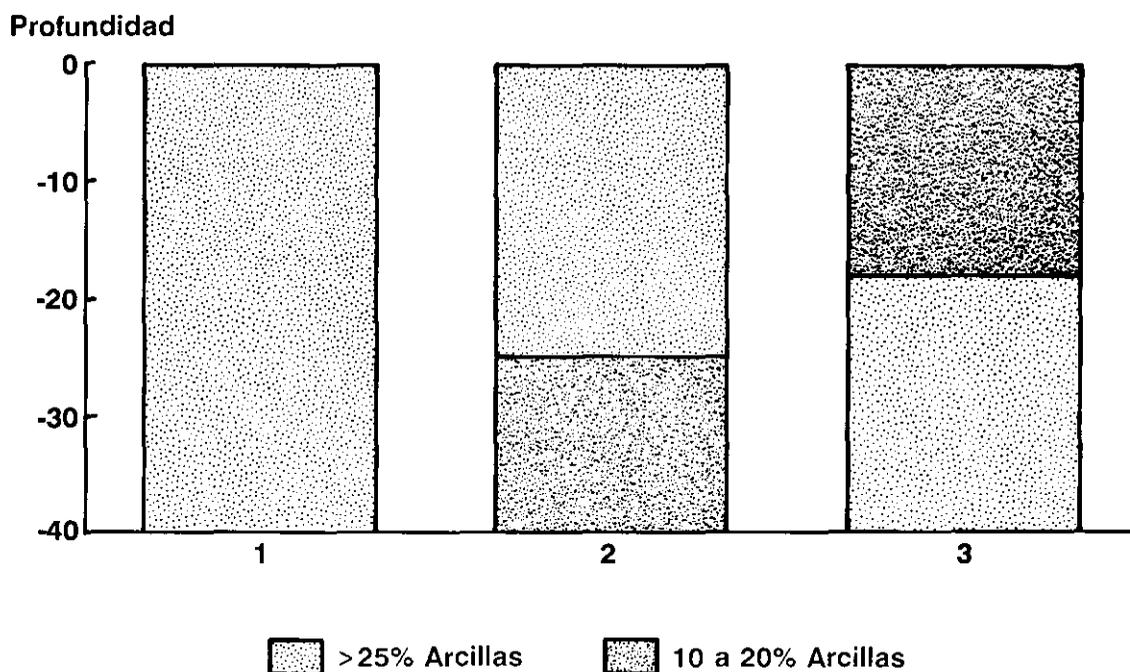
- Alta capacidad de absorción y retención de agua
- Baja permeabilidad
- Moderada compactación

Estas características del suelo están relacionadas con la textura, con la estructura, con la densidad aparente y con la porosidad, como se describe a continuación:

Textura

En este aspecto, los suelos más apropiados para el arroz, tanto para cultivos en secano como para riego, son los que tengan en los 30 a 40 cm superiores la cantidad de arcilla suficiente para clasificarlos como moderadamente finos o finos (franco arcillosos a arcillosos).

De acuerdo con lo anterior, se puede cultivar arroz eficientemente cuando en la profundidad mencionada se combinan capas de texturas francas gruesas (franco arenosas), con capas de texturas francas finas a finas (franco arcillosas a arcillosas), como se puede observar en la Figura 2.2.



1 y 2: Cultivo en secano o con riego
3: Cultivo con riego

Figura 2.2. Perfiles de texturas para suelos arroceros. 1 y 2 cultivo en secano o con riego, 3 cultivo con riego

Estructura y porosidad

La estructura, conjuntamente con la textura y la materia orgánica, determina la dinámica del aire y del agua en el suelo, factores de importancia en cultivos de secano.

Los suelos sometidos a la acción continua del agua, como en el caso del arroz con riego, pierden su agregación (estructura), eliminándose los macroporos e incrementándose la proporción de microporos, con lo cual se aumenta la capacidad de retención de agua y se disminuye la infiltración.

La modificación anterior es causada principalmente por la pérdida de cohesión entre los agregados y entre las partículas que lo integran (Figura 2.3), lo cual depende de la presencia de sustancias y elementos cementantes como carbonatos, Si, óxidos hidratados de Fe y Al, Ca y sustancias orgánicas.

De acuerdo con lo anterior, para el cultivo del arroz serían más favorables las estructuras finas o medias con poco desarrollo y poca estabilidad, especialmente para secano, ya que en riego la estructura tiende a destruirse, especialmente con el laboreo mecánico en húmedo.

Densidad aparente y porosidad

Se ha comprobado la tendencia del arroz a producir mayores rendimientos cuando la densidad aparente del suelo oscila entre 1.6 y 1.8 g/cc, por incremento en la absorción de N, P y K, además de la mayor retención de humedad. Estas densidades indican una compactación o un “amasamiento” moderado a alto del suelo. Al aumentar la densidad aparente disminuye la proporción de espacios porosos totales pero se incrementa la de los microporos, lo cual aumenta la capacidad de retención de agua y disminuye la infiltración.

Sin embargo, los suelos arroceros deben presentar una moderada facilidad de drenaje y oxigenación para la realización de labores relacionadas con la fertilización y control de malezas; además es necesario controlar la temperatura y la acumulación de sustancias tóxicas que se presentan en el medio anaeróbico de un sistema de riego permanente.

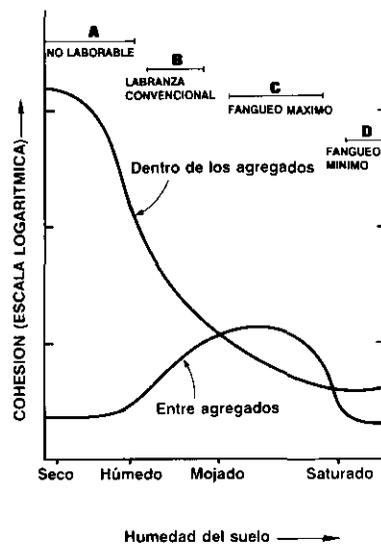


Figura 2.3. Cohesión de los agregados del suelo según la humedad y los sistemas de labranza.

Propiedades químicas

Desde el punto de vista químico, los mayores rendimientos del arroz se obtienen en suelos que reúnan las siguientes características:

- Contenido moderado de materia orgánica
- Contenido bajo o ausencia de elementos y sustancias nocivas como Al, Na y sales solubles.
- Contenidos normales de Fe y de Mn, en tal forma que al someter el suelo a condiciones de reducción (saturación o riego permanente) no se presenten excesos de ellos.
- Suficiente contenido o alta capacidad de suministro de nutrientes por el suelo.

Generalmente estas características están relacionadas con el origen y la formación de los suelos (material parental, clima, drenaje y topografía), con su pH y con la clase y cantidad de arcillas.

Reacción del suelo (pH)

Aun cuando normalmente el pH de los suelos no alcanza a ser, por sí mismo, un factor para el crecimiento de las plantas, sus valores están relacionados con la presencia, solubilidad y actividad de diferentes elementos nocivos y de los nutrientes.

En el caso de suelos sometidos a condiciones reductoras (saturación o inundación) la incidencia del pH en el crecimiento del arroz es aún menor, ya que siempre tiende a la neutralidad.

A medida que el pH es menor de 5.0, es mayor la probabilidad de ocurrencia de excesos de Al, Fe y Mn y de insuficiencias de P, micronutrientes y, con menor frecuencia, de K.

Como se acaba de anotar, la inundación modifica el pH hacia la neutralidad, disminuye la actividad del Al y la presión osmótica de las sales, pero incrementa la disponibilidad de P, de Fe y de Mn.

Así, por su relación natural con la fertilidad del suelo y con la ausencia de elementos nocivos, los suelos más apropiados para el arroz son aquellos que presentan valores de pH entre 5 y 7.

Capacidad de intercambio catiónico (C.I.C.)

Más que en otros cultivos, es importante que los suelos arroceros posean una C.I.C. alta, que permita una mayor retención del N (NH_4^+), del K y de los cationes en general (mayores o menores) disminuyendo sus pérdidas por lixiviación.

La presencia de arcillas y de materia orgánica está relacionada directamente con esta propiedad, la cual es conveniente que tenga valores superiores a 10 miliequivalentes por 100 gramos de suelo.

Al incrementar el pH de suelos ácidos, por efecto del riego continuo (saturación o inundación), la capacidad de intercambio se incrementa favorablemente, reteniendo más cationes (NH_4^+ , K^+ , Mg^{++} , Ca^{++}) y liberando aniones (H_2PO_4^- , SO_4^-).

Salinidad

El arroz es tolerante a la salinidad, especialmente en condiciones de riego y con un drenaje adecuado, lo cual promueve una disminución tanto de la presión osmótica como de la concentración de sales o de la conductividad eléctrica (C.E.). Sin embargo, las mejores condiciones de crecimiento y producción en estas circunstancias se presentan cuando la C.E. es menor de 2 mmhos/cm (Cuadro 2.2).

Cuadro 2.2 Rangos críticos de salinidad y su interpretación para el cultivo de arroz.

C. E. (mmhos/cm)	Sales solubles (%)	Interpretación
menos de 2	menos de 0.2	Baja o normal
2 a 4	0.2 a 0.5	Media o desfavorable
más de 4	más de 0.5	Alta o perjudicial

Potencial de oxido-reducción (Eh)

Esta característica está relacionada con los cambios electroquímicos que le pueden ocurrir a un suelo cuando se inunda y se agota el oxígeno, presentándose una transferencia de electrones entre elementos, en tal forma que unos se reducen (pierden electrones) y otros se oxidan (ganan electrones). Es decir, que el potencial Redox es una medida del estado de oxidación-reducción del suelo.

La diferencia de potencial entre el agente oxidante y el agente reductor se mide en voltios y recibe el nombre de Eh; a menor valor, el estado de reducción del suelo es mayor. En condiciones aeróbicas, el Eh es positivo y alto (0.4 a 0.8 voltios) y en suelos inundados es bajo y a veces negativo (menos de 0.4 voltios)

El descenso del potencial Redox de un suelo (Eh), o sea, el estado de reducción a que puede llegar el suelo cuando permanece inundado por un tiempo, tiende a ser mayor, en las siguientes condiciones:

- Acidez (pH bajo)
- Alto contenido de Fe activo
- Alto contenido de materia orgánica
- Ausencia de drenaje

En suelos ácidos con niveles altos de Fe o Mn fácilmente reducibles no es favorable un contenido alto de materia orgánica, pues el Eh podría descender demasiado, causando toxicidad con esos elementos.

Por el contrario, en suelos neutros o alcalinos sí convendría un nivel alto de materia orgánica o que el Eh fuera bajo para solubilizar más el Fe, el Mn y el P.

Disponibilidad de nutrimentos

Lo mismo que para cualquier cultivo, es conveniente que los suelos arroceros presenten una buena capacidad de suministro de nutrimentos; de lo contrario es necesario suplir las deficiencias con fertilizantes. Esa disponibilidad de elementos se conoce a través de los resultados del análisis químico del suelo, como se verá más adelante.

Generalmente las condiciones de reducción inducidas por el riego en el cultivo del arroz, determinan una mayor solubilidad y disponibilidad de los nutrimentos Fe, Mn, P, Ca, Mg y Si; pero afectan desfavorablemente al N, al K, al Zn y al Cu. Sin embargo, el incremento apreciable de las pérdidas por lixiviación, la disminución de la capacidad de absorción de la planta y el exceso de algunas sustancias y elementos nocivos, limitan el aprovechamiento de los nutrimentos disponibles en el suelo y los aportados por los fertilizantes.

Química de los suelos inundados

El arroz generalmente crece mejor en suelos inundados que en suelos aireados. La inundación no sólo proporciona al cultivo un buen suministro de agua y controla las malezas, sino que también mejora algunas características químicas del suelo.

Se deben estudiar las condiciones químicas de los suelos inundados que se vayan a dedicar al cultivo del arroz, porque las propiedades físicas y químicas de un suelo seco cambian drásticamente cuando se inunda y, por lo tanto, la planta responde en forma diferente a la fertilización y al encalamiento, que cuando se cultiva en condición aeróbica.

Efectos primarios

La inundación de un suelo pone en marcha una serie de procesos físicos, químicos y microbiológicos que afectan profundamente tanto la absorción de los nutrientes por parte de la planta de arroz, como la disponibilidad y pérdida de nutrientes en el suelo.

Debido a lo anterior hay que aplicar técnicas diferentes a las convencionales para el análisis de suelos inundados y su manejo agronómico.

Difusión del O

Cuando se inunda el suelo, el intercambio de gas entre éste y el aire se corta drásticamente. El O y otros gases atmosféricos pueden entrar al suelo solamente por difusión molecular en el agua intersticial.

Esta difusión a través del agua intersticial es 10.000 veces menor que la que sucede en los poros llenos de agua; por tanto, la difusión de O disminuye repentinamente cuando el suelo se somete a saturación. En las horas siguientes a la inundación los microorganismos utilizan el O presente en el agua o el atrapado en el suelo y así éste queda prácticamente libre de O molecular; tal hecho ha sido comprobado tanto en el laboratorio como en el campo.

También se ha encontrado que un suelo saturado no está uniformemente libre de O. La concentración del elemento puede ser alta en la capa superficial del perfil (de pocos milímetros de espesor) que está en contacto con el agua oxigenada. Las características químicas y microbiológicas de esta capa son similares a las de los suelos aeróbicos; debajo de ella la concentración de O desciende abruptamente y prácticamente se convierte en cero (Figura 2.4).

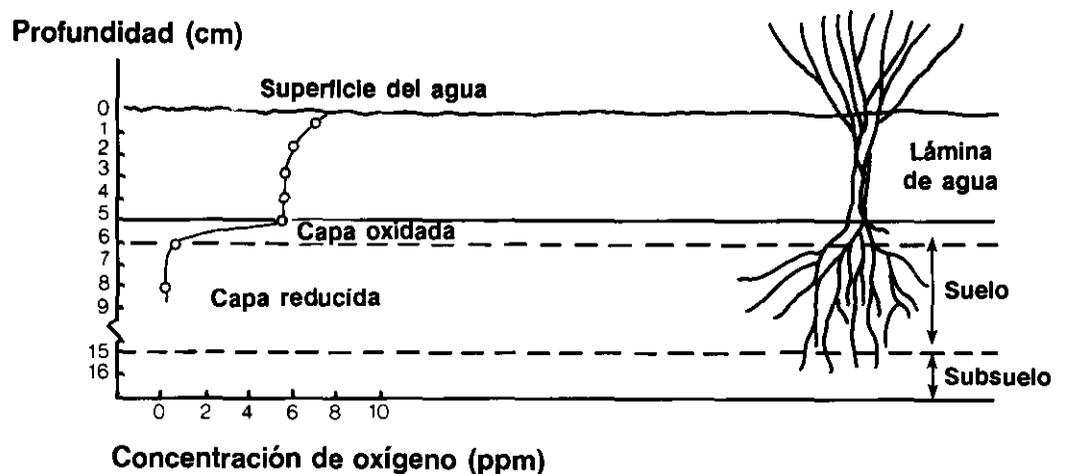


Figura 2.4 Concentración de O en las capas oxidada y reducida de un suelo inundado.

Producción de gases: La desaparición del O es seguida por la evolución de N, luego por un rápido incremento de CO₂ y finalmente por una disminución de CO₂ y un incremento de CH₄.

La cantidad de cada uno de los gases que se encuentran en un suelo inundado varía, como sigue:

- Del 10 al 95% de N
- Del 15 al 75% de metano
- Del 1 al 20% de carbono y
- Hasta un 10% de H

Capas oxidadas y reducidas de un suelo inundado

En la parte superior de un suelo cubierto por una lámina de agua se encuentra una capa oxidada de suelo de más o menos 1 cm de espesor, donde la difusión del O es suficiente para el consumo de los microorganismos. Dentro de esta capa la concentración de O en solución no es constante; varía entre la saturación en la superficie hasta casi cero en el límite de la capa reducida, como se observa en la Figura 2.4.

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

La capa reducida va prácticamente desde la superficie del suelo hasta unos 15 cm de profundidad; luego sigue el subsuelo que puede estar reducido u oxidado, dependiendo de la profundidad a la que el agua haya saturado el suelo.

Además de la pequeña capa oxidada en la superficie del suelo, existe otra zona oxidada que es la rizosfera del arroz, originada por translocación del aire de las hojas a las raíces de la planta. Se nota por la coloración rojiza que toman las raíces debido a la oxidación del Fe en dicha parte de la planta. En la capa reducida del suelo se encuentra la mayoría de las raíces del arroz; allí no hay O y los microorganismos son de tipo anaeróbico. En esta zona suceden cambios muy importantes para la planta de arroz.

Cambios físico-químicos

En un suelo inundado la disponibilidad de O baja a cero en menos de un día. Los microorganismos aeróbicos consumen rápidamente el poco O que haya quedado y se vuelven latentes o mueren. Los microorganismos anaeróbicos se multiplican rápidamente y llevan a cabo la descomposición de la materia orgánica utilizando compuestos oxidados del suelo (nitratos, óxidos de Mn, óxidos férricos, etc.) para su respiración.

Como resultado de estos procesos se suceden en el suelo algunos cambios electroquímicos como:

- Cambios del pH
- Disminución del potencial redox
- Aumento de la conductividad eléctrica

Cambios del pH

En suelos no reducidos e irrigados, cualquiera que sea el valor original, el pH alcanza aproximadamente en tres semanas, 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 óxidos mangánicos e hidróxidos férricos, lo cual deja libres iones OH⁻. En los suelos alcalinos el pH disminuye debido al aumento de la presión parcial del agua y a la producción de CO₂; los siguientes factores determinan cualquier variación del pH del suelo: (Ponnamperuma, 1965, 1976).

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

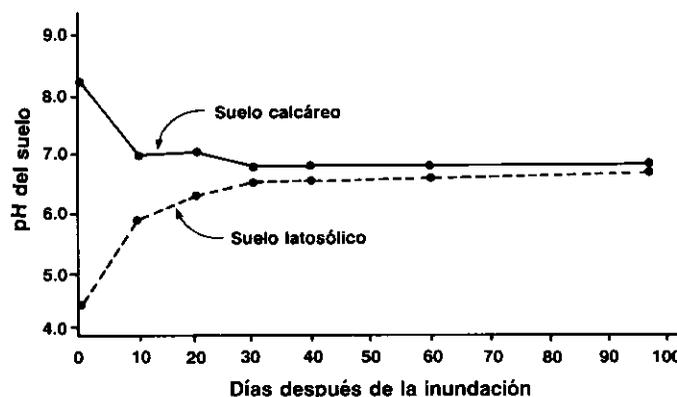


Figura 2.5. Cambios del pH de dos suelos en inundación constante.

En suelos con pH inicial de 3.5 - 4.7 se presenta un aumento brusco que alcanza un punto máximo de 6.5 - 7.0, a las dos semanas de inundación.

Disminución del potencial redox o potencial de óxido-reducción

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

Por convención, el potencial de óxido-reducción estándar (Eh) de la reacción del electrodo de H ($2H^+ + 2e^- \rightarrow H_2$) es usado como potencial de referencia. Se le ha asignado un valor de 0.0 voltios cuando la presión de H_2 es de 1.0 atmósfera y la concentración de H es de 1.0 M.

El potencial redox en suelos inundados desciende bruscamente después de la inundación y llega a un valor mínimo en pocos días, luego sube rápidamente a un máximo y después decrece asintóticamente con el tiempo. En la Figura 2.6, se compara el cambio del Eh de un suelo inundado con el de un suelo bien drenado.

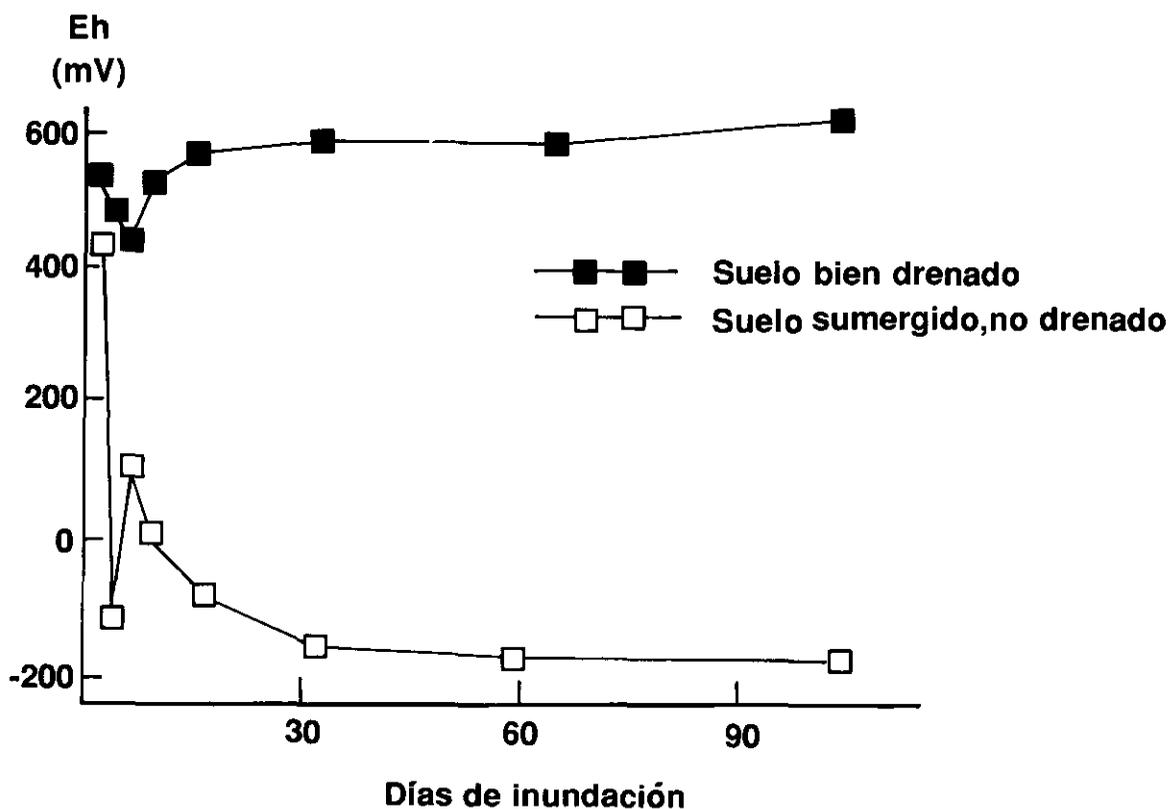


Figura 2.6 Cambios con el tiempo del potencial redox de un suelo bien drenado y de otro inundado (Ponnamperuma, 1965).

Los factores que influyen en la disminución del potencial redox son: la tasa de descenso del Eh, que depende del pH inicial del suelo, el contenido de materia orgánica, la temperatura y la cantidad de aceptadores de electrones que contenga el suelo.

Aumento de la conductividad eléctrica

Otra de las propiedades del suelo que se modifica con la inundación es la conductividad eléctrica, propiedad que permite medir el contenido de sales en la solución del suelo, cuyos valores pueden aumentar con la inundación. En la Figura 2.7, se observa cómo la conductividad eléctrica de un suelo, en dos semestres de cultivos aumentó hasta la séptima semana y luego fue disminuyendo hasta lograr un equilibrio.

Conductividad en la solución

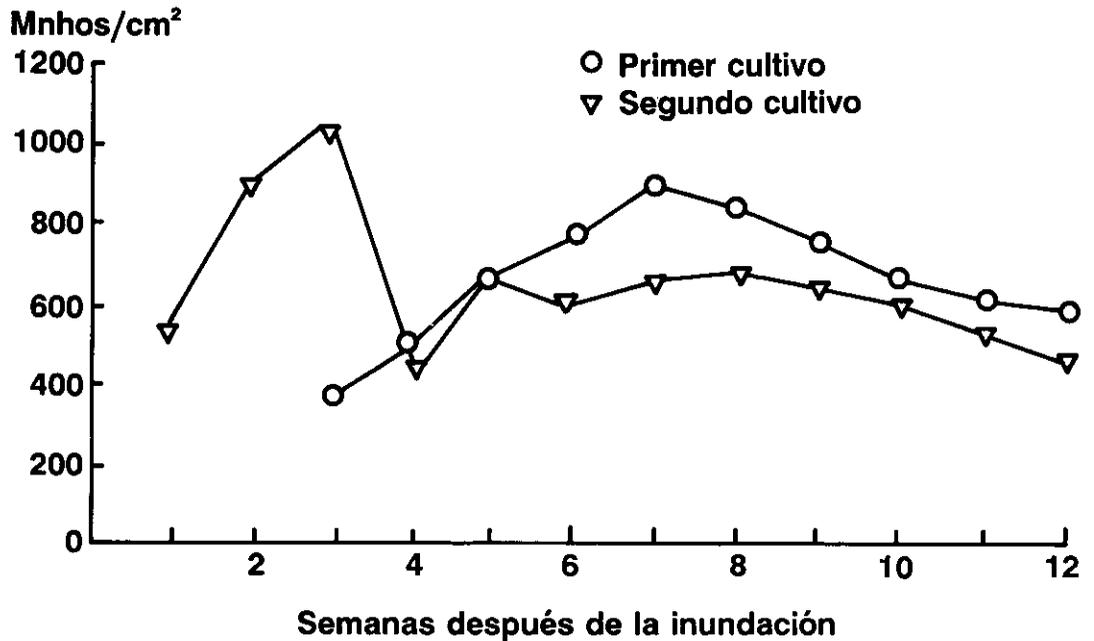


Figura 2.7. Cambios en la conductividad eléctrica de un suelo después de ser inundado en dos semestres de cultivo.

Cambios químicos

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

- Transformaciones del N
- Reducción del Mn y del Fe
- Incremento en la disponibilidad del P

Transformaciones del N

El N que existe en el aire, y también disuelto en el agua de inundación puede bajar hasta la capa oxidada, donde es fijado por algas y bacterias transformándose en N orgánico. Este N, que está unido a la materia orgánica, y el proveniente de los residuos de plantas puede sufrir una mineralización hasta transformarse en NH_4^+ , compuesto utilizable por las plantas de arroz.

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; esos nitratos pueden ser absorbidos por la planta o descienden hasta la capa reducida en donde pueden quedar inmobilizados en la materia orgánica o perderse por lixiviación o denitrificación.

Denitrificación

La denitrificación es el proceso de reducción que sufren los nitratos al transformarse en óxidos de N y en N. Los nitratos se convierten primero en nitritos en la capa reducida del suelo y luego se transforman en gases tales como N_2O y N_2 que escapan a la atmósfera.

Dependiendo del suelo, el contenido de nitratos disminuye rápidamente en la primera semana de inundación y luego continúa descendiendo más lentamente hasta llegar a cantidades relativamente bajas en la sexta semana de inundación (Figura 2.8).

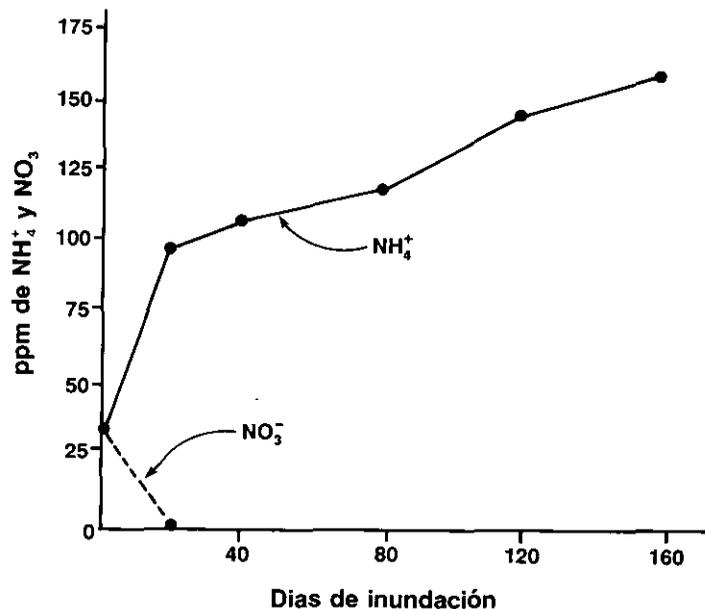


Figura 2.8 Efecto de la inundación constante sobre la concentración de los iones NH_4^+ y NO_3^- (Sánchez, 1972).

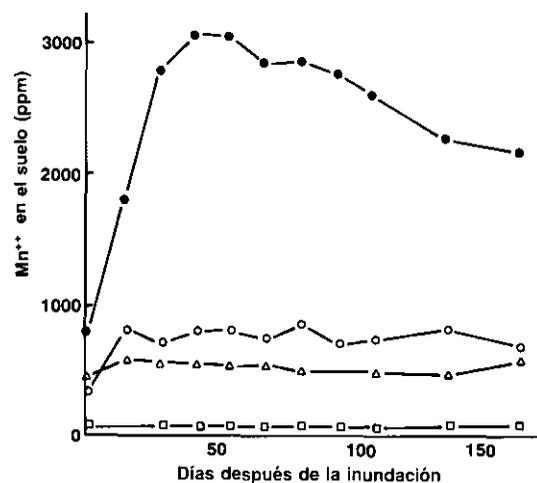
Acumulación de amonio

La mineralización del N orgánico tiene lugar solamente hasta la producción de NH_4^+ , que es estable en condiciones reducidas del suelo y tiende a acumularse en suelos inundados (Ponnamperuma, 1965) (Figura 2.8).

Reducción del Mn y del Fe

Un fenómeno que casi coincide con la desnitrificación que ocurre en los suelos inundados es la reducción de los óxidos de Mn.

Cuando se inunda un suelo y desciende el potencial redox, los óxidos de Mn se transforman en iones de Mn, aumentando su contenido en la solución del suelo. En suelos ácidos, pobres en materia orgánica pero relativamente ricos en Mn, éste, a los 50 días después de la inundación alcanza concentraciones de 3000 ppm que posiblemente causan toxicidad. En otros suelos en donde el Mn es escaso, a pesar de que su concentración aumenta ligeramente en la solución del suelo inundado, no se presenta toxicidad por este elemento (Figura 2.9).



Suelo	pH	MO %	Mn activo %
●	5.6	1.2	0.378
○	5.4	2.9	0.088
△	6.2	1.8	0.063
□	5.6	6.2	0.005

Figura 2.9. Efecto de la inundación en la concentración de Mn soluble en varios suelos (Ponnamperuma, 1955).

La reducción del Fe resulta favorecida por la ausencia de sustancias de alto nivel de oxidación como NO_3 y MnO_2 , por la presencia de materia orgánica de fácil descomposición, y por un buen contenido de Fe activo.

En un suelo inundado la concentración del ión ferroso (Fe^{2+}) aumenta con la profundidad y alcanza un equilibrio a los 4 cm, mientras que el ión férrico (Fe^{3+}) disminuye con la profundidad y a los 2 cm prácticamente ya no se encuentra. El Fe total (Fe^{2+} más Fe^{3+}) disminuye notablemente con la profundidad de la capa reducida.

En los suelos ácidos inundados el Fe puede llegar, al cabo de 50 días, a altas concentraciones (200 a 300 ppm) en la solución del suelo (Figura 2.10); en otros suelos de pH cercano a la neutralidad el Fe aumenta con la inundación pero no alcanza niveles tan altos como en los suelos ácidos.

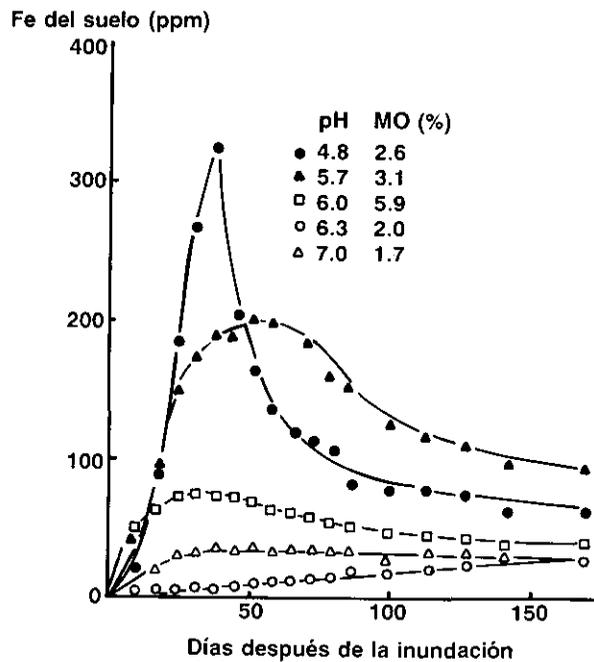


Figura 2.10. Efecto de la inundación en la concentración de Fe^{2+} soluble, en varios suelos (León; Arregocés, 1985).

Disponibilidad de P

En la solución del suelo la concentración de elementos tales como P, Fe, y Mn, además del Si, aumenta después de la inundación. La mayor disponibilidad de estos elementos beneficia generalmente al arroz pero, en algunos casos, el aumento excesivo del Fe y del Mn puede causar toxicidad, como se vio anteriormente. El P se hace más disponible después de la inundación, lo cual se manifiesta por un aumento tanto en su concentración en la solución del suelo como en el contenido de P de las plantas.

Los cambios en la concentración de P en la solución del suelo después de la inundación, dependen del tipo de suelo. En suelos de pH alcalino (7.6) con un porcentaje bajo de Fe (0.18%), el contenido de P aumenta en la

solución del suelo y a los seis días llega a niveles altos (4 ppm). Otros suelos de pH ácido (4.8) y materia orgánica alta también llegan a liberar P con la inundación; sin embargo, en otros suelos ácidos (pH 4.6) con alto contenido de Fe (2.13%), la inundación no aumenta el contenido de P (Figura 2.11).

H₂PO₄ en la solución del suelo (ppm)

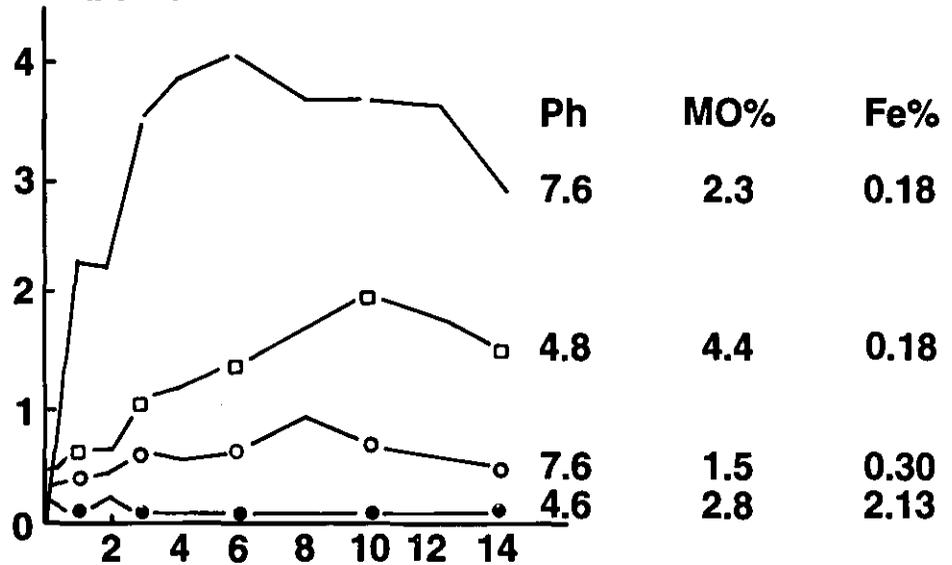


Figura 2.11. Cambios en la concentración de P en la solución de varios suelos después de la inundación. (León; Arregocés, 1985).

Toma de muestras de suelos

Requisitos de la muestra

Como el análisis de suelos se realiza sobre una pequeña muestra y las determinaciones para cada elemento se hacen sobre submuestras aún más pequeñas (2 ó 3 gramos son suficientes para la mayoría de las determinaciones), la toma de la muestra adquiere una importancia primordial. La muestra debe ser representativa de las condiciones que se quieren analizar.

Una muestra es una pequeña cantidad de suelo que representa el volumen que éste ocupa en el campo, considerando tanto el área como la profundidad. El terreno representado por la muestra debe ser uniforme en pendiente, vegetación, material parental, clima, grado de erosión, manejo

y características del suelo. Muestra compuesta es una mezcla de varias submuestras más pequeñas que se toman “al azar” en distintos sitios de un lote cubriendo toda el área del terreno.

“Los análisis de suelo realizados sobre muestras compuestas son equivalentes a las medias de muestras individuales”. Esto indica que la manera más práctica de hallar el valor medio del estado de los nutrimentos vegetales de un terreno, es realizar el análisis sobre muestras compuestas.

Unidades de muestreo

Antes de iniciar la operación de muestreo debe dividirse el área de estudio en unidades que representen uniformidad. Para esta separación se tiene en cuenta relieve, vegetación, clima, características físicas, erosión y manejo.

Relieve

Las variaciones de relieve generalmente indican variaciones de suelo, por ejemplo: los terrenos de las partes altas son más lavados y ácidos, mientras que en las partes bajas se presenta acumulación de sales, un pH más elevado, mal drenaje y por tanto medios anaeróbicos. Estos y otros hechos, ponen de manifiesto que una división del terreno en unidades menores, teniendo en cuenta las variaciones fisiográficas, es requisito indispensable para un correcto muestreo.

Vegetación

La vegetación es un factor importante en la formación de suelos, debido a la clase y cantidad de residuos vegetales que aporta, por la densidad y tipo de su sistema radicular y por la sombra que produce. Entre los suelos de pradera y de bosque existen marcadas diferencias. Aun dentro de suelos con igual vegetación hay variación determinada por las especies vegetales que predominen. Los suelos vírgenes presentan amplias diferencias con suelos sometidos a cultivo.

Cultivo

La clase de cultivo y el tiempo de explotación son factores que deben tenerse en cuenta; los suelos sembrados con leguminosas presentan mayor contenido de nitrógeno que los sembrados con gramíneas; una

explotación prolongada con yuca puede originar suelos pobres en K; se ha comprobado que la explotación continua con algodón degrada la estructura del suelo, contrario al efecto de pastos; los suelos con cultivos limpios tienen menor contenido de materia orgánica y mayor grado de erosión.

Características físicas

Juegan un papel importante en el análisis de suelo, ya que de éstas depende en gran parte la eficiencia de los fertilizantes; por ejemplo, en un suelo de textura gruesa se presenta mayor lavado de los nutrientes aplicados que en un suelo de textura fina. Además, el contenido de nutrientes varía con la textura, el drenaje y la presencia de materia orgánica.

Grado de erosión

A medida que el suelo se erosiona va perdiendo la capa vegetal, incrementándose con ello el estado de pobreza en nutrientes para las plantas. La erosión progresa hasta el punto en que ninguna especie vegetal prospera.

Manejo anterior

Se debe tener en cuenta la clase de cultivo, el tiempo con cultivo, los fertilizantes y enmiendas aplicados, el uso de maquinaria, la aplicación de material orgánico y el uso de riego.

Una muestra representativa se compone de varias submuestras tomadas sobre un área de características similares. La Figura 2.12 ilustra la división de la finca en unidades de muestreo y presenta indicaciones sobre la forma de realizar el submuestreo.

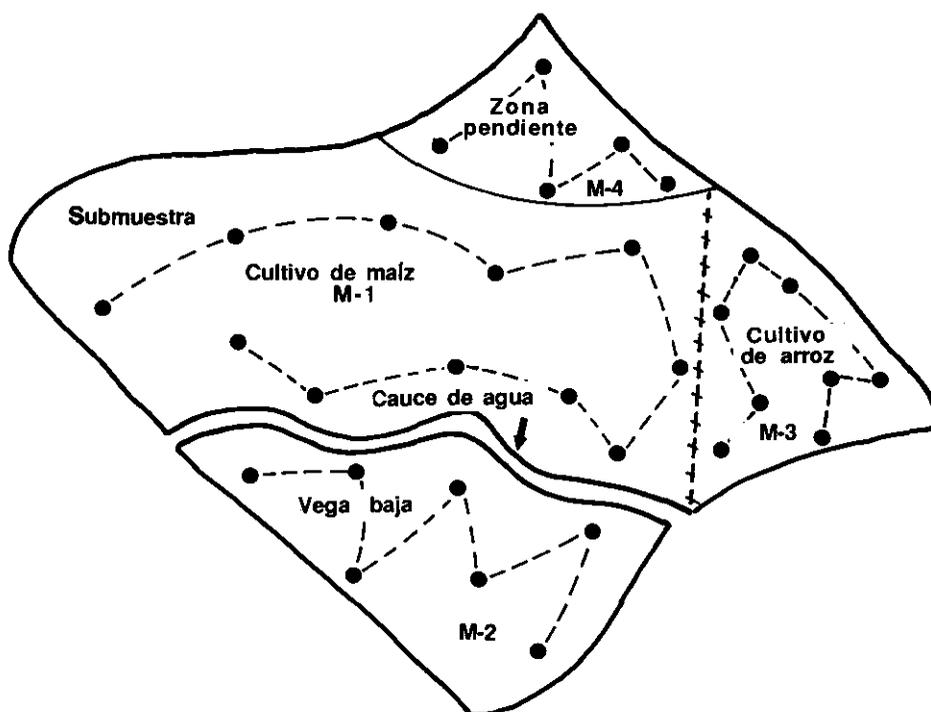


Figura 2.12. División de la finca o lote en unidades de muestreo

Áreas de muestreo

Cuando se han separado unidades de muestreo siguiendo los conceptos enunciados, pueden resultar extensiones muy grandes que es necesario subdividir en áreas no mayores de 20 ha, para proceder a tomar muestras de cada una de ellas. El mínimo número recomendado para formar una muestra compuesta para 20 ha, es de 15 submuestras. A continuación se presenta una fórmula para determinar el número de submuestras en un lote teniendo en cuenta el área (ha) y la homogeneidad del terreno:

$$\text{Número de submuestras} = 2 \text{ ó } 4 \times T$$

T = área del terreno (ha)

Se toma el coeficiente 2 cuando el terreno tiene una alta homogeneidad en cuanto a topografía, manejo, propiedades físicas, etc., y el coeficiente 4 cuando la homogeneidad es muy baja. Por ejemplo: en un lote de 25 ha con alta homogeneidad, el número de submuestras sería:

$$\text{Número de submuestras} = 2 \times 25 = 10 \text{ submuestras}$$

muestras de 0-5 cm, para efectuar análisis de salinidad en la parte superficial del perfil.

Forma de muestrear

Cuando se utiliza una pala o instrumento similar, se debe abrir un hueco a la profundidad deseada (para mayor comodidad, el hueco se hace en forma de V) y se corta una tajada de espesor uniforme (2 ó 3 cm de grueso). Manteniendo la tajada sobre la pala se eliminan los bordes laterales de tal manera que la parte seleccionada tenga una pulgada de ancho y una longitud igual a la profundidad a la cual se desea hacer el muestreo. La faja así obtenida se coloca dentro de un balde u otro recipiente limpio. Esta operación se repite en 15 ó 20 lugares recorriendo el terreno en zig-zag. Una vez que todas las submuestras se encuentran dentro del balde se mezclan perfectamente; si hay mucho suelo se elimina una parte hasta dejar aproximadamente un kilogramo.

Cuando el muestreo se hace con barreno o con tubo toma-muestras, una perforación en cada sitio seleccionado para tomar las submuestras puede ser suficiente para obtener la cantidad de suelo que ha de formar la muestra compuesta.

Empaque de las muestras

Cuando se tengan las muestras definitivas se procede a empacarlas cuidadosamente en bolsas de plástico, papel o cajas de cartón perfectamente limpias y se sellan de forma que no se abran durante el transporte.

Identificación de las muestras

Las muestras deben identificarse con un tiquete en el que, con lápiz graso, se escribe un número, letra o cualquier símbolo que permita identificarlas en un momento dado. Es conveniente poseer un mapa o plano de la finca para marcar el sitio correspondiente a cada muestra. Cuando el muestreo se realiza con fines investigativos, el mapa es absolutamente indispensable; también pueden usarse fotografías aéreas.

Junto con cada muestra se remite al laboratorio una hoja informativa en la que se indica el municipio, caserío, vereda, finca, lugar en la finca, cultivo que se piensa implantar, cultivos anteriores, fertilizaciones y rendimiento, temperatura, precipitación, altitud, topografía, drenaje y demás datos útiles en el momento de interpretar los resultados y hacer recomendaciones.

Bibliografía

- ACOSTA, C. 1989. Química de los suelos inundados y recomendaciones de fertilizantes en el cultivo de arroz. En: Curso de Arroz, Tierralta, Córdoba, Colombia, 1989. Memorias. Córdoba, Colombia, ICA-FEDEARROZ-UNICORDOBA.
- BAQUERO, J. E. 1991. Fertilización del cultivo del arroz en Colombia. En: El cultivo del arroz. Curso Nacional. Villavicencio Meta, Instituto Colombiano Agropecuario. pp. 231-279.
- BAVER, L.D. 1973. Física de suelos. México, Centro Regional de Ayuda Técnica. Agencia para el Desarrollo Internacional (A.I.D.). 529 p.
- BEJARANO, V. J.; PEÑUELA, C. B. 1970. Modificaciones en las propiedades físicas y químicas de algunos suelos arroceros en la meseta de Ibagué, por efecto del manejo. Ibagué, Colombia, Universidad del Tolima. 113 p.
- FASSBENDER, H. W. 1982. Química de suelos. Turrialba, Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la OEA. Libros y materiales educativos, no.24. 398 p.
- FEDERACION NACIONAL DE ARROCEROS. 1989. Primer Censo Nacional Arrocerero. Arroz 38(363):52 p.
- FLOR, C. A. 1985. El diagnóstico de problemas en arroz y su aplicación a los problemas de fertilidad de suelos. En: Arroz, investigación y producción. Cali, Colombia, Centro Internacional de Agricultura Tropical. pp. 133-143.
- FRYE, C. A. 1969. Fertilidad y fertilización de algunos suelos arroceros del Tolima. Agricultura Tropical 8:393-408.
- FRYE, C.A. 1972. El análisis de suelos en la evaluación de su fertilidad para la aplicación de fertilizantes y correctores. En: Reunión Nacional de Suelos, 3a., Ibagué, Colombia, Universidad del Tolima. pp. 1-29.
- FRYE, C.A. 1973. Los suelos bajo inundación y la fertilización del arroz. Curso de Arroz. Bogotá, Colombia, Instituto Colombiano Agropecuario, Fedearroz, Subgerencia Técnica. pp. 39-64.

- FRYE, C.A. 1985. Consideraciones generales sobre propiedades físicas y químicas en suelos inundados. Curso Nacional de Arroz. Ibagué, Colombia, Federación Nacional de Arroceros. 25 p.
- FRYE, C.A. 1985. Diagnóstico químico de la fertilidad de suelos arroceros. Curso Nacional de Arroz. Ibagué, Colombia, Federación Nacional de Arroceros. 27 p.
- FRYE, C.A. 1990. Fertilización del arroz. Bogotá, Colombia, Monómeros Colombo-Venezolanos. 40 p.
- GALIANO S, F. 1965. Evaluación de varios métodos químicos para determinar el fósforo asimilable en suelos arroceros. Tecnología 7(34):28-42.
- INSTITUTO COLOMBIANO AGROPECUARIO. 1979. El cultivo del Arroz. Compendio no.29. 224 p.
- INSTITUTO GEOGRAFICO AGUSTIN CODAZZI. 1986. Zonificación agrológica de Colombia. Memoria explicativa. Bogotá, Colombia. 50p.
- LEON, L.A.; ARREGOCES, O.; GONZALEZ J.; PERDOMO, M. 1981. Fertilización fosfórica del arroz. Guía de estudio. Cali, Colombia, Centro Internacional de Agricultura Tropical. 40 p.
- LEON, L. A.; ARREGOCES, O. 1981. Química de suelos inundados. Guía de estudio. Cali, Colombia, Centro Internacional de Agricultura Tropical. 35 p.
- MUÑOZ, H.A.; HERNANDEZ, L.R. 1970. Evaluación de la erosión en lotes cultivados con arroz. Ibagué, Colombia, Universidad del Tolima. 79 p.
- PERDOMO, M .A.; GONZALEZ, J. 1981. Arroz. Nutrición mineral 1970-1980. Cali, Colombia, Centro Internacional de Agricultura Tropical. Unidad de biblioteca y servicios de documentación. Bibliografía no.150. 151 p.
- PLAZA M, J. E.; MONTEALEGRE, G. S. 1971. Influencia de la inundación permanente en algunas propiedades químicas de suelos arroceros del Tolima. Ibagué, Colombia Universidad del Tolima. 93 p.
- ROBAYO V., G. 1988. El Arroz Colombiano. Cali, Colombia, ASIAVA. 160 p.
- SANCHEZ, L.F. 1982. Algunos aspectos básicos sobre suelos inundados y fertilización del arroz de riego en Colombia. Tibaitatá, Colombia, Instituto Colombiano Agropecuario. Boletín Técnico no.93. 34 p.

- SANCHEZ, P.A.; DE LA CRUZ, M. 1981. Suelos del Trópico. San José, Costa Rica. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. Serie de libros y materiales educativos, no.48. 634 p.
- TISDALE, S.L.; NELSON, W.L. 1966. Soil fertility and fertilizer. 2ed. New York. McMillan. 694 p.
- VARGAS, J. P. 1988. Abonos simples, mayor eficiencia y economía en la fertilización del arroz riego. En: El cultivo del arroz. Factores técnicos y económicos en su producción. Compendio del curso realizado en Neiva, Colombia. pp. 39-64.
- WALSH, L. M.; BEATON, J. D. 1973. Soil testing and plant analysis. Soil Sci. Soc. of Amer. Inc. MADISON. 491 p.

Ejercicio 2.1 Propiedades de los suelos arroceros

Objetivo

- ✓ Enumerar por escrito por lo menos dos características físicas y dos químicas frecuentes en los primeros 20 cm de los suelos arroceros de la zona de trabajo.

Recursos necesarios

- Hoja de trabajo
- Tablero
- Marcadores

Instrucciones

Los participantes se dividen en grupos de cinco personas y discuten el ejercicio correspondiente; cuando lo hayan concluido el relator de cada grupo comenta el resultado obtenido. El instructor realiza un cuadro en el tablero por cada zona de estudio, separando las propiedades físicas de las químicas con el fin de comparar las diferencias existentes entre las zonas.

El tiempo estimado para el desarrollo del Ejercicio es de 20 minutos.

Escriba dos (2) propiedades físicas y dos (2) propiedades químicas frecuentes en los primeros 20 cm de los suelos de su zona de trabajo. En cada caso diga si eso es favorable o no para el cultivo del arroz.

Zona o localidad: _____

Propiedades físicas frecuentes:

1. _____

2. _____

Propiedades químicas frecuentes:

1. _____

2. _____

Ejercicio 2.1 - Información de retorno

Los datos que se presentan a continuación corresponden a la Zona Oriental (Meta, Casanare, Arauca y Caquetá) y sirven de guía para que el instructor realice la información correspondiente según la zona que esté evaluando.

Zona o localidad: Zona Oriental (Meta, Casanare, Arauca y Caquetá)

Propiedades físicas frecuentes:

1. Texturas gruesas y finas, suelos planos, suelos profundos y superficiales.
2. Posible compactación, estructura variable.

Propiedades químicas frecuentes:

1. Suelos ácidos, baja fertilidad, altos contenidos de aluminio.
2. Posible toxicidad de hierro, bajo contenido de P, K, Mg y C.

Ejercicio 2.2 Química de los suelos inundados

Objetivos

- ✓ Enumerar por escrito los cuatro factores principales que determinan el cambio del pH en un suelo inundado.
- ✓ Describir dos factores favorables y dos no favorables de la inundación en un cultivo de arroz, en relación con la dinámica de los elementos en el suelo.

Instrucciones

Los participantes observarán el audiotutorial “Química de suelos inundados” el cual les ayudará a contestar en forma individual las preguntas que aparecen en la hoja de trabajo 1. Cuando concluya se recogen las hojas de trabajo y se reparten al azar para comparar las respuestas con las suministradas por el instructor. Esta es una evaluación formativa, el instructor hará la información de retorno.

Recursos necesarios

- Audiotutorial “Química de suelos inundados”
- Hoja de trabajo

El tiempo estimado para el desarrollo del ejercicio es de 30 minutos.

1. Enumere cuatro (4) factores que determinen el cambio de pH en un suelo inundado. _____

2. Enumere dos (2) factores favorables y dos (2) desfavorables de la inundación para el cultivo del arroz, en relación con la dinámica de los elementos en el suelo. _____

Ejercicio 2.2 - Información de retorno

1.
 - El pH inicial del suelo
 - La cantidad y naturaleza de los componentes oxidados del suelo.
 - Cantidad y clase de materia orgánica
 - La temperatura

2. Favorables:
 - Aumento del pH en suelos ácidos
 - Disminución del potencial redox

Desfavorables:

- Aumento del contenido de hierro en el suelo, que puede llegar a niveles tóxicos en suelos ácidos.
- Aumento de la disponibilidad de Mn.

Práctica 2.1 Toma y preparación de una muestra de suelo para análisis de laboratorio

Objetivo

- ✓ Los participantes realizarán la toma de muestra de suelo para análisis de laboratorio, teniendo en cuenta las normas técnicas y utilizando diferentes implementos para tal fin.

Recursos necesarios

- Hoja de trabajo
- Lote de terreno (finca)
- Palas rectas
- Barrenos
- Barretones
- Tubos toma-muestras
- Cuchillo o machete
- Etiquetas (autoadhesivas)
- Cinta de enmascarar (rollo x 1")
- Cajas para empacar muestras
- Bolsas plásticas
- Formularios para envío de muestras

Instrucciones para el instructor

Para la realización de esta práctica se requiere de un sitio que permita diferenciar varias unidades de muestreo.

Una vez en el campo el instructor conformará grupos de trabajo que, independientemente, definirán las unidades de muestreo. Posteriormente el instructor designará un grupo para cada unidad de muestreo con el fin de que proceda a tomar la muestra de suelo respectiva y a realizar su preparación completa para el envío al laboratorio, diligenciando el formulario respectivo.

Tiempo para la práctica, incluyendo recorridos: 4 horas. En esta práctica se evaluarán las actitudes y destrezas conforme a la tabla de chequeo adjunta.

Instrucciones para el participante

1. Se formarán grupos de cinco personas.
2. Cada grupo de trabajo debe recorrer el lote asignado para el muestreo, con el fin de reconocer sus características y variaciones.
3. Con base en lo anterior todos los participantes, coordinados por el instructor, definirán las unidades de muestreo.
4. El instructor asignará una unidad a cada grupo de trabajo y una herramienta específica para hacer el muestreo en ella.
5. Cada grupo procederá a hacer el muestreo en su sector, definiendo los siguientes aspectos:
 - Profundidad
 - Número de submuestras
 - Procedimiento para tomar las submuestras
6. Luego, debe completar el muestreo con las siguientes labores:
 - Mezclar las submuestras
 - Empacar e identificar muestras
 - Diligenciar formulario para análisis de suelos
7. Suministrar la información solicitada en las siguientes líneas:
 - a. Realizar el croquis del lote, señalando la unidad que le correspondió
 - b. Area aproximada de la unidad:
 - c. Homogeneidad en la unidad (alta, media, baja):
 - d. Número de submuestras:
 - e. Profundidad de muestreo:
 - f. Herramienta utilizada:
8. Anexar el formulario diligenciado

Práctica 2.1

Hoja de trabajo 1

La presente solicitud debe llenarse correctamente y enviarse con las muestras al laboratorio de suelos.

Fecha: _____ Propietario: _____
 Solicitante: _____ Finca: _____
 Dirección: _____ Municipio: _____
 Ciudad: _____ Corregimiento: _____
 Vereda: _____

Detalle	Muestra 1		Muestra 2		Muestra 3	
Identificación de la muestra						
Profundidad a la cual se tomó la muestra (cm)						
Altura sobre el nivel del mar (metros)						
Clima (cálido, medio, frío)						
Drenaje (bueno, regular, malo)						
Topografía (plana, ondulada, pendiente)						
Ultimo cultivo o cultivo actual. Año						
Rendimiento última cosecha (bueno, regular, malo)						
Cal agregada en el último año (t/ha)						
¿Va a aplicar riego?						
Cultivo para el cual se requiere la recomendación						
Estado del cultivo (instalación, soca, producción)						
Fertilizantes agregados al último cultivo	kg/ha	grado	kg/ha	grado	kg/ha	grado
Tipo de análisis:						
Mayores						
Menores						
Salinidad						
Otras determinaciones						

OBSERVACIONES: _____

Práctica 2.1

Hoja de trabajo 2

Evaluador: _____
 Fecha: _____

Evaluado: _____
 Lugar: _____

ACTIVIDADES	ESCALA*		
	B	R	M
El participante:			
1. Seleccionó implementos y materiales			
2. Revisó la limpieza de implementos y materiales			
3. Seleccionó unidades de muestreo: 3.1 Relieve 3.2 Vegetación 3.3 Cultivo 3.4 Material parental 3.5 Grado de erosión 3.6 Manejo			
4. Planificó la toma de submuestras: 4.1 Distribución de submuestras 4.2 Cuantificación de submuestras 4.3 Elaboración plano de unidades			
5. Realizó la toma de muestras: 5.1 Limpieza sitio de muestreo 5.2 Evitó sitios inadecuados 5.3 Utilización de implementos			
6. Manipulación de la muestra 6.1 Homogenizó submuestras 6.2 Empaque 6.3 Identificación o rotulado 6.4 Sellado 6.5 Diligenció formulario para laboratorio			
7. Limpió y guardó implementos y materiales			
8. Aspectos actitudinales: 8.1 Utilizó adecuadamente los recursos disponibles 8.2 Se ajustó a las técnicas de muestreo 8.3 Demostró interés			
Observaciones			
_____		_____	
FIRMA DEL EVALUADOR		FIRMA DEL EVALUADO	

* B = Bueno

R = Regular

M = Malo

Práctica 2.1 - Información de retorno

A continuación se da una respuesta hipotética al formulario para análisis de suelos, debido a la variación existente de un lote a otro o de una zona a otra.

Fecha: 10 - 04 - 92

Fecha: 10 - 04 - 92

Propietario: ICA

Solicitante: Luis Casas

Finca: La Libertad

Dirección: C.I La

Municipio: Villavicencio

Ciudad: Villavicencio

Corregimiento: Apiay

Libertad

Vereda: Santa Rosa

DETALLE	MUESTRA 1		MUESTRA 2		MUESTRA 3	
Identificación de la muestra	Lote mango					
Profundidad a la cual se tomó la muestra (cm)	20					
Altura sobre el nivel del mar (metros)	490					
Clima (cálido, medio, frío)	Cálido					
Drenaje (bueno, regular, malo)	Regular					
Topografía (plana, ondulada, pendiente)	Plana					
Último cultivo o cultivo actual. Año	Arroz - 92					
Rendimiento última cosecha (bueno, regular, malo)	Bueno					
Cal agregada en el último año (t/ha)	0.5					
¿Va a aplicar riego?	Si					
Cultivo para el cual se requiere la recomendación	Arroz O.Llanos 5					
Estado del cultivo (instalación, soca, producción)	Instalación					
Fertilizantes agregados al último cultivo	kg/ha	grado	kg/ha	grado	kg/ha	grado
	100-90-60	N, P ₂ O ₅ , K ₂ O				
Tipo de análisis:						
Mayores	X					
Menores						
Salinidad						
Otras determinaciones						

OBSERVACIONES: En el anterior cultivo se observaron deficiencias de fósforo y posibles deficiencias de potasio y magnesio.

Práctica 2.1 - Información de retorno

Evaluador: _____ Evaluado: _____

Fecha: _____ Lugar: _____

Actividades	Escala*		
	B	R	M
El participante:			
1. Seleccionó implementos y materiales		X	
2. Revisó la limpieza de implementos y materiales			X
3. Seleccionó unidades de muestreo:	X		
3.1 Relieve	X		
3.2 Vegetación	X		
3.3 Cultivo	X		
3.4 Material parental	X		
3.5 Grado de erosión	X		
3.6 Manejo	X		
4. Planificó la toma de submuestras:			
4.1 Distribución de submuestras	X		
4.2 Cuantificación de submuestras	X		
4.3 Elaboración plano de unidades	X		
5. Realizó la toma de muestras:			
5.1 Limpieza sitio de muestreo		X	
5.2 Evitó sitios inadecuados	X		
5.3 Utilización de implementos	X		
6. Manipulación de la muestra			
6.1 Homogenizó submuestras		X	
6.2 Empaque		X	
6.3 Identificación o rotulado	X		
6.4 Sellado	X		
6.5 Diligenció formulario para laboratorio	X		
7. Limpió y guardó implementos y materiales			X
8. Aspectos actitudinales:			
8.1 Utilizó adecuadamente los recursos disponibles		X	
8.2 Se ajustó a las técnicas de muestreo		X	
8.3 Demostró interés			X
<p>OBSERVACIONES</p> <ul style="list-style-type: none"> - En forma general los participantes tienen un puntaje de R debido a que no mostraron mucho interés en la práctica, además no se realizó una limpieza de los implementos a utilizar ni antes ni después de la práctica; es necesario hacer más énfasis en la importancia del muestreo de suelos. - Seleccionaron adecuadamente la unidad de muestreo y planificaron bien la toma de submuestras para el lote de 5 ha. 			
_____	_____		
Firma del evaluador	Firma del evaluado		

B = Bueno

R = Regular

M = Malo

Resumen de la Secuencia 2

La capacidad de los suelos de cada una de las zonas arroceras de Colombia para suministrar los nutrimentos requeridos por la planta de arroz varía, debido al material de origen, a los procesos y factores formadores de éstos y al uso y manejo dados al suelo a través del tiempo.

El arroz puede crecer satisfactoriamente en suelos de características físicas y químicas muy variadas, sin embargo es necesario seleccionar aquellos suelos que presenten menos limitaciones para su manejo y para el crecimiento de la planta.

El arroz generalmente crece mejor en suelos inundados que en suelos aireados. La inundación no sólo proporciona al cultivo un buen suministro de agua y controla las malezas, sino que también pone en marcha una serie de procesos físicos, químicos y microbiológicos que afectan profundamente la absorción de los nutrimentos por parte de la planta de arroz, y la disponibilidad y pérdida de éstos en el suelo.

Una buena toma de muestras de suelo tiene como requisito la selección adecuada de las unidades de muestreo, la distribución de las submuestras en el terreno, la profundidad, la forma de muestrear, el empaque y la identificación acertada de las muestras.

Secuencia 3

Análisis de suelos y manejo de la fertilización en arroz

Contenido

	Página
Objetivos	3-9
• Análisis de suelos	3-11
• Fundamentos del análisis	3-11
• Propósito y utilidad	3-11
• Niveles críticos de deficiencia	3-11
• Determinación de la dosis	3-12
• Eficiencia en el uso de fertilizantes	3-12
• Aspectos generales	3-12
• Comportamiento del N	3-13
• Formas de N y su eficiencia	3-13
• Factores limitantes	3-13
• Variedades y sistemas de producción	3-14
• Comportamiento del P	3-15
• Conceptos generales	3-15
• Tipo de arcilla	3-16
• Reacción del suelo	3-16
• Sistemas de producción	3-17
• Manejo de la fertilización	3-18
• Comportamiento del K	3-18
• Aspectos generales	3-18
• Arcillas y bases intercambiables	3-18
• Manejo de la fertilización	3-18
• Recomendaciones de fertilización y manejo de los fertilizantes	3-19

	Página
• Conceptos generales	3-19
• Fertilización nitrogenada	3-19
• Mineralización y formas del N	3-19
• Causas de la deficiencia de N	3-20
• Importancia y criterios de la fertilización con N	3-20
• Dosis de N	3-21
• Fuentes de N	3-22
• Fraccionamiento	3-23
• Fertilización nitrogenada en suelos de secano	3-23
• Fertilización fosfórica	3-24
• Factores de aprovechamiento del P	3-24
• El P en suelos inundados	3-25
• Niveles críticos y dosis de P	3-25
• Fuentes y épocas de aplicación de P	3-29
• Fertilización potásica	3-31
• Situación y comportamiento en suelos arroceros	3-31
• Niveles críticos y dosis de K	3-31
• Manejo de la fertilización con K	3-34
• Fertilización con elementos secundarios (Ca, Mg, S)	3-35
• Fertilización con Ca y Mg	3-35
• Niveles críticos y dosis de Ca y de Mg	3-36
• Niveles críticos y dosis de S	3-40
• Fertilización con micronutrientes	3-42
• Encalamiento de suelos ácidos para arroz	3-46
• Manejo de suelos salinos	3-49
• Aspectos generales	3-49

	Página
<ul style="list-style-type: none"> • El arroz y la recuperación de suelos salinos 3-50 • Requerimiento de lavado 3-51 • Requerimiento de correctivos para salinidad 3-51 • Fertilización foliar 3-52 	
Bibliografía	3-53
Ejercicio 3.1 Eficiencia de los fertilizantes	3-58
<ul style="list-style-type: none"> • Objetivo • Recursos necesarios • Instrucciones • Hoja de trabajo • Información de retorno 	
Ejercicio 3.2 Fertilización nitrogenada	3-61
<ul style="list-style-type: none"> • Objetivo • Recursos necesarios • Instrucciones • Hoja de trabajo • Información de retorno 	
Ejercicio 3.3 Fertilización fosfórica	3-65
<ul style="list-style-type: none"> • Objetivo • Recursos necesarios • Instrucciones • Hoja de trabajo • Información de retorno 	
Ejercicio 3.4 Formulación de recomendaciones de fertilización .	3-69
<ul style="list-style-type: none"> • Objetivo • Recursos necesarios • Instrucciones • Hoja de trabajo • Información de retorno 	
Resumen de la Secuencia 3	3-82

Flujograma Secuencia 3

Análisis de suelos y manejo de la fertilización en arroz

Objetivos

- Reconocer las ventajas del análisis de suelos como uno de los recursos fundamentales para la toma de decisiones en la fertilización del cultivo.
- Mencionar situaciones que impliquen altas pérdidas de N en cada uno de los siguientes aspectos: características del suelo, fuentes, épocas de aplicación y manejo del riego.
- Mencionar situaciones que impliquen alta fijación de P en cada uno de los siguientes aspectos: características del suelo, fuentes, sistemas de aplicación y agroecosistemas.
- Formular recomendaciones de fertilización con macronutrientes (N,P,K) para un cultivo de arroz dado (estudio de caso), precisando las dosis, fuentes, sistemas y épocas de aplicación, teniendo en cuenta los resultados del análisis de suelos, la variedad y la zona agroecológica.

Contenido

- Análisis de suelos
- Eficiencia en el uso de fertilizantes
- Recomendaciones de fertilización y manejo de los fertilizantes

Bibliografía

Ejercicios 3.1

Eficiencia de los fertilizantes

Ejercicios 3.2

Fertilización nitrogenada

Ejercicios 3.3

Fertilización fosfórica

Ejercicios 3.4

Formulación de recomendaciones de fertilización

Resumen Secuencia 3

Objetivos



Al terminar el estudio de esta secuencia los participantes estarán en capacidad de:

- ✓ Reconocer las ventajas del análisis de suelos como uno de los recursos fundamentales para la toma de decisiones en la fertilización del cultivo.
- ✓ Mencionar situaciones que impliquen altas pérdidas de N en cada uno de los siguientes aspectos: características del suelo, fuentes, épocas de aplicación y manejo del riego.
- ✓ Mencionar situaciones que impliquen alta fijación de P en cada uno de los siguientes aspectos: características del suelo, fuentes, sistemas de aplicación y agroecosistemas.
- ✓ Formular recomendaciones de fertilización con macronutrientes (N,P,K) para un cultivo de arroz dado (estudio de caso), precisando las dosis, fuentes, sistemas y épocas de aplicación, teniendo en cuenta los resultados del análisis de suelos, la variedad y la zona agroecológica.

Información

Análisis de suelos

El análisis de suelos es el estudio químico de una muestra representativa de un suelo dado, que permite conocer la capacidad de suministro de los diferentes nutrimentos que contiene y la probabilidad de respuesta del cultivo a la fertilización con ellos.

Fundamentos del análisis

Propósito y utilidad

El propósito de un análisis de suelos es conocer el elemento o elementos limitantes para la producción y determinar la fertilización que corrige esa deficiencia.

Para que un análisis de suelos tenga significado, los valores determinados en el laboratorio deben correlacionarse con la respuesta de los cultivos a la fertilización, mediante el uso de los niveles críticos y los estudios de dosis óptimas.

Además de ser una guía para la formulación y correcta dosificación de los fertilizantes, el análisis de suelos sirve para caracterizar los suelos en niveles altos, medios o bajos, en cada uno de los elementos esenciales para la nutrición de las plantas y para diagnosticar la presencia de elementos nocivos.

Cuando el contenido es bajo, la probabilidad de respuesta a la fertilización es alta (más del 80%); cuando es alto, la probabilidad es baja (menos del 20%), y cuando el contenido es medio, la probabilidad es media (40 a 60%).

Niveles críticos de deficiencia

Mediante pruebas de campo se han correlacionado los resultados de análisis de suelos con la respuesta de los cultivos a la fertilización, lo cual ha permitido definir los valores y circunstancias donde esta práctica es positiva. En los suelos que presentan contenidos bajos del elemento, el cultivo debe responder positivamente a la aplicación de éste; en suelos con alto contenido del nutrimento, los cultivos no deben responder a la fertilización.

Gracias a estos estudios se han podido determinar los “niveles críticos” para cada elemento, siendo el nivel crítico de deficiencia el valor del análisis por debajo del cual hay una alta probabilidad de respuesta a la aplicación de ese elemento.

Determinación de la dosis

Paralelamente a la determinación de los niveles críticos para cada elemento, se ha determinado “la dosis de fertilizante que corrige la deficiencia”. Para el efecto se han utilizado las mismas pruebas de campo empleadas para determinar los niveles críticos, pero estableciendo una curva de respuesta a dosis crecientes del elemento, hasta alcanzar el nivel de los rendimientos decrecientes.

Eficiencia en el uso de fertilizantes

Aspectos generales

Se ha comprobado que sólo una parte de los fertilizantes aplicados al suelo puede ser utilizada por las plantas, debido a las siguientes causas:

- Pérdidas del suelo. No recuperables.
- Insolubilización, bloqueo o retención en estructuras minerales. Lenta recuperación (fijación).
- Inmovilización por microorganismos y malezas. Moderada recuperación.
- Ubicación fuera del alcance de las raíces. Lenta recuperación.
- Bloqueo o interferencias para su absorción en la superficie de las raíces.

En el Cuadro 3.1 se presentan los niveles generales de eficiencia y las causas de su baja utilización; se han estimado para los nutrientes mayores.

Cuadro 3.1. Niveles de eficiencia de N, P y K.

Elemento	Eficiencia (%)	Causas principales
Nitrógeno	40 a 60	Denitrificación, volatilización, lixiviación, inmovilización y ubicación
Fósforo	5 a 20	Insolubilización, bloqueo, retención, inmovilización, ubicación
Potasio	30 a 50	Lixiviación, bloqueo, retención, ubicación

Esta baja eficiencia en el uso de los fertilizantes evidencia la necesidad de hacer un uso y manejo adecuados de ellos, para evitar niveles aún menores que los anotados.

Comportamiento del N

Formas de N y su eficiencia

La mayor parte del N presente en el suelo se encuentra combinado con formas orgánicas y debe mineralizarse en procesos microbiológicos, para ser utilizado por las plantas en forma de NH_4^+ y de NO_3^- .

El N que se aplica a los suelos inundados en forma de nitratos (NO_3^-), se pierde en su mayor parte por lixiviación con el agua de infiltración o por denitrificación en forma de gases de N_2O o de N_2 .

Por otra parte, el N en forma amoniacal (NH_4^+) es retenido por los coloides del suelo y se conserva en esta forma intercambiable mientras el suelo permanezca inundado; si se deja secar, y por lo tanto airear, el N se transforma en nitratos (NO_3^-) y se pierde cuando se inunda nuevamente el terreno. Esto explica su baja eficiencia cuando el cultivo es sometido a ciclos de inundación y secamiento. El NH_4^+ se puede volatilizar en forma de amoníaco (NH_3), especialmente en suelos con pH mayor de 7

Factores limitantes

La presencia de sustancias y elementos nocivos (sales, Na, Fe, ácidos orgánicos), disminuye la eficiencia y la respuesta al N en el cultivo. También la deficiencia de otros elementos como el P, el K, el Zn y el Cu restringe la respuesta del arroz a la aplicación de N.

La competencia de malezas y el daño de insectos disminuyen también la eficiencia del N, como puede verse en el Cuadro 3.2.

Cuadro 3.2. Efecto del control de malezas e insectos y de la aplicación de nitrógeno (100 kg/ha) en los rendimientos del arroz¹.

Práctica cultural	Rendimiento ton/ha	Diferencia con el testigo kg/ha	
Testigo	3.3	-	-
Nitrógeno	2.9	-	377
Control de malezas	3.8	+	520
Control de insectos	3.6	+	234
N + control de malezas	4.6	+	1269
N + control de insectos	4.3	+	977
Control de malezas e insectos	3.4	+	118
N + control de malezas e insectos	5.1	+	1770

¹ CIAT, 1974

Variedades y sistemas de producción

Otro factor que afecta la eficiencia de los fertilizantes nitrogenados es la variedad de arroz. En general, las del tipo japónica son más eficientes que las tradicionales o tipo indica (Figura 3.1).

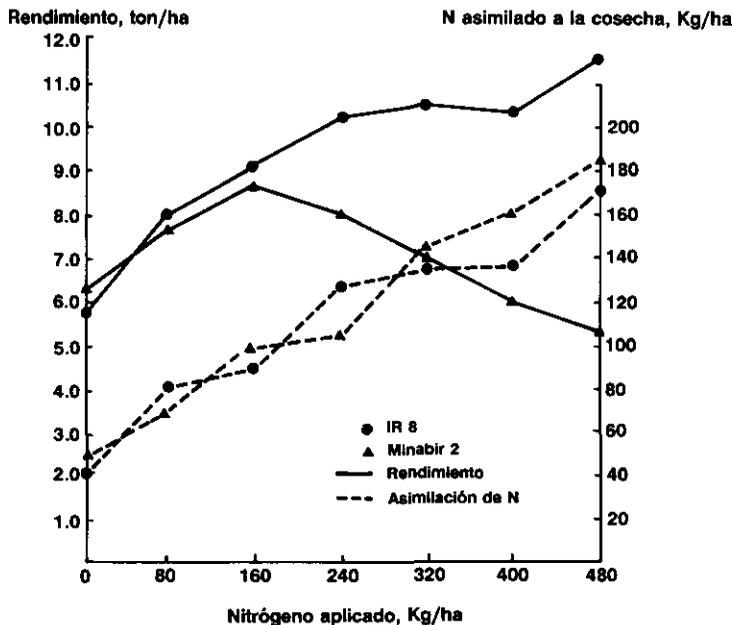


Figura 3.1. Efecto de la dosis de N en la asimilación de éste y en el rendimiento de una variedad de arroz de porte alto (Minabir 2) y otra enana (IR-8) en Lambayeque, Perú (Sánchez, 1972).

Las investigaciones hechas por el ICA en las diferentes zonas arroceras del país, y especialmente las realizadas en la Zona Oriental, muestran que las variedades Oryzica Llanos 5 y Oryzica Llanos 4 requieren mayor cantidad de N que Oryzica 2 y Oryzica 3; éstas, a su vez, requieren más N que Oryzica 1 y CICA 8 para obtener óptimos rendimientos del grano.

El sistema de cultivo, seco o riego, es uno de los factores que más afecta la eficiencia de los fertilizantes nitrogenados. Así, con un suministro adecuado de agua, el rendimiento aumenta con el incremento de N, mientras que en seco los rendimientos son muy bajos pues el N aplicado no puede ser aprovechado (Cuadro 3.3).

Cuadro 3.3. Rendimiento (en t/ha) de la variedad PI-215935 en diferentes sistemas de cultivo y niveles de nitrógeno. IRRI, estación seca 1965¹.

Nivel de N	Suelo inundado	Suelo saturado	Secano favorecido	Secano no favorecido
0	3.0	3.0	1.3	0.7
60	4.8	4.1	4.1	1.0
120	7.2	6.8	6.0	0.6

En Colombia los resultados de investigación han indicado que el promedio de rendimiento de grano en el ecosistema de riego es de 6.1 t/ha, mientras que en el ecosistema de seco favorecido el rendimiento de grano es de 3.9 t/ha, en promedio nacional.

Comportamiento del P

Conceptos generales

La deficiencia de P es general en los suelos ácidos (Llanos Orientales), no sólo por su contenido bajo sino porque la mayoría de ellos fijan cantidades apreciables del elemento que se va liberando, o del que se aplica en los fertilizantes, reduciendo drásticamente el P disponible para las plantas.

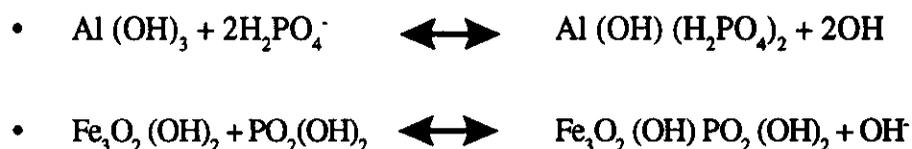
Por fijación de P se puede entender el fenómeno mediante el cual el elemento soluble en el suelo pasa a formas retenidas (adsorbidas) o insolubles (precipitadas), que no son extraídas con ácidos diluidos.

La fijación de P es la causa principal de la baja eficiencia de los fertilizantes fosfóricos aplicados al suelo.

Tipo de arcilla

La mayor fijación de P ocurre cuando en el suelo predominan las arcillas tipo “alófana” y “caolinita”, especialmente cuando éstas se unen a óxidos de Fe y Al en un medio ácido.

La adsorción de Fe y Al por estos hidróxidos, se puede representar resumidamente así:



Reacción del suelo

Según el pH del suelo tienden a presentarse diferentes formas de P que en su mayor parte no son aprovechables ni en el medio ácido (pH < 5.7) ni en el medio alcalino (pH > 7.0), como puede observarse en la Figura 3.2. Los fertilizantes aplicados tienden a formar estos compuestos de P de baja solubilidad, disminuyendo así su eficiencia.

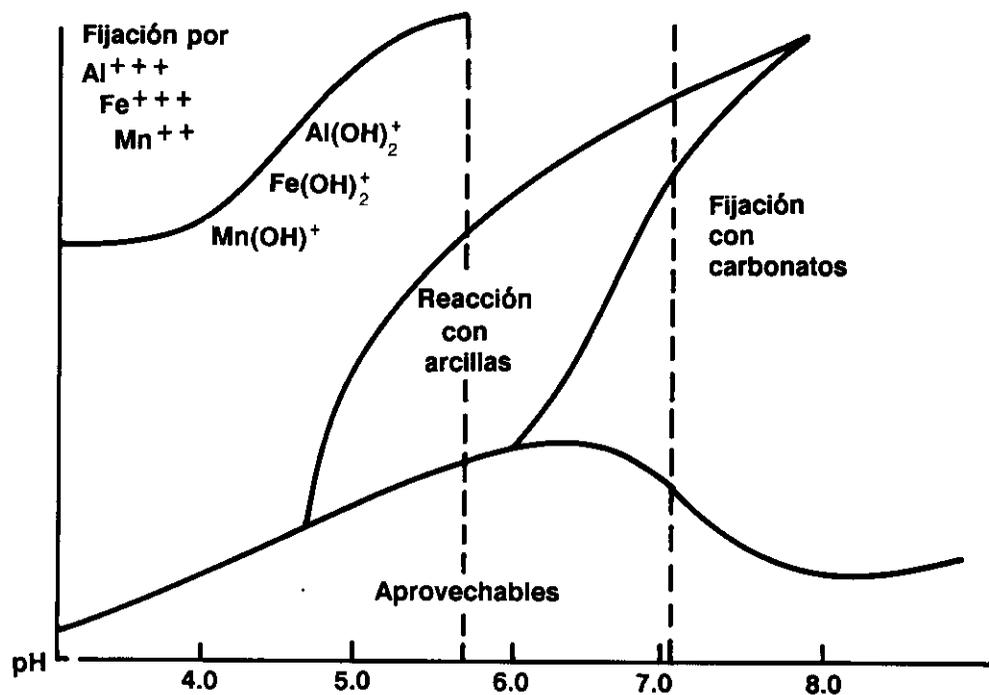


Figura 3.2. Disponibilidad de P en el suelo según su pH.

En el rango de reacción correspondiente a ligeramente ácido - casi neutro (pH 5.8 a 6.9), se presentan las condiciones más favorables de solubilidad, pero puede ocurrir adsorción apreciable por las arcillas.

Sistemas de producción

La eficiencia del P es mayor en suelos inundados o con riego constante que en los de secano, ya que con la reducción química se incrementa su disponibilidad y disminuye su fijación por Fe y Al.

Este comportamiento favorable es mayor, principalmente en la medida en que el P del suelo sea mayor y que el contenido de Fe activo sea menor. (Figura 3.3).

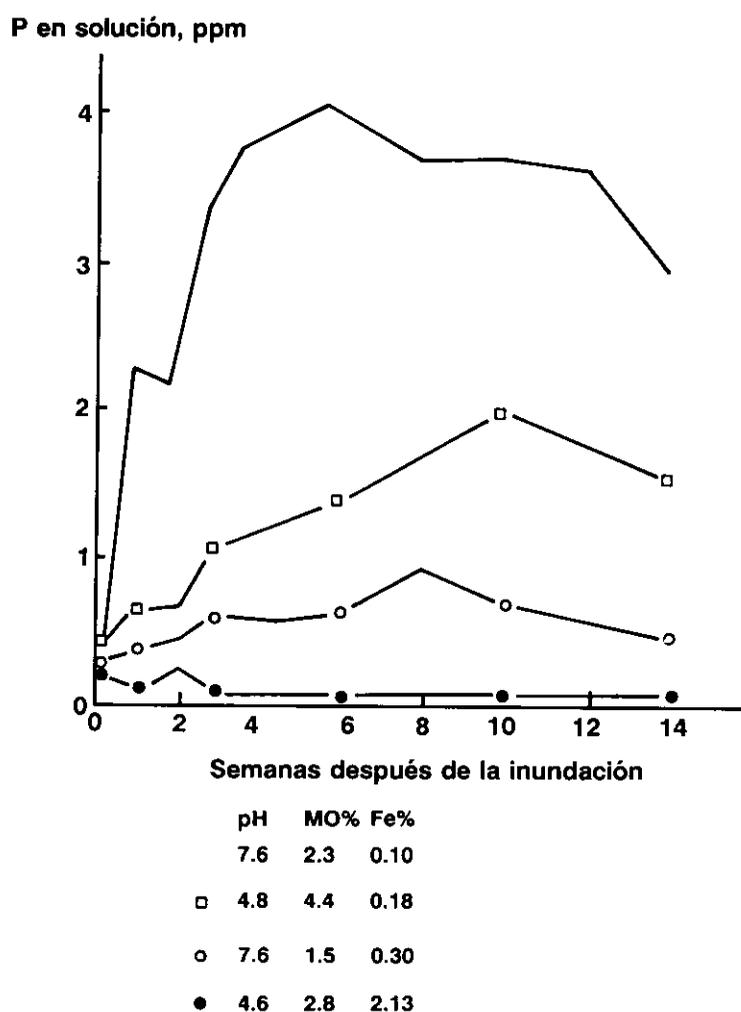


Figura 3.3. Cambios en la concentración de P en la solución de suelo, después de la inundación de varios suelos de diferentes pH y contenido de Fe. (Howeler, 1974).

En condiciones de secano en medio ácido la fijación de P es muy alta, debido principalmente a su reacción con óxidos de Fe y Al, además la adsorción por coloides 1:1 también es apreciable.

Manejo de la fertilización

Los fertilizantes fosfóricos aplicados con anticipación a la siembra disminuyen su eficiencia en relación con el tiempo que permanezcan en contacto con el suelo, debido a que se van fijando paulatinamente; al respecto es importante la fuente utilizada.

Comportamiento del K

Aspectos generales

El K presenta menores problemas de eficiencia que el P; las principales causas de pérdida y disminución de su disponibilidad son la lixiviación, la fijación y el bloqueo en las arcillas.

Arcillas y bases intercambiables

La fijación del K se presenta en suelos con alto contenido de arcillas tipo 2:1, donde entra en posiciones interlaminares. El bloqueo de este K puede ocurrir siempre que haya un exceso de otras bases, especialmente Ca y Mg y cuando el contenido de K es bajo, ya que su retención es tan fuerte que no puede intercambiarse con otros elementos para salir a la solución del suelo.

Manejo de la fertilización

Cuando se aplican dosis bajas de K en condiciones de alta fijación o de bloqueo, la eficiencia obtenida con esa fertilización es mínima o nula.

Otra causa de baja eficiencia es la pérdida de K por lixiviación y escorrentía que, de manera similar al N, ocurre en suelos drenados o en sistemas de riego con agua en movimiento, especialmente cuando la C.I.C. es baja. En estos casos, se puede mejorar la eficiencia del K fraccionando su aplicación, como se verá más adelante.

Recomendaciones de fertilización y manejo de los fertilizantes

Conceptos generales

En la producción agrícola actual, la fertilización se ha convertido en práctica clave e indispensable para obtener máximos rendimientos por unidad de superficie cultivada. Sin embargo, el efecto positivo de la aplicación de fertilizante depende de un gran número de factores tales como el suelo, la variedad, además de los componentes adecuados de la tecnología agrícola. La capacidad de suministro de nutrimentos en los suelos arroceros colombianos es diferente de una zona a otra y varía también dentro de la misma zona; por eso, los análisis de suelos son necesarios para conocer la fertilidad de un lote en particular y determinar su tratamiento fertilizante más adecuado.

No todos los suelos agrícolas de las diferentes zonas están en capacidad de suministrar los nutrimentos requeridos por el cultivo; existen diferencias debidas a los materiales parentales de donde provienen, y a los procesos y factores formadores de éstos en cada zona en particular. Esto hace que no se puedan extrapolar en su totalidad los planes de fertilización de una zona a otra.

Dentro de un marco conceptual, el nivel crítico de un elemento expresa la respuesta de una planta a determinado contenido de ese elemento en un suelo. Se establece que la baja respuesta a la aplicación corresponde a un nivel alto de disponibilidad, mientras que las respuestas altas corresponden al nivel bajo de disponibilidad.

Fertilización nitrogenada

Es una de las prácticas más complejas de la fertilización, considerando la dificultad de correlacionar la materia orgánica del suelo o el N total con las dosis óptimas a aplicar, y su apreciable incidencia en el rendimiento del arroz con cáscara, tanto positiva con dosis adecuadas como negativa con dosis bajas o excesivas.

Mineralización y formas del N

La aprovechabilidad de este elemento depende de su mineralización o conversión del N orgánico a formas nítricas o amoniacales; en este sentido, la tasa de mineralización es muy importante. Hasta ahora no se ha encontrado un método satisfactorio para medir la tasa de mineralización; tal vez el método más usado es el de la medida de la capacidad de producción de nitratos. Algunos estudios preliminares

realizados en el Valle del Cauca, indican que en promedio la tasa de mineralización se ubica alrededor de 1.78% del N total, con un rango de variación de 0.08 a 2.24%.

En suelos inundados o saturados, como sucede en cultivos de arroz irrigado, la mineralización es muy baja y depende de los organismos anaeróbicos.

Las formas asimilables de N para las plantas son los nitratos (NO_3) y el amonio (NH_4), pero estas formas son muy inestables ya que son afectadas por condiciones de óxido-reducción, pH y actividad microbológica del suelo; por tal razón su determinación es un índice que puede modificarse rápidamente. La mayoría de los programas de suelos consideran el contenido de materia orgánica del suelo como criterio de reserva de N. El N se hará disponible según su tasa de mineralización. En suelos arroceros irrigados predominan las formas amoniacaes, que son estables mientras no se airee el suelo, además es la forma utilizada preferentemente por el arroz para su nutrición.

Causas de la deficiencia de N

Algunas de las causas más importantes de la deficiencia de N son:

- Bajo contenido de M.O.
- Bajo suministro de N por la M.O.
- Altas pérdidas de N (lixiviación, denitrificación, volatilización, erosión y remoción)
- Alta mineralización por temperaturas elevadas y lavado por precipitaciones abundantes.
- Baja eficiencia de los fertilizantes aplicados (menos del 60%).

Importancia y criterios de la fertilización con N

La fertilización nitrogenada en arroz no debe realizarse con base en el contenido de M. O. del suelo, pues como no existe una relación definida entre estos dos parámetros el establecimiento de niveles críticos se ha dificultado. Las recomendaciones de fertilización con N están basadas en los resultados obtenidos en las pruebas regionales de variedades y en datos de ensayos con dosis de N, localizados en las regiones para las cuales se recomienda.

Los estudios realizados sobre la respuesta de las variedades actuales (Meticas, Cica 8, Oryzica 1, 2 y 3 y Oryzica Llanos 4 y Llanos 5), indican que no se pueden obtener altos rendimientos cuando no se aplica

N en la fertilización. La adición de N a estas variedades incrementa apreciablemente los rendimientos con valores que oscilan entre 84 y 208% en relación con los testigos donde no se aplica N; esto equivale a producir de 2 a 3 t/ha más que cuando no se aplica este nutrimento.

De otra parte, mediante las pruebas regionales se ha logrado establecer una relación directa entre las dosis de N aplicado y la incidencia del hongo *Pyricularia oryzae*, especialmente en variedades susceptibles y en la zona de los Llanos Orientales, donde por razones climáticas hay una mayor incidencia de esta enfermedad. El porcentaje de volcamiento también se ve afectado por los niveles de N aplicados, especialmente en la Zona Norte, donde a mayores dosis de N hay mayor volcamiento; de las variedades, la Oryzica 1 es muy susceptible a este problema, mientras que la Oryzica 3 es la más tolerante.

Ante la necesidad de aplicar dosis altas de N para obtener rendimientos elevados, y con el fin de controlar los problemas anotados, es importante suministrar en cantidades adecuadas los elementos (K, P, Mg, Ca, S y los elementos menores) que presenten algún grado de insuficiencia. Además se deben utilizar densidades de siembra adecuadas y disminuir la proporción de N que se aplica antes de la formación del primordio floral.

Por otra parte, la respuesta del arroz a la fertilización con N disminuye apreciablemente debido a las siguientes condiciones:

- Cantidad excesiva de sales en el suelo
- Exceso de Fe o de Mn solubles en el suelo
- Deficiencia de K, S, P, Mg o Zn
- Baja temperatura o baja radiación solar.
- Baja humedad en el suelo

Dosis de N

Para determinar la dosis de N se deben tener en cuenta los siguientes aspectos o factores:

- Sistema de cultivo (riego o secano)
- Pérdidas de N por diferentes causas
- Variedad de arroz
- Probabilidad de volcamiento
- Incidencia y control de enfermedades

- Zona o región
- Fertilización con otros elementos
- Fuente empleada
- Manejo agronómico

La dosis relacionada dentro de cada rango depende de los factores mencionados, especialmente en relación con las pérdidas por manejo del riego, nivel y fertilización con otros elementos, enfermedades y volcamiento.

Los sistemas de riego “corrido” y riego por “mojes”, causan altas pérdidas de N, especialmente en suelos gruesos o de percolación moderada a rápida, implicando un mayor requerimiento de N.

Por otra parte, en la medida en que haya un mayor contenido o suministro de los elementos K, S, Zn, P y Mg y un mejor manejo del cultivo en todos los aspectos, puede aplicarse una mayor dosis de N para obtener óptimos rendimientos. Sin embargo, cuando por causas varietales o climáticas haya una incidencia de enfermedades o de volcamiento, no debe incrementarse la dosis de N y conviene modificar su manejo.

Fuentes de N

En relación con las fuentes de N, se debe considerar que las características químicas del suelo en condiciones de inundación determinan un amplio grado de eficiencia de las fuentes nitrogenadas. La forma amoniacal del N presente en las fuentes, como la urea, el sulfato de amonio, el fosfato diamónico, entre otros, es más estable en suelos inundados debido a la adsorción de los iones amonio (NH_4^+) en las partículas de arcilla del suelo. Las formas nítricas como el nitrato de sodio y el nitrato de amonio, una vez aplicadas, son lavadas por el agua de riego o se pierden en una alta proporción, por desnitrificación y volatilización, y por lo tanto, no son las fuentes más aconsejables para suelos inundados.

En zonas apreciablemente afectadas por piricularia en arroz, en suelos con muy bajos contenidos de bases de los Llanos Orientales, se ha encontrado mayor incidencia de la enfermedad empleando el sulfato de amonio. Sin embargo, en otras partes del país y del mundo, donde el problema de piricularia no es tan severo, y en suelos con más altos contenidos de bases, el sulfato de amonio es la fuente más usada en arroz de riego, con resultados favorables en producción y calidad del grano. En Colombia, la fuente más usada a nivel general es la urea, la cual ha mostrado efectividad y debido a su alta concentración (46% de N), el kilo del elemento puro resulta más barato porque los costos de transporte y aplicación son menores.

A continuación se presenta una lista de fuentes de fertilizantes nitrogenados comunes y su contenido de N.

Fuente	Nitrógeno (%)
Fuentes amoniacales	
Amoníaco anhidro	82
Agua amoniacal/soluciones de N	21-49
Nitrato de amonio	33.5-34.0
Sulfato de amonio	21
Monofosfato de amonio (MAP)	11
Difosfato de amonio (DAP)	18-21
Cloruro de amonio	26
Urea	46
Fuentes de nitrato	
Nitrato de sodio	16.0
Nitrato de potasio	13.0
Nitrato de calcio	15.5
Compuestos de entrega lenta	
Urea recubierta de azufre	39.0
Urea formaldehído	38.0

Fraccionamiento

Las pruebas regionales sobre épocas de aplicación de N han indicado que la mejor manera de aplicarlo es fraccionando la dosis total en tres partes iguales y suministrarlas al inicio de macollamiento, al máximo macollamiento, y al inicio del primordio floral; para ello, es necesario tener en cuenta el período vegetativo de la variedad. Actualmente se adelantan investigaciones con el fin de validar esta información en las variedades mejoradas de arroz y en las de mayores requerimientos de este nutrimento.

Fertilización nitrogenada en suelos de secano

Los resultados de las pruebas regionales en las diferentes zonas arroceras indican, a nivel general, que en arroz de secano la ausencia de N no es tan limitante como en arroz con riego, y aunque hay buena respuesta, se pueden alcanzar rendimientos aceptables sin la aplicación de este elemento. Esto es explicable por la diferencia de fertilidad de los suelos para riego y secano, especialmente en la zona de los Llanos Orientales donde los suelos para el arroz de secano son más fértiles.

De otro lado, las investigaciones realizadas sobre el manejo del N en secano indican que es importante tener en cuenta la localidad, la variedad, la incidencia de enfermedades y su manejo debido a que se ha demostrado que en este sistema de cultivo se presenta mayor ataque de ellas, principalmente de piricularia. Los trabajos realizados sobre fuentes, dosis y épocas de aplicación de N han permitido hacer algunas recomendaciones.

Cuando no se efectúa control de piricularia en variedades susceptibles, la dosis de N oscila entre 0-30 kg/ha; si se efectúa control se pueden aplicar entre 60 y 80 kg/ha de N, en la zona de alta incidencia de esta enfermedad. En zonas de baja incidencia de la enfermedad las dosis pueden duplicarse dependiendo de los requerimientos de la variedad. También en las variedades que son tolerantes a piricularia, como Oryzica 1, Oryzica Llanos 4 y Oryzica Llanos 5, las dosis pueden ser mayores.

El manejo de la fuente de N en arroz de secano debe hacerse en forma similar al de otros cultivos que se desarrollan en suelos oxidados. Esto significa que en esta modalidad de cultivo pueden emplearse fuentes amoniacales y nítricas, como urea, sulfato de amonio, nitrato de amonio, compuestos, etc. Por lo tanto, para decidir la fuente de N en arroz de secano debe tenerse en cuenta principalmente el aspecto económico en términos de incrementos en rendimiento por unidad de N aplicado.

De otro lado, en arroz secano también se ha presentado mayor ataque de piricularia al utilizar sulfato de amonio; sin embargo, es necesario tener en cuenta esta fuente cuando la incidencia de piricularia es baja.

Fertilización fosfórica

El P es un elemento muy dinámico en el suelo, dada su gran facilidad de formar compuestos insolubles. La mayoría de los suelos tienen alto contenido de P total, pero este valor es poco importante si la disponibilidad es baja.

Factores de aprovechamiento del P

Los factores que afectan el aprovechamiento del P por la planta son:

- a. Reacción del suelo (pH). La planta absorbe el P principalmente como $H_2PO_4^-$, forma iónica que predomina en pH comprendidos entre 5.5 y 7.0; la forma PO_4^{3-} , se presenta en pH alcalinos y no es absorbida por las plantas.
- b. Contenido de calcio. La forma soluble de P es el fosfato monocálcico, pero en suelos con alto contenido de Ca puede pasar a fosfatos di y tricálcicos que son insolubles.

- c. Contenido de Fe y Al. En suelos ácidos con alto contenido de Fe y/o Al, el P forma compuestos insolubles muy estables no disponibles para la planta.
- d. Tipo de arcilla presente. Las arcillas del tipo 1:1, como la caolinita y también arcillas como la alófana y los óxidos e hidróxidos de Fe y Al, tienen alta capacidad de fijar el fosfato en su estructura o retenerlo muy fuertemente.

El P en suelos inundados

Los suelos arroceros de Colombia en condiciones de riego difieren en sus contenidos de P, siendo más intensa y frecuente su deficiencia en los Llanos Orientales, donde predominan los elementos Fe y Al a niveles que pueden causar toxicidades.

De otra parte, el manejo diferencial dado a los lotes de fincas arroceras en donde se incorporan los residuos de cosecha o se realizan aplicaciones continuas de correctivos y fertilizantes, ha venido mejorando el nivel de fertilidad de los suelos. En zonas deficientes en P, la fertilización fosfatada aumenta significativamente los rendimientos y la magnitud de la respuesta depende del contenido del elemento en el suelo y de su eficiencia.

En suelos inundados el P, debido a una serie de procesos físico-químicos y químicos, se hace más disponible. Al aumentar su concentración, la respuesta a la aplicación de fertilizantes fosfatados no es tan marcada; sin embargo, cuando la concentración de este elemento es muy baja (menos de 5 ppm Bray II) y se presenta fijación en el suelo por la presencia de Al y Fe, ocurre una mayor respuesta.

Los estudios realizados sobre el efecto del P en el rendimiento de algunas variedades comerciales de arroz en los Llanos Orientales (Metica 2, Cica 8, Oryzica 1, 2, 3, Oryzica Llanos 4 y Llanos 5), muestran que la aplicación de este nutrimento puede incrementar los rendimientos en niveles cercanos al 50% en relación con el testigo sin P; esto equivale a aumentar dichos rendimientos en cantidades de aproximadamente 1.5 t/ha, dependiendo de la variedad y del contenido de este elemento en el suelo.

Niveles críticos y dosis de P

Las deficiencias críticas de P en arroz se presentan principalmente en los suelos ácidos de los Llanos Orientales y en algunos del Bajo Cauca. Sin embargo, en otras regiones se encuentran algunos suelos con niveles bajos o medios de P que también requieren una fertilización adecuada con

este elemento, para que el rendimiento y la calidad del arroz no se afecten apreciablemente.

Las recomendaciones de P deben basarse en los análisis de suelos y en los niveles críticos establecidos para cada zona y variedad. En los Cuadros 3.4 y 3.5 se presentan los niveles críticos tentativos establecidos para la Zona Norte y en los cuadros 3.6, 3.7 y 3.8 se presentan los niveles críticos para la Zona Central y Llanos Orientales respectivamente.

Zona norte

Cuadro 3.4. Recomendaciones de fertilización con P para arroz con riego en suelos de la Zona Norte (Costa Atlántica), según el análisis del suelo.

P en el suelo (ppm-Bray II)	Interpretación nivel crítico	Dosis de $P_2O_5^v$ (kg/ha)	Dosis de P (kg/ha)
Menor de 10	Bajo	25 - 50	22 - 33
10 - 20	Medio	15 - 25	11 - 22
Mayor de 20	Alto	0 - 15	0 - 11

^v Factor de conversión P_2O_5 2.29 = P

Fuente: Memorias Curso de Arroz Tierralta (Acosta, 1989)

Cuadro 3.5. Recomendaciones de fertilización con P para arroz de secano en la Zona Norte (Costa Atlántica), según el análisis de suelos.

P en el suelo (ppm-Bray II)	Interpretación nivel crítico	Dosis de $P_2O_5^v$ (kg/ha)	Dosis de P (kg/ha)
Menor de 15	Bajo	50 - 75	22 - 33
15 - 30	Medio	25 - 50	11 - 22
Mayor de 30	Alto	0 - 25	0 - 11

^v Factor de conversión P_2O_5 2.29 = P

Fuente: Memorias Curso de Arroz Tierralta (Acosta, 1989)

Zona centro

Cuadro 3.6. Recomendaciones de fertilización con P para el cultivo de arroz con riego en la zona centro, según el análisis de suelos.

P en el suelo (ppm-Bray II)	Interpretación nivel crítico	Dosis de P_2O_5 ^{1/} (kg/ha)	Dosis de P (kg/ha)
Menos de 10	Bajo	50 - 75	22 - 33
10 - 20	Medio	25 - 50	11 - 22
Mayores de 20	Alto	0 - 25	0 - 11

^{1/} Factor de conversión P_2O_5 2.29 = P

Fuente: Fertilización del cultivo del arroz en los Llanos Orientales. (Sánchez, 1988).

Llanos Orientales

Cuadro 3.7. Recomendaciones de fertilización con P para arroz con riego en suelos Clase III de los Llanos Orientales, según el análisis de suelos.

P en el suelo (ppm-Bray II)	Interpretación nivel crítico	Dosis de P_2O_5 ^{1/} (kg/ha)	Dosis de P (kg/ha)
Menor de 5	Muy bajo	100 - 150	44 - 66
5 - 10	Bajo	75 - 100	33 - 44
11 - 20	Medio	50 - 75	22 - 33
Mayor de 20	Alto	25 - 50	11 - 22

^{1/} Factor de conversión P_2O_5 2.29 = P

Fuente: Fertilización del cultivo del arroz en los Llanos Orientales. (Sánchez, 1988).

Cuadro 3.8. Recomendaciones de fertilización con P para arroz de seco en suelos de vega de los Llanos Orientales, según el análisis de suelos.

P en el suelo (ppm-Bray II)	Interpretación nivel crítico	Dosis de P_2O_5^v (kg/ha)	Dosis de P (kg/ha)
Menor de 10	Muy bajo	100	39 - 56
10 - 15	Bajo	50 - 75	22 - 33
16 - 30	Medio	25 - 50	11 - 22
Mayor de 30	Alto	0 - 25	0 - 11

^v Factor de conversión P_2O_5 2.29 = P

Fuente: Fertilización del cultivo del arroz en los Llanos Orientales. (Sánchez, 1988).

Las condiciones de fijación o insolubilización alta del P aplicado se presentan principalmente en la región de los Llanos Orientales y las de fijación moderada a baja en la costa norte y región central, aun cuando la presencia de carbonatos y de niveles altos de Ca en algunos suelos de estas dos últimas causan también una fijación apreciable del P.

El Instituto Colombiano Agropecuario (ICA) ha realizado numerosos esfuerzos tratando de encontrar el nivel crítico de P para los suelos de Colombia.

Para el efecto se han estudiado diferentes métodos de extracción (Bray I, Bray II, Olsen, Truog, Carolina del Norte, etc.) y sus resultados se han correlacionado con la respuesta de los cultivos a las aplicaciones de P en el campo.

Como resultado de estos estudios y utilizando el método de Bray II, se ha encontrado un valor promedio de 20 ppm, como límite entre suelos bien provistos de P y suelos bajos en este elemento.

Para la interpretación de las tablas de niveles críticos se toma como base el valor medio del rango de dosis de P correspondiente al resultado del análisis de suelos; se debe seleccionar una dosis que tienda a valores mayores cuando se presenten algunos de los siguientes factores:

- Valores de pH menores que 5.6 o mayores que 7.2
- Niveles altos de Fe o de Ca activos
- Valores bajos de P en el rango crítico respectivo
- Sistema de riego por mojes o con interrupción frecuente del riego

Pero si estos anteriores factores no se presentan, la dosis de P se ubicará desde el valor medio en el rango hacia el valor inferior correspondiente, lo mismo que cuando la disponibilidad de N, Zn, Cu y Mg, pueda ser insuficiente para el cultivo de arroz. Además, se debe tener en cuenta el requerimiento o respuesta de la variedad al P y la experiencia al respecto.

Fuentes y épocas de aplicación de P

Los fertilizantes fosfatados se clasifican en productos resultantes de tratamientos con ácidos o de tratamientos efectuados por medio de un proceso térmico. Los ácidos usados para la producción de los fertilizantes fosfatados mediante acidulación, son el sulfúrico y el fosfórico.

Los fertilizantes fosfatados provenientes de tratamientos con ácidos, de mayor uso en arroz son:

- El superfosfato simple (20% de P_2O_5) (8.7% de P).
- El superfosfato triple (46% de P_2O_5) (20% de P) y
- Los fosfatos de amonio (MAP: 11-12% de N y 48-55% de P_2O_5 ó 21-24% de P) (DAP: 18-46-0 ó 18% de N y 20% de P).

Fuentes fosfóricas para arroz con riego

La disponibilidad de P para la planta de arroz está directamente relacionada con la solubilidad en agua de la fuente de P utilizada. La mayor solubilidad se encuentra en aquéllas a base de fosfato monocálcico y fosfato de amonio; las formas tricálcicas no son solubles en agua y por lo tanto están menos disponibles para la planta del arroz.

La solubilidad y por ende la disponibilidad del P en diferentes fuentes varía de la siguiente manera: fosfatos de amonio > superfosfatos > nitrofosfatos > Escorias Thomas > rocas fosfóricas.

Teniendo en cuenta lo anterior y con base en los resultados obtenidos en pruebas regionales en las diferentes zonas, se puede indicar que las mejores fuentes de P para las Zonas Centro y Norte son las solubles (superfosfatos, nitrofosfatos) y, en algunos casos, las Escorias Thomas. Las rocas fosfóricas no son aconsejables para estas zonas, pero en algunos casos se podrán utilizar en mezcla con otra fuente más soluble. En suelos fijadores de P, como la zona de los Llanos Orientales, es más conveniente realizar la fertilización fosfatada con fuentes de disponibilidad lenta, como las Escorias Thomas o también rocas fosfóricas complementadas con fuentes más solubles, ya que el P se va liberando lentamente disminuyendo su fijación.

En lotes de los Llanos Orientales donde el manejo ha mejorado la disponibilidad de P en el suelo, las fuentes solubles han presentado una alta eficiencia.

En suelos con pH mayor de 7.0 la reacción alcalina del fosfato diamónico (DAP) puede ser inconveniente debido a que el Ca del suelo se activa e interfiere con el K, con los elementos menores y con la misma solubilidad del P.

Como la mayor área de arroz se siembra al voleo, el P debe aplicarse uniformemente a voleo e incorporarse con rastrillo, ya sea antes de la siembra (Escorias Thomas y rocas fosfóricas) o al momento de ella (superfosfatos, nitrofosfatos y abonos compuestos altos en P).

Los resultados sobre épocas de aplicación de P usando fuentes solubles en suelos con deficiencia, indican que el suministro al momento de la siembra es significativamente más eficiente que cuando se hace a los 30 días o cuando se hacen aplicaciones fraccionadas.

Fuentes fosfóricas para arroz de secano

Los suelos arroceros de Colombia en condiciones de secano casi no presentan problemas de fijación de P por Fe y Al o por carbonatos de Ca y Mg, lo cual favorece el uso de fuentes solubles en agua que son de acción inmediata.

Las fuentes de P que pueden utilizarse en suelos de arroz secano son las siguientes:

- Superfosfato simple y triple, aplicados al momento de la siembra e incorporados al suelo.
- Fertilizantes compuestos altos en P (10 - 30 - 10; 13 - 26 - 6, DAP, etc.) aplicados al momento de la siembra.
- Escorias Thomas, si el pH del suelo es menor de 5.5 aplicadas al voleo antes de la siembra.

Las rocas fosfóricas no son la fuente más adecuada cuando los suelos tienen un pH mayor de 5.5; sin embargo, en algunos casos se pueden hacer mezclas con P soluble, como también rocas fosfóricas parcialmente aciduladas, las cuales han mostrado que son eficientes para arroz.

Fertilización potásica

Situación y comportamiento en suelos arroceros

Los suelos arroceros de Colombia presentan diferencias en los contenidos de K siendo, al igual que el P, más notoria su deficiencia en la Zona Oriental en las terrazas bajas y medias; en la Zona Centro, Occidente y Norte, los contenidos varían de medio a alto. El K es uno de los elementos que toma en gran cantidad la planta de arroz; sin embargo, la inundación favorece el aumento de este elemento debido a la meteorización de los feldespatos y micas. La incorporación de residuos de cosecha suministra en gran parte el K absorbido por la planta.

Los estudios realizados sobre el efecto de la fertilización con K sobre los rendimientos de grano de las variedades comerciales de arroz (Metica 2, Cica 8, Cica 4, Oryzica 1, 2, 3, Oryzica Llanos 4 y Llanos 5), han mostrado que la respuesta de dichos materiales no es tan alta como en el caso del N y del P; sin embargo, su aplicación ha permitido incrementos en el rendimiento, con valores que oscilan entre 15% y 20% en relación con el testigo sin K. Estos valores son equivalentes a aumentos de aproximadamente 400 - 700 kg/ha dependiendo de la variedad y del contenido de este elemento en el suelo.

La respuesta del arroz a la fertilización con K es cada vez más frecuente, debido al empobrecimiento paulatino de los suelos por lavado y por extracción de los cultivos, todo lo cual es muy intenso en arroz con riego; esto tiene relación con el predominio de suelos con bajo contenido de K en las zonas arroceras.

Niveles críticos y dosis de K

Al igual que para el P, también se han establecido recomendaciones de K para la Zona Norte, Centro, Occidental y Oriental en arroz con riego (Costa Atlántica, Valles interandinos y Llanos Orientales), que se basan en los niveles críticos tentativos de este elemento (Cuadros 3.9, 3.10 y 3.11).

Zona norte

Cuadro 3.9. Recomendaciones de fertilización con K para el arroz con riego en la Costa Atlántica, según el análisis de suelos.

K intercambiable (meq/100 g)	Interpretación nivel crítico	Dosis de K ₂ O (kg/ha)	Dosis de K (kg/ha) ²
Menos de 0.15	Bajo	25 - 50	21 - 4
10.15 - 0.30	Medio	15 - 25	12 - 21
Mayor de 0.30	Alto	0 - 15	0 - 12

² kg K/ha = kg K₂O/ha x 0.8298

Fuente: Memorias Curso de Arroz Tierralta (Acosta, 1985)

Zona centro y occidente

Cuadro 3.10. Recomendaciones de fertilización con K para el cultivo de arroz con riego en la Zona Centro y Occidente, según el análisis de suelos.

K intercambiable (meq/100 g)	Interpretación nivel crítico	Dosis de K ₂ O (kg/ha)	Dosis de K (kg/ha) ²
Menos de 0.2	Bajo	60 - 90	50 - 75
De 0.2 - 0.4	Medio	30 - 60	25 - 50
Más de 0.4	Alto	0 - 30	0 - 25

²kg K/ha = kg K₂O/ha x 0.8298

Cuadro 3.11. Recomendaciones de fertilización con K para arroz con riego en suelos Clase III de los Llanos Orientales según el análisis de suelos.

K intercambiable (meq/100 g)	Interpretación nivel crítico	Dosis de K ₂ O (kg/ha)	Dosis de K (kg/ha) ²
Menos de 0.10	Muy bajo	90 - 120	75 - 100
0.10 - 0.20	Bajo	60 - 90	50 - 75
0.21 - 0.30	Medio	30 - 60	25 - 50
Mayor 0.30	Alto	0 - 30	0 - 25

²kg K/ha = kg K₂O/ha x 0.8298

Fuente: Fertilización del cultivo del arroz en los Llanos Orientales (Sánchez, 1988).

Al igual que para el establecimiento de la dosis de P, cuando se presenten algunas de las siguientes condiciones, la dosis de K debe tender hacia el mayor valor del rango correspondiente:

- A medida que la relación $(Ca + Mg)/K$ sea mayor de 50.
- A medida que el valor de K intercambiable sea menor, dentro de su rango crítico correspondiente.
- A medida que se incremente la dosis de N por encima del valor medio del rango.
- En suelos con alta lixiviación y escorrentía (texturas gruesas y altas pendientes).
- Cuando haya incidencia de enfermedades o de volcamiento.
- Cuando el tamo de arroz se saca del lote para diferentes fines.

Se debe tener en cuenta que la deficiencia o insuficiencia de algunos elementos como Mg, N, Zn, Mn y B limitan la respuesta al K.

Recomendaciones de K para arroz de secano:

Los suelos arroceros de secano mecanizado presentan un contenido medio de K; sin embargo, en ciertos casos pueden presentarse deficiencias que hacen necesaria la aplicación de este elemento, actividad que debe efectuarse con base en los análisis de suelos y en los niveles críticos.

En los Cuadros 3.12 y 3.13 se registran las recomendaciones de K de acuerdo con los niveles críticos establecidos para las zonas donde se cultiva el arroz en secano mecanizado.

Cuadro 3.12. Recomendaciones de fertilización con potasio para arroz de secano en la Costa Atlántica, según el análisis de suelos.

K intercambiable (meq/100 g)	Interpretación nivel crítico	Dosis de K ₂ O (kg/ha)	Dosis de K (kg/ha) ^{2/}
Menos de 0.15	Bajo	50 - 75	41 - 62
0.15 - 0.30	Medio	25 - 50	21 - 41
Mayor de 0.30	Alto	0 - 25	0 - 21

$$^2\text{kg K/ha} = \text{kg K}_2\text{O/ha} \times 0.8298$$

Fuente: Memorias Curso de Arroz Tierralta (Acosta, 1989).

Cuadro 3.13. Recomendaciones de fertilización con potasio para arroz de secano en suelos de Clase I y II de los Llanos Orientales, según el análisis de suelos.

K intercambiable (meq/100 g)	Interpretación nivel crítico	Dosis de K ₂ O (kg/ha)	Dosis de K (kg/ha) ^{2/}
Menor de 0.10	Muy bajo	75	62 - 75
0.10 - 0.15	Bajo	50 - 75	41 - 62
0.16 - 0.30	Medio	25 - 50	21 - 41
Mayor de 0.30	Alto	0 - 25	0 - 21

$$^2\text{kg K/ha} = \text{kg K}_2\text{O/ha} \times 0.8298$$

Fuente: Memorias curso de arroz Tierralta (Acosta, 1989).

Manejo de la fertilización con K

Recomendaciones, fuentes y métodos de aplicación de K para arroz con riego.

Algunas consideraciones para la aplicación de K en el arroz con riego son las siguientes:

Si el suelo es muy bajo en K, la fertilización potásica puede hacerse en partes iguales, a la siembra y al inicio del macollamiento, dependiendo del período vegetativo de la variedad. Si el suelo es muy bajo en K y la C.I.C. es muy baja, se pueden realizar tres aplicaciones de K: a la siembra, al inicio del macollamiento y al máximo macollamiento.

Los fertilizantes potásicos de uso más frecuente en cultivos de arroz son los siguientes:

- Cloruro de potasio (60% K_2O ó 50% K)
- Sulfato de potasio (50% K_2O ó 41% K y 18% S) utilizado para suministrar al cultivo tanto K como S.
- Sulfomag (21% K_2O ó 17.4%, 18% S y 11% Mg) utilizado para suministrar K, S y Mg al cultivo, simultáneamente.

Por su eficiencia y menores costos por unidad de K, la fuente más utilizada es el cloruro de potasio (60%). El nitrato de potasio (KNO_3) casi nunca se utiliza; el KNO_3 contiene cerca del 44% de K_2O (36.5% K) y el 13% de N y es de alta solubilidad.

En arroz de secano no se han encontrado diferencias significativas entre las fuentes de KCl y K_2SO_4 . En suelos muy bajos en Mg, que a la vez requieran K, la fuente más recomendada es el SULFOMAG, el cual suministra simultáneamente estos nutrimentos.

El Cuadro 3.14 muestra la composición química de varios fertilizantes potásicos.

Cuadro 3.14. Composición química de varios fertilizantes potásicos.

Material	Composición (%)			
	K_2O	Mg	S	N
KCl	60			
K_2SO_4	50		18	
$K_2SO_4 \cdot 2 Mg SO_4$	22	11	23	
KNO_3	44			13

Fertilización con elementos secundarios (Ca, Mg, S)

Fertilización con Ca y Mg

En comparación con el N, el P, y el K, la investigación sobre la dinámica del Ca y el Mg es muy poca, especialmente en nuestro medio.

El Ca y el Mg al igual que el K, se expresan en miliequivalentes/100 gramos, es decir, el diagnóstico de la disponibilidad se realiza con base en la concentración de las formas cambiables; sin embargo, existe la tendencia a evaluar el porcentaje de saturación de cada elemento y su relación en el suelo. Este criterio se basa en el hecho de que el flujo de cationes de la fase cambiante a la solución del suelo y de ésta a la planta, es directamente proporcional a la saturación de los mismos en el complejo de cambio.

Debido a la poca información disponible sobre estos elementos, no se tienen unos niveles críticos tan definidos como los que existen para el P y el K pero se trabaja con niveles generales. Los mayores problemas por deficiencias de Mg se presentan en la zona de los Llanos Orientales, donde se pueden encontrar contenidos muy bajos (menos de 0.1 meq/100 g).

Los estudios realizados sobre requerimientos de Mg por los diferentes materiales de arroz han mostrado que éstos difieren de una variedad a otra, siendo Oryzica 1 la que se ve más afectada por la deficiencia de este elemento. En esta variedad los rendimientos se pueden reducir en porcentajes cercanos al 30%, cuando el contenido de Mg en el suelo es bajo y no se aplica este nutrimento.

A nivel general la respuesta de las variedades comerciales actuales en esa zona (Mética 1 y 2, Oryzica 2, Oryzica Llanos 4 y Llanos 5), presenta incrementos que van desde 0 a 14% con la aplicación de Mg, dependiendo del contenido de este elemento en el suelo.

Niveles críticos y dosis de Ca y de Mg

En el Cuadro 3.15 aparecen los niveles críticos tentativos de Ca y de Mg en suelos de Colombia, los cuales sirven para tener una mayor aproximación en el diagnóstico y recomendación de estos elementos en el cultivo del arroz con riego.

Se considera que la disponibilidad de Ca disminuye cuando la relación Ca/Mg es menor de 1 y, por el contrario, la de Mg disminuye cuando tal relación es mayor de 6, determinando la necesidad de incrementar la dosis del elemento afectado cuando su nivel en el suelo sea insuficiente o deficiente. Cuando no es necesario aplicar Ca para controlar problemas de acidez y este elemento es deficiente o insuficiente en el suelo, se recomiendan las dosis generales que se presentan en el Cuadro 3.16.

Cuadro 3.15. Niveles críticos tentativos para interpretar la disponibilidad del Ca y del Mg. Extracción con acetato de amonio 1 N.pH 7 en arroz.

Nivel de disponibilidad	Ca		Mg	
	(meq/100 g)	Sat. (%)	(meq/100 g)	Sat. (%)
Alta	Mayor de 2	Mayor de 25	Mayor de 1.0	Mayor de 10
Media	1.1 - 21	5 - 25	0.5 - 1.0	6 - 10
Baja	0.5 - 1.0	10 - 14	0.1 - 0.5	2 - 5
Muy baja	Menos de 0.5	Menor de 10	Menor de 0.1	Menor de 2

Fuente: Manejo integrado del cultivo del arroz en Colombia. 2ª parte. (Vargas, 1991).

Cuadro 3.16. Guía para la fertilización con Ca y Mg en el cultivo del arroz.

Disponibilidad de Ca y Mg en el suelo	Ca (kg/ha)	Mg (kg/ha)
Muy baja	150 - 250	75 - 125
Baja	100 - 150	50 - 75
Media	50 - 100	25 - 50
Alta	0 - 50	0 - 25

Por otra parte, la respuesta al Ca puede estar restringida por insuficiencia de K, Mg, N, Zn o P, y la de Mg por insuficiencia de K, Ca, N, P y Zn, o por dosis muy altas de Ca o de K.

El fertilizante cálcico se aplicaría con la siembra o en los primeros 15 días de emergido el cultivo.

Para corregir las deficiencias de Mg se han establecido algunos parámetros, teniendo en cuenta el pH del suelo con el fin de facilitar la recomendación de este elemento; sin embargo, la decisión debe estar acompañada por un conocimiento previo del lote, de los requerimientos de la variedad y de los demás planes de fertilización, para lo cual es muy importante el concepto del asistente técnico.

Las consideraciones al respecto son las siguientes:

- Realización de análisis de suelos.
- Si hay deficiencia de Mg y el suelo es extremadamente ácido (pH menor de 5.0) y además contiene Al intercambiable, la fuente más conveniente es la cal dolomítica la cual debe aplicarse al voleo 20 días antes de la siembra.
- Si el suelo es fuertemente ácido (pH 5.0 - 5.5) y no contiene cantidades altas de Al intercambiable, se puede emplear el óxido de Mg y/o el Carbonato de Mg, aplicado a voleo 10 - 15 días antes de la siembra.
- En suelos moderada a ligeramente ácidos (pH 5.5 - 6.5) se puede emplear sulfato de Mg ($MgSO_4$) o sulfato doble de K y Mg ($K_2Mg(SO_4)_2$), denominado comercialmente SULFOMAG, aplicado en el momento de la siembra o en los primeros 30 días del cultivo.
- Es necesario tener en cuenta las relaciones Ca/Mg y Mg/K; en general las ideales son de 2 a 4 y de 3 a 6 respectivamente.

En los Llanos Orientales donde se presenta con mayor frecuencia la deficiencia de Mg, se han establecido niveles críticos locales para este elemento y la dosis recomendada para diferentes niveles de Mg en el suelo, se puede observar en el Cuadro 3.17.

Cuadro 3.17. Guía para las recomendaciones de Mg en el cultivo del arroz.

Mg en el suelo (meq/100 g)	Dosis de Mg recomendados (kg/ha)
Menor de 0.05	125
0.05 - 0.10	75 - 110
0.11 - 0.50	50 - 75
0.51 - 1.0	25 - 50
Mayor de 1.0	0 - 25

Fuentes de Ca

El Ca puede ser suplido de varias maneras. Debido a que la mayoría de los suelos deficientes en Ca son ácidos, un buen programa de encalado puede agregar Ca en una forma muy eficiente. Tanto la calcita como la dolomita son fuentes excelentes.

El yeso también suministra Ca cuando el pH del suelo es lo suficientemente alto como para no necesitar cal. El superfosfato normal - que contiene un 50% de yeso - y en un grado menor el superfosfato triple, también pueden agregar Ca al suelo. En el Cuadro 3.18 se presentan algunas fuentes comunes de Ca.

Cuadro 3.18. Fuentes de calcio más comunes y su valor neutralizante

Material	Ca (%)	Valor neutralizante relativo*
Caliza calcítica	30 - 36	85 - 100
Caliza dolomítica	16 - 20	95 - 108
Escorias básicas	26 - 29	50 - 70
Yeso	20 - 23	ninguno
Cal hidratada	45 - 50	15 - 85
Cal viva	56 - 63	120 - 135 150 - 175

* Basado en carbonato de Ca puro = 100%

Cuando se utilizan fuentes de Ca diferentes a las de piedras calcáreas, calcíticas y dolomíticas, éstas deben aplicarse con cuidado. Un exceso de cal hidratada o de cal viva puede esterilizar el suelo en forma parcial.

El agregar grandes cantidades de Ca y Mg a suelos deficientes en K, o el agregar Ca a un suelo deficiente en Mg puede producir desequilibrio nutricional y restringir el crecimiento y producción del cultivo.

Fuentes de Mg

La fuente de Mg más común es la piedra caliza dolomítica; ésta es un material excelente que ofrece tanto Ca como Mg y neutraliza la acidez del suelo. Otras fuentes incluyen el sulfato de Mg, el óxido de Mg, las escorias básicas y el sulfato de Mg y de K.

Las fuentes de Mg más comunes y el porcentaje de Mg que contienen son las siguientes:

Material	Mg (%)
Caliza dolomítica	10 - 11,5
Magnesia (óxido de Mg)	55,0
Escoria básica	3,4
Sulfato de Mg	17,0
Sulfato de K y Mg	11,0
Carbonato de magnesio	21 - 22

Niveles críticos y dosis de S

El S es un elemento muy poco estudiado, especialmente en Colombia, debido al buen contenido en el suelo, aportado como elemento secundario por algunos fertilizantes, por algunos insecticidas, como material gaseoso que expelen las fábricas, por incorporación desde la atmósfera, etc.; sin embargo, debido a que en la actualidad se está presentando deficiencia en algunos cultivos, este elemento ya es tema de estudio. El S es absorbido como ión SO_4^- y hace parte tanto de la fracción orgánica como de la inorgánica.

En los suelos meteorizados se pueden presentar deficiencias de S, formando compuestos insolubles con el Fe y el Al; en los suelos calcáreos se pueden formar compuestos poco solubles con el Ca, también es frecuente su deficiencia en suelos reducidos. El nivel crítico para S extraído con fosfato monocalcico es reportado por Guerrero (1988), y oscila entre 6 y 12 ppm de S; la interpretación del análisis de suelos y las recomendaciones de fertilización del arroz con S (en forma de sulfatos) se presentan a continuación en el Cuadro 3.19.

Cuadro 3.19. Recomendaciones de fertilización con S para arroz seco, según el análisis de suelos.

S extractable (ppm - Fosfato de Ca)	Interpretación	Dosis de S (kg/ha)
menos de 6	Bajo	50 - 80
6 a 12	Medio	20 - 40
más de 12	Alto	0 a 20

Los siguientes factores inciden desfavorablemente en la cantidad de S disponible, y su presencia indica la necesidad de seleccionar una dosis que tienda hacia el nivel mayor de cada rango:

- Lixiviación y escorrentía fuertes en el suelo.
- Bajo nivel de materia orgánica.
- Sequía.
- Dosis altas de N en la fertilización

De otro lado, la literatura indica que se debe aplicar una parte de S por cada 12 ó 15 de N para una mayor eficiencia de estos dos nutrientes. Sin embargo, los resultados de las diferentes pruebas regionales en arroz, no han mostrado respuesta significativa en el rendimiento de grano con la aplicación de S. La aplicación foliar como nutriente tampoco ha presentado efectos positivos y significativos.

Fuentes de S

Los materiales usados como fertilizantes azufrados pueden dividirse en dos grupos de compuestos: (1) los solubles en agua y (2) los insolubles en agua.

Existen varias formas de S que se aplican al suelo para disminuir el pH de suelos alcalinos por naturaleza, o el pH de suelos excesivamente encalados, y para recuperar suelos alcalinos. Existen ciertos productos de S que se agregan al agua de riego para reducir el pH del suelo en forma gradual y por un período de años. Ellos incluyen el polisulfuro de amonio, el tiosulfato de amonio, el bisulfato de amonio y el ácido sulfúrico.

Las fuentes más comunes de S:

Material	S (%)
S elemental	30 - 100
Sulfato de amonio	23,7
Yeso	12,7
Sulfato de Mg	13,0
Sulfato de Mn	14,5
Sulfato de K	18,0
Sulfato de K y Mg	18,0
Superfosfato normal	11,9
Superfosfato concentrado	1,4
Tiosulfato de amonio	26,0

No se han reportado deficiencias a gran escala de este nutrimento en suelos arroceros de Colombia.

Fertilización con micronutrientes

El manejo de los elementos menores en la fertilización es muy complejo por varias razones, entre las cuales se pueden citar:

- Los requerimientos nutricionales por las plantas son muy pequeños.
- No se cuenta con un conocimiento profundo sobre la dinámica de cada uno, así como de la interacción entre ellos.
- El rango entre toxicidad y deficiencia es muy estrecho.
- Para cada uno de los elementos existen varios métodos de extracción y aún no se ha establecido bien la correlación entre métodos y respuestas.
- Las condiciones de óxido-reducción y reacción del suelo, afectan mucho su disponibilidad.

Estas y otras razones exigen que las entidades y personas dedicadas a la investigación agrícola continúen con la investigación y aclaren mucho más la dinámica de estos elementos.

La disponibilidad de estos micronutrientes está muy afectada por cambios en las condiciones del suelo, de los cuales se pueden enumerar los siguientes:

- Las condiciones de reducción aumentan la solubilidad del hierro y del manganeso; pueden llegar a ser tóxicos, pero pueden disminuir la disponibilidad y absorción de Zn y Cu.
- Las condiciones de oxidación insolubilizan el Fe y el Mn por formación de compuestos muy estables.
- Con el aumento del pH y especialmente en presencia de carbonatos, se insolubiliza el Fe, Mn, B, Zn, Cu; el molibdeno se solubiliza más.
- Los micronutrientes metálicos (Cu, Zn, Fe, Mn) son afectados por la formación de complejos organometálicos.

En el Cuadro 3.20 se presenta una guía sobre los niveles críticos de micronutrientes en el suelo y las dosis correspondientes para fertilización edáfica y/o foliar. Estos valores son tentativos ya que es necesario ajustar y validar la información con respecto a la fertilización con micronutrientes, ya sea por vía edáfica o foliar.

Cuadro 3.20. Recomendaciones de fertilización en elementos menores para arroz riego, según el análisis de suelos (Frye, 1989).

Elemento	Método de extracción		Recomendaciones	
	Olsen	Doble ácido	kg/ha del elemento	
	ppm		Suelo	Foliar
Zn	< 2	< 2	8 - 15	0.5 - 0.8
	2 - 4	2 - 4	4 - 8	0.2 - 0.4
	> 4	> 4	0 - 4	0 - 0.2
Cu	< 1.5	< 1	5 - 10	0.3 - 0.5
	1.5 - 3.0	1 - 2	2 - 5	0.1 - 0.3
	> 3	> 2	0 - 2	0 - 0.2
Fe	< 15	< 7	15 - 30	0.6 - 0.9
	15 - 30	7 - 15	7 - 15	0.3 - 0.5
	> 30	> 15	0 - 7	0 - 0.3
Mn	< 3	< 10	12 - 20	0.4 - 0.7
	3 - 7	10 - 20	6 - 20	0.2 - 0.4
	> 7	> 20	0 - 6	0 - 0.2
B	Agua caliente			
	< 0.25		0.5 - 1.0	0.1 - 0.3
	0.25 - 0.50		0.2 - 0.5	0.05 - 0.1
	> 0.50		0 - 0.2	0 - 0.05

Nota: Si la fuente es edáfica y la fuente empleada son quelatos, la dosis correspondiente se disminuye aproximadamente en un 50% a 70%.

Debido a la dificultad e imprecisión para diagnosticar la disponibilidad de elementos menores en el suelo mediante una simple extracción con soluciones químicas, es indispensable correlacionar los valores del análisis de suelos en cuanto a contenido de elementos menores, con las características del suelo, especialmente con las siguientes que determinan condiciones desfavorables para su disponibilidad en el cultivo de arroz:

- pH mayor de 7.0
- Presencia de carbonatos de Ca
- Bajo nivel de M. O.

- Disponibilidad muy alta de P, K, Ca o N, por contenido en el suelo o por suministro en la fertilización.
- Exceso de Fe y Mn activos

En los anteriores casos se incrementa la probabilidad de respuesta del cultivo del arroz a la fertilización con elementos menores y es conveniente seleccionar una dosis cercana o ligeramente superior al valor máximo de cada rango.

Por su eficiencia y reducción de costos, la fertilización foliar con elementos menores a cultivos de arroz es una práctica recomendable, especialmente en zonas donde se presentan estos problemas.

El uso de los fertilizantes foliares no debe considerarse como una práctica continua para el cultivo del arroz y sólo debe limitarse a condiciones especiales cuando sea necesario. No deben realizarse aplicaciones foliares de varios micronutrientes al mismo tiempo, sin tener un análisis de suelos previo ya que pueden presentarse antagonismos entre éstos y competencia por absorción y translocación. A continuación se presentan las fuentes fertilizantes más comunes de Zn, B, Cu, Fe, Mn y Mo, con su correspondiente concentración:

Fuentes de Zn	Zn (%)
Sulfato de Zn (hidratados)	23 - 25
Oxido de Zn	78
Carbonato de Zn	52
Quelatos de Zn	6 - 14
Fuentes de B	B (%)
Borax	11.3
Acido bórico	17.0
Solubor	20.0
Fuentes de Cu	Cu (%)
Sulfato de cobre	22.5
Quelatos de cobre	6 - 14

Fuentes de Fe	Fe (%)
Sulfatos de Fe	19 - 23
Oxidos de Fe	60 - 73
Quelatos de Fe	5 - 14
Fuentes de Mn	Mn (%)
Sulfatos de Mn	26 - 28
Oxidos de Mn	41 - 68
Quelatos de Mn	6 - 12
Carbonatos de Mn	31
Cloruro de Mn	17
Fuentes de Mo	Mo (%)
Molibdatos de Na	39 - 41
Molibdatos de amonio	50 - 54

Encalamiento de suelos ácidos para arroz

Los suelos ácidos tropicales presentan problemas para el cultivo de arroz debido a excesos de Al, Mn y Fe, que en su orden afectan su crecimiento y pueden alcanzar niveles de toxicidad, en la medida en que disminuya apreciablemente el pH. También la acidez está generalmente asociada con deficiencia de nutrimentos.

Cuando la acidez no es severa bastará una fertilización adecuada para obtener rendimientos normales de arroz, especialmente si se cultiva con riego, sistema donde se aunan la tolerancia de esta planta a la acidez y la disminución del aluminio activo hasta niveles no perjudiciales, en las primeras semanas de inundado el suelo.

Si la acidez es severa, debido principalmente a una saturación muy alta de aluminio, es necesario aplicar cal, para neutralizar el exceso de éste elemento. Además, se complementa el tratamiento con una fertilización adecuada.

La tolerancia del arroz a la acidez depende de la variedad y del agroecosistema; así, en condiciones de secano algunas variedades sólo toleran un 20 a 25% de saturación de aluminio, otras toleran hasta un 30%; además en condiciones de riego, la tolerancia puede aumentar hasta 50 - 70%, dependiendo de la variedad y de la permanencia del agua en el

suelo, sin afectar apreciablemente los rendimientos de arroz paddy. La saturación de aluminio se calcula dividiendo el aluminio intercambiable entre la suma de todas las bases intercambiables más el aluminio y multiplicando por 100 así:

$$\text{Saturación Al (\%)} = \frac{\text{meq./100 g. Al intercambiable}}{\text{meq./100 g. (Ca + Mg + K + Na + Al)}} \times 100$$

La suma de estos elementos intercambiables, es decir el denominador de la fracción anterior, constituye la capacidad de intercambio catiónico efectiva o "CICE".

La aplicación de cal se debe realizar para reducir la saturación de Al a valores inferiores al nivel de tolerancia de una variedad específica, para que no afecte desfavorablemente su crecimiento y productividad.

El Ca^{2+} aplicado desplazará al Al^{3+} intercambiable de los sitios de adsorción de los coloides determinando su hidrólisis y precipitación y por tanto la eliminación de sus efectos negativos, disminuyendo la saturación de Al y aumentando el pH del suelo.

Con base en los conceptos anteriores, la forma más adecuada de calcular la cantidad de cal necesaria para reducir el Al a niveles no perjudiciales para el arroz es aplicar la fórmula de Cochrane así:

$$\text{Cal requerida (t CaCO}_3\text{/ha)} = 1.8 \times (\text{Al} - \text{PAC} \times \text{CICE} / 100)$$

Al = meq./ 100 g de Al

PAC = Porcentaje crítico de saturación de Al de la variedad de arroz en un agroecosistema dado.

CICE = Suma de cationes intercambiables expresada en meq/100 g:
Al+Ca+Mg+K+Na

Por otra parte, según Sánchez y Owen (1982), la necesidad de cal para arroz con riego también se puede calcular multiplicando el Al intercambiable por la constante 0.35, así:

$$\text{Cal requerida (t CaCO}_3\text{/ha)} = 0.35 \times \text{meq/100 g Al}$$

Cuando se encala para corregir acidez aplicando cal dolomítica también se está suministrando suficiente calcio y magnesio para la nutrición de las plantas de arroz. Por otra parte, algunos fertilizantes fosfóricos también suministran calcio, que actuaría como nutrimento y como correctivo; las rocas fosfóricas, las escorias Thomas, el calfos (escorias básicas) y el superfosfato aportan Ca.

La cal debe aplicarse al voleo e incorporarse con rastrillo 15 a 30 días antes de sembrar el arroz.

Una vez determinada la cantidad de cal que es necesario aplicar, expresada en toneladas de CaCO_3/ha , se calcula la cantidad de producto comercial requerido, según su poder neutralizante (PN), así:

$$\text{Cal comercial (t/ha)} = \frac{\text{t CaCO}_3/\text{ha} \times 100}{\text{PN}}$$

El poder neutralizante de una cal, con respecto al peso molecular del CaCO_3 , es inversamente proporcional al peso molecular (mol) de la sustancia o elemento con que se garantiza químicamente el producto y directamente proporcional a su pureza o concentración (C) en cal, así:

$$\text{PN} = 100 \times \text{C/mol}$$

Reemplazando esta expresión en la del cálculo de cal comercial resulta entonces que:

$$\text{Cal comercial (t/ha)} = \text{t CaCO}_3/\text{ha} \times \text{mol/C}$$

A continuación se presentan los pesos moleculares de las sustancias más frecuentes en las cales:

Carbonato de calcio, CaCO_3	100
Carbonato de magnesio, MgCO_3	84
Dolomita, $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$	184
Cal apagada, $\text{Ca}(\text{OH})_2$	74
Cal viva, CaO	56

Se recuerda además que el Ca pesa 40 y el Mg 24.

La pureza de la dolomita se expresa generalmente como porcentaje de Ca y porcentaje de Mg; así, la concentración del producto como Ca total es = % Ca + %Mg x 1.67 y el peso molecular se expresa entonces como Ca, o sea = 40.

Ejemplo:

Calcular la cantidad de toneladas de cal apagada, Ca(OH)_2 , de 80% de pureza, que se necesitan para reemplazar 2 toneladas de carbonato de calcio, CaCO_3

El problema consiste en calcular cuantas

$$X \text{ ton } \text{Ca(OH)}_2 \text{ del } 80\% = 2 \text{ ton } \text{CaCO}_3$$

Primero se obtienen los pesos moleculares:

$$\text{Peso molecular } \text{Ca(OH)}_2 = 74$$

$$\text{Peso molecular } \text{CaCO}_3 = 100$$

Para igualar los dos pesos moleculares 74 y 100 hay que introducir un factor de conversión "f"

$$74 = 100 \cdot f$$

$$f = \frac{74}{100}$$

Entonces el factor $f=0.74$ permite pasar de $\text{CaCO}_3 \rightarrow \text{Ca(OH)}_2$

Aplicando el factor $f=0.74$ a las 2 ton de CaCO_3 se tiene:

$$2 \text{ ton } \text{CaCO}_3 \times 0.74 = \text{ton} \cdot \text{Ca(OH)}_2 \text{ del } 100\%$$

$$1.48 \text{ ton } \text{Ca(OH)}_2 \text{ de } 100\% \text{ de pureza}$$

Como se quiere transformar a Ca(OH)_2 del 80% se tiene:

$$\text{ton } \text{Ca(OH)}_2 \text{ del } 80\% = \frac{1.48 \times 100}{80} = \frac{148}{80} = 1.85 \text{ ton}$$

Manejo de suelos salinos

Aspectos generales

La salinidad de los suelos se relaciona con tres fenómenos diferentes, propios de regiones áridas:

- a. **Salinización:** acumulación de sales solubles en el suelo. Se relaciona con suelos salinos propiamente dichos en los cuales la conductividad eléctrica (C.E.) es mayor de 4 mmhos/cm ($>0.4 \text{ dS/m}$, en la notación moderna) (más de 0.1% de sales solubles). La saturación de Na intercambiable (P.S.I.) es menor de 15%.

- b. Sodificación: acumulación de Na en los coloides por desplazamiento de Ca y Mg. Esta condición corresponde a los suelos denominados sódicos, en los cuales la PSI es mayor de 15%, pero la C.E. es menor de 4 mmhos/cm [<0.4 dS/m] y el pH generalmente es mayor de 8.5.
- c. Salinización y sodificación: ocurrencia severa de los procesos mencionados, que da origen a los llamados suelos salino-sódicos, con las características propias de los dos (C.E. mayor de 4 [>0.4 dS/m] y PSI mayor de 15).

El arroz y la recuperación de suelos salinos

El arroz con riego es tolerante a la salinidad y moderadamente sensible a la sodificación; resulta favorecido con el descenso de la presión osmótica ocasionada por la presencia permanente de agua en el suelo, lo cual disminuye la concentración de sales. Por estas características se ha convertido en un cultivo pionero para la recuperación de suelos afectados por sales.

La recuperación de un suelo salino se efectúa a través de lavados, inundando el suelo e induciendo la percolación rápida del agua (lixiviación), mediante drenajes establecidos previamente.

La recuperación de un suelo sódico requiere en primer lugar la adición de un correctivo que desplace el Na de los coloides (Ca o S), para luego eliminarlo por lixiviación. Cuando el suelo sódico presenta un contenido alto de Ca intercambiable o de carbonatos de Ca, se puede utilizar S o ácido sulfúrico como correctivo. En caso contrario se debe utilizar yeso ($\text{CaSO}_4 \cdot n\text{H}_2\text{O}$).

La reacción del S para desplazar al Ca tarda de dos a tres semanas; el H_2SO_4 tarda una o dos semanas y el yeso menos de una semana, tiempo al cabo del cual se debe hacer el lavado del suelo. La velocidad de infiltración para el lavado es un factor limitante en el caso de los suelos sódicos, que demanda la ayuda del Ca, de la materia orgánica e inicialmente de agua salina para que funcionen los drenajes establecidos. Se recomienda realizar tratamientos correctivos para sembrar arroz sólo cuando la C.E. sea mayor de 5 mmhos/cm [>0.5 dS/m] o cuando el PSI sea mayor de 12%.

Cuando la salinidad es baja conviene inducir un lavado moderado por las lluvias preparando anticipadamente el terreno y roturando con cincel en el sentido de la pendiente. Después se siembra el arroz y se mantiene riego permanente, aplicando un excedente de agua para lavado. Si hay una moderada saturación de Na que afecte someramente al cultivo, puede aplicarse de 0.2 a 0.4 t de S y de 1 a 2 t de yeso/ha, incorporándolo con el

rastrillo, por lo menos 15 días antes del tratamiento anterior de lavado natural. Si el problema de salinidad o sodicidad es apreciable, deben efectuarse los tratamientos correspondientes antes de sembrar el arroz. Un tratamiento moderado de lavado sería la aplicación de una lámina de agua de 20 a 40 cm (2.000 a 4.000 m³/ha), estableciendo los drenajes correspondientes para lavar 30 ó 40 cm de profundidad. Una aplicación de 1 a 1.5 t de S y de 5 a 7 t yeso/ha junto con el lavado aplicado para el caso de la salinidad, disminuiría un problema moderado de sodicidad. La incorporación de materia orgánica en cantidad apreciable a los suelos afectados por salinidad y la conservación de una cubierta orgánica sobre el suelo, ayudan bastante en el manejo y recuperación de problemas.

Requerimiento de lavado

El Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) deduce la siguiente fórmula para calcular la cantidad de agua requerida para lavar un suelo salino, por medio de los riegos sucesivos que se hacen a un cultivo:

$$Dr = \frac{Cead \times Duc}{Cead - Cear}$$

Donde:

Dr: Lámina de riego en cm

Cead: Conductividad eléctrica deseada

Cear: Conductividad eléctrica del agua de riego

Duc: Uso consuntivo (cm)

Requerimiento de correctivos para salinidad

Para desplazar 1 meq. de Na/100 g de suelo, se requiere una de las siguientes cantidades teóricas de correctivos:

- 1.7 t de yeso/ha, ó
- 1.0 t de ácido sulfúrico/ha, ó
- 0.3 t de S

La cantidad de Na a desplazar se puede calcular con la siguiente fórmula:

$$Na \text{ desplazable} = (Na - PSC \times CICE/100)$$

PSC = Porcentaje crítico de saturación de Na

El PSC estará comprendido entre 10 y 20% según la tolerancia de la variedad o condiciones específicas del suelo.

En trabajos realizados en el Tolima para recuperar suelos salino sódicos, empleando cultivos de arroz después del tratamiento inicial, se comprobó que la eficiencia de los correctivos era mayor que la determinada teóricamente.

Después de un cultivo de arroz con riego la salinidad disminuye apreciablemente y continúa descendiendo con cultivos sucesivos.

Fertilización foliar

La aplicación de sustancias fertilizantes mediante aspersion al follaje con soluciones nutritivas, se denomina fertilización o abonamiento foliar y es una práctica utilizada en la agricultura contemporánea.

En Colombia la aplicación de fertilizantes por vía foliar ha tenido una gran aceptación por parte de la agricultura comercial en las últimas décadas; desafortunadamente ésta ha sido una práctica agronómica poco investigada en nuestro medio, lo cual explica la controversia y confusión que existe sobre sus alcances y limitaciones. Por este motivo no se hace un análisis más profundo en esta Unidad.

La investigación ha demostrado que es posible alimentar las plantas por vía foliar, en particular cuando se trata de corregir elementos menores. En el caso de N, P y K, actualmente se reconoce que el abonamiento foliar solamente puede complementar la fertilización al suelo, en ningún caso sustituirla. Esto por cuanto las dosis de aplicación que pueden administrarse por vía foliar son muy pequeñas en relación con los niveles de fertilización exigidos por los cultivos para alcanzar altos niveles de productividad.

Las investigaciones realizadas por el ICA y por FEDEARROZ en las distintas zonas arroceras del país, utilizando los diferentes productos comerciales con dosis y épocas recomendadas por los productores, indican que en forma general los resultados obtenidos no muestran diferencias significativas en el rendimiento de grano.

Sin embargo, en algunas regiones, como es el caso de la meseta de Ibagué (Zona Centro), se ha logrado incrementar la producción de arroz, a nivel experimental, con la aplicación foliar de elementos menores especialmente Zn y Cu en dosis adecuadas y utilizando fuentes simples, concentradas, en cultivos que presentaban insuficiencia de tales nutrimentos.

Bibliografía

- ARREGOCES, P.; LEON, L.A. 1982. Fertilización nitrogenada de arroz. Guía de estudio. Cali, Colombia, Centro Internacional de Agricultura Tropical. 40 p.
- ROBAYO V., G. 1988. El Arroz Colombiano. Cali, Colombia, ASIAVA. 160 p.
- BAQUERO, J.E.; APOLINAR, M.P.; SANCHEZ, L.F. 1983. Comportamiento de rocas fosfóricas nacionales parcialmente aciduladas en sorgo en un inceptisol de los Llanos Orientales. Villavicencio, Colombia. 27 p.
- BAQUERO, J.E. 1989. Algunos resultados sobre fertilización de la soya en suelos de vega del Piedemonte Llanero. En: Aspectos del cultivo de la soya en los Llanos Orientales. Ciclo de Conferencias. Villavicencio, Colombia. pp. 27-37.
- BAQUERO, J.E. 1991. Fertilización del cultivo del arroz en Colombia. En: El cultivo del arroz. Curso nacional. Villavicencio, Colombia, Instituto Colombiano Agropecuario. pp. 231-279.
- BLANCO, J.O. 1984. Fertilización del arroz en el distrito de riego del río Zulia. En: Programa Nacional de Suelos. Informe de Progreso 1983-1984. Bogotá, Colombia, Centro Nacional de Investigaciones Tibaitatá. pp. 182-204.
- COMHAIRE, M. 1965. Rice manuring. Bruselas, Belgium, Centre International D'Information et Documentation des Producteurs de Phosphate Thomas. 108 p.
- DUARTE, M.A. 1984. Fertilización de líneas promisorias de arroz de riego en el Valle del Sinú. En: Programa Nacional de Suelos. Informe de Progreso 1983-1984. Bogotá, Colombia. Centro Nacional de Investigaciones Tibaitatá. pp. 171-173.
- FASSBENDER, H.W. 1982. Química de suelos, con énfasis en suelos de América Latina. San José, Costa Rica. I.I.C.A. 398 p.
- FEDERACION NACIONAL DE ARROCEROS. 1987. Investigación Arroz. Bogotá, Colombia. pp. 45-98.

- FEDERACION NACIONAL DE ARROCEROS. 1989. Investigación Arroz. Bogotá, Colombia. pp. 79-158.
- FEDERACION NACIONAL DE ARROCEROS. 1989. Primer Censo Nacional Arrocerero. Arroz 38(363):52 p.
- FRYE, 1969. Fertilidad y fertilización de algunos suelos arroceros del Tolima. Agricultura Tropical 8: 393-408.
- FRYE, C.A. 1972. El análisis de suelos en la evaluación de su fertilidad para la aplicación de fertilizantes y correctores. En: Reunión Nacional de Suelos, 3a., Ibagué, Colombia, Universidad del Tolima. pp. 1-29.
- FRYE, A. 1973. Los suelos bajo inundación y la fertilización del arroz. Curso de arroz Fedearroz. Bogotá, Colombia. pp. 39-64.
- FRYE, A. 1984. Los suelos bajo inundación y la fertilización del arroz. Barranquilla, Colombia, Monómeros Colombo-Venezolanos S. A. pp. 44-79
- FRYE, A. 1985. Consideraciones generales sobre propiedades físicas y químicas en suelos inundados. Curso Nacional de Arroz. Ibagué, Colombia, Fedearroz. 25 p.
- FRYE, A. 1985. Diagnóstico químico de la fertilidad de suelos arroceros. Curso Nacional de Arroz. Ibagué, Colombia, Fedearroz. 27 p.
- FRYE, A. 1991. Arroz. En: Fertilización de cultivos en clima cálido. Bogotá, Colombia, Monómeros Colombo-venezolanos S.A. pp. 90-112.
- GALIANO S., F. 1965. Evaluación de varios métodos químicos para determinar el fósforo asimilable en suelos arroceros. Tecnología 7(34):28-42.
- GARAVITO N., F. 1979. Salinidad de suelos y calidad de aguas para riego. 2ed. Bogotá, Colombia, Instituto Geográfico Agustín Codazzi, Subdirección Agrológica. 37 p.
- GOMEZ, L.J. 1984. La fertilización foliar. 2ed. En: Fertilidad de suelos, diagnóstico y control, Sociedad Colombiana de las Ciencias del Suelo. pp. 319-352.
- GUTIERREZ, D. 1984. Respuesta del arroz de riego a la fertilización en suelos del Valle del Alto Magdalena. En: Programa Nacional de Suelos. Informe de Progreso 1982-1984. Bogotá, Colombia, Centro Nacional de Investigaciones Tibaitatá. pp. 177-181.

- INSTITUTO COLOMBIANO AGROPECUARIO. 1979. El cultivo del arroz. Compendio. no.29. 224 p.
- INSTITUTO COLOMBIANO AGROPECUARIO. 1982. Fertilidad de suelos y fertilizantes. Compilación de curso no. 45. Tibaitatá, Bogotá, Colombia. 335 p.
- INSTITUTO COLOMBIANO AGROPECUARIO. 1981. Manual de asistencia técnica no. 25. Fertilización en diversos cultivos, cuarta aproximación. Bogotá, Colombia. pp. 54-55.
- INSTITUTO COLOMBIANO AGROPECUARIO. 1989. Programa de Suelos Centro de Investigación La Libertad. Informe Anual de actividades de la Sección de Suelos en el período 1988B-1989A. Villavicencio, Colombia.
- LEON, L.A. 1981. Fertilización fosfórica del arroz. Guía de estudio. Cali, Colombia, Centro Internacional de Agricultura Tropical. 40 p.
- LEON, L.A. 1985. Encalamiento y fertilización con calcio, magnesio y potasio para el cultivo del arroz. En: Arroz, investigación y producción. Cali, Colombia, Centro Internacional de Agricultura Tropical. pp. 367-384.
- LEON, L.A. ; ARREGOCES, O. 1985. El fósforo y la fertilización fosfórica en suelos arroceros de América Latina. En: Arroz, investigación y producción. Cali, Colombia, Centro Internacional de Agricultura Tropical. pp. 341-366.
- LEON, L.A. ; O. ARREGOCES. 1985. Factores que afectan la respuesta a la fertilización nitrogenada del arroz. En: Arroz, investigación y producción. Cali, Colombia. Centro Internacional de Agricultura Tropical. pp. 307-340.
- LORA, S.R.; SANCHEZ, L.F.; GUTIERREZ, P. 1987. Disponibilidad de elementos menores en suelos cultivados con arroz. En: Programa Nacional de Suelos. Informe de Progreso 1983-1984. Bogotá, Colombia, Centro Nacional de Investigación Tibaitatá. pp. 106-109.
- MARTINEZ A., F. A.; SABOGAL C, J.H. 1970. Problemas asociados con el crecimiento del arroz en suelos de la meseta de Ibagué. Ibagué, Colombia, Universidad del Tolima. 117 p.
- MINISTERIO DE OBRAS HIDRAULICAS, VENEZUELA. 1965. Manual de riego. Relaciones suelo, agua, planta. Estrada, A. J. (trad.). Venezuela. 123 p.

- MUÑOZ L., H. A.; HERNANDEZ L, R. 1970. Evaluación de la erosión en lotes cultivados con arroz. Ibagué, Colombia, Universidad del Tolima. 79 p.
- PLAZA M., J. E.; MONTEALEGRE, G.S. 1971. Influencia de la inundación permanente en algunas propiedades químicas de suelos arroceros del Tolima. Ibagué, Colombia, Universidad del Tolima. 93 p.
- PUERTA, O.; OWEN, E.J.; BARRIGA, R. 1974. El nitrógeno y la incidencia de piricularia en panículas de arroz. Agricultura de las Américas 23:31-32.
- RAMIREZ, V.A. 1983. Generalidades sobre la fertilidad de los suelos del Valle del Cauca y cálculo de las necesidades mínimas de fertilizantes. Instituto Colombiano Agropecuario. Boletín no.105.
- RAMIREZ, V.A. 1984. Fertilización de materiales promisorios de arroz en el valle geográfico del río Cauca. En: Programa Nacional de Suelos. Informe de Progreso 1983-1984. Bogotá, Colombia, CNI Tibaitatá. pp. 174-176.
- SANCHEZ, L.F. 1974. Respuestas del arroz a fertilizantes fosfatados. Temas de orientación agropecuaria 97/98:61-70.
- SANCHEZ, L.F. 1977. Respuestas del arroz de riego a la aplicación de roca fosfórica en suelos ácidos. Arroz (Colombia). 26(287):4-8.
- SANCHEZ, L.F. 1982. Algunos aspectos básicos sobre suelos inundados y fertilización del arroz de riego en Colombia. Tibaitatá, Instituto Colombiano Agropecuario. Boletín Técnico no. 93. 34 p.
- SANCHEZ, L.F. 1983. Corrección de la deficiencia de zinc en arroz riego (*Oryza sativa* L.) cultivado en entisol de los Llanos Orientales. Arroz 32(324):17-24.
- SANCHEZ, L.F. 1984. Aspectos sobre nutrición con magnesio en el cultivo de arroz en los Llanos Orientales. Revista ICA 20 (3):361-369.
- SANCHEZ, L.F. 1986. Los elementos menores en el cultivo del arroz. Actualización de conocimientos sobre el cultivo de arroz, Neiva, Abril 24-25, Neiva, Colombia.
- SANCHEZ, L.F. 1988. Fertilización del cultivo del arroz en los Llanos Orientales. Villavicencio, Instituto Colombiano Agropecuario. Boletín Divulgativo no.88.

- SANCHEZ, L.F.; OWEN, E.J. 1982. Fertilización de cultivos anuales en los Llanos Orientales. *Suelos Ecuatoriales* 12(2):161-181.
- SANCHEZ, L.F.; ROSERO M.J.; DAVALOS, A. 1984. Problemas nutricionales en el cultivo de arroz riego en los Llanos Orientales. *Suelos Ecuatoriales* 14(1):28-40.
- SANCHEZ, L. F.; VILLARRAGA, L.A. 1978. Efecto de la fuente y dosis de nitrógeno en la incidencia de *P. oryzae* Cav., y en el rendimiento del arroz. *Fitopatología Colombiana* 7(2): 124-125.
- SANCHEZ, P.A.; DE LA CRUZ M. 1981. Suelos del trópico. San José, Costa Rica, Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. Serie de libros y materiales educativos, no.48. 634 p.
- TISDALE, S.L.; NELSON, W.L. 1966. Soil fertility and fertilizer. 2ed. New York. McMillan. 694 p.
- VARGAS, J.P. 1988. Abonos simples, mayor eficiencia y economía en la fertilización del arroz riego. En: El cultivo del arroz. Factores técnicos y económicos en su producción. Compendio del curso realizado en Neiva. Colombia. pp. 39-64.
- WALSH, L.M.; BEATON, J.D. 1973. Soil testing and plant analysis. Madison, Wis., USA, Soils Science Society of America. 491 p.

Ejercicio 3.1 Eficiencia de los fertilizantes

Fertilización foliar

- ✓ Reconocer situaciones que impliquen alta y baja eficiencia de los fertilizantes aplicados al suelo, teniendo en cuenta aspectos como características del suelo, ecosistema, época, fuentes, dosis y métodos de aplicación.

Recursos necesarios

- ☐ Hoja de trabajo.

Instrucciones

- Entregar la hoja de trabajo a los participantes.
- El instructor recogerá el cuestionario desarrollado y lo distribuirá nuevamente al azar entre los participantes tratando de que éste no coincida con el evaluado. Esta es una evaluación formativa y por lo tanto no se tendrá en cuenta para el promedio cuantitativo final.
- El instructor dará la correspondiente información de retorno.

El tiempo requerido para el desarrollo del ejercicio será de 15 minutos.

De acuerdo con la información anterior, marque con "V" los planteamientos verdaderos y con "F", los falsos:

- | | F | V |
|--|--------------------------|--------------------------|
| 1. Por su solubilidad, los fertilizantes aplicados al arroz tienen una alta eficiencia. | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 2. Los fertilizantes nitrogenados de mayor eficiencia en un cultivo de arroz con riego son los amoniacales | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 3. En suelos con buena percolación la urea puede perderse apreciablemente por lixiviación si se efectúa el riego inmediatamente después de aplicada. | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 4. Las malezas y los insectos interfieren con el efecto del N en el cultivo del arroz. | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 5. La fijación del P es efectuada por los microorganismos del suelo para formar sus tejidos. | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 6. El rango de pH más apropiado para la solubilidad del P está entre 5.8 y 6.9. | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 7. En suelos inundados, ocurre una menor disponibilidad de P y una mayor fijación a la activación del Fe. | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 8. En suelos de alta C.I.C. debe fraccionarse la dosis de K para disminuir su pérdida. | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

Ejercicio 3.1 - Información de retorno

Las respuestas del ejercicio anterior son las siguientes:

- | | |
|----|---|
| 1. | F |
| 2. | V |
| 3. | V |
| 4. | V |
| 5. | F |
| 6. | V |
| 7. | F |
| 8. | F |

Ejercicio 3.2 Fertilización nitrogenada

Objetivo

- ✓ Reconocer situaciones que impliquen pérdidas y/o aumento de la eficiencia de fertilización nitrogenada, teniendo en cuenta factores como características del suelo, ecosistema, épocas, fuentes, dosis y métodos de aplicación.

Recursos necesarios

- Hoja de trabajo

Instrucciones para el instructor

- Después de observar el audiotutorial “Fertilización nitrogenada en arroz” se procede a entregar a cada participante la Hoja de trabajo 1, para que él responda las preguntas allí formuladas.
- El instructor recogerá el cuestionario desarrollado y lo distribuirá nuevamente al azar entre los participantes tratando de que no coincida con el evaluado. Esta es una evaluación formativa. El instructor hará la información de retorno.

El tiempo estimado para el desarrollo de este ejercicio es de 15 minutos.

**Instrucciones
para el
participante**

- Responder las preguntas planteadas a continuación.
- Al terminar el ejercicio el instructor hará la correspondiente información de retorno.

Desarrolle el siguiente cuestionario:

Llene los espacios en blanco:

1. El N utilizado por las plantas de arroz procede de: _____

2. El N en el suelo se puede perder por denitrificación, volatilización y _____

3. Las dosis de N para la fertilización del arroz deben establecerse con base en experimentos de campo que combinen los siguientes factores básicos variables por ecosistema: _____

Al frente de cada enunciado escriba una "V" si la afirmación es verdadera, o una "F" si es falsa:

- | | F | V |
|--|--------------------------|--------------------------|
| 4. El contenido de materia orgánica en el suelo siempre tiene relación con la respuesta al N. | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 5. Las variedades de arroz que más responden al N se caracterizan por presentar pocos tallos y pocas hojas erectas y cortas. | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 6. El rendimiento del arroz es una función del IAF. | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 7. La demora en inundar un lote de arroz después de aplicar N conlleva a pérdidas altas del elemento. | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

Ejercicio 3.2 - Información de retorno

1. Materia orgánica del suelo, atmósfera, abonos orgánicos y fertilizantes.
2. Lixiviación
3. Variedad, N, densidad y época de siembra.
4. F
5. F
6. V
7. V

Ejercicio 3.3 Fertilización fosfórica

Objetivo

- ✓ Reconocer situaciones que impliquen pérdidas y/o aumento en la eficiencia de la fertilización fosfórica, teniendo en cuenta algunos factores como características del suelo, ecosistemas, fuentes, épocas, dosis y métodos de aplicación.

Recursos necesarios

- Hoja de trabajo

Instrucciones para el instructor

- Después de observar el audiotutorial “Fertilización fosfórica en arroz” se procede a entregar a cada participante la Hoja de trabajo 1, para que él responda las preguntas allí formuladas.
- El instructor recogerá el cuestionario desarrollado y lo distribuirá nuevamente al azar entre los participantes tratando de que no coincida con el evaluado. Esta es una evaluación formativa. El instructor hará la información de retorno.

El tiempo estimado para el desarrollo de este ejercicio es de 15 minutos.

**Instrucciones
para el
participante**

- Responder las preguntas planteadas a continuación con ayuda de la información suministrada en el audiovisual y en la conferencia dictada sobre el tema.
- Al terminar el ejercicio el instructor hará la correspondiente información de retorno.

Desarrolle el siguiente cuestionario:

Al frente de cada enunciado escriba una "V" si la afirmación es verdadera, o una "F" si es falsa:

- | | F | V |
|---|--------------------------|--------------------------|
| 1. La disponibilidad de P en el suelo disminuye después de la inundación. | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 2. La variedad, la fuente de P, la época y el método de aplicación afectan la respuesta de la planta de arroz al P. | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

Encierre en un círculo la letra de la opción que considere acertada.

3. Una concentración de más de 30 ppm de P para arroz seco puede clasificarse como:
 - a. baja
 - b. media
 - c. alta

4. La época más apropiada para aplicar roca fosfórica en suelos ácidos es:
 - a. antes de la siembra
 - b. al inicio del macollamiento
 - c. al momento de la siembra

5. El mejor método para aplicar P de baja solubilidad a un cultivo de arroz secano es:
 - a. en banda incorporado
 - b. al voleo superficial
 - c. sin banda superficial
 - d. al voleo incorporado

Ejercicio 3.3 - Información de retorno

Las respuestas del ejercicio anterior son:

1	F
2	V
3	c
4	a
5	d

Ejercicio 3.4 Formulación de recomendaciones de fertilización

Objetivo

- ✓ Formular recomendaciones de fertilización para un cultivo de arroz, teniendo en cuenta el ecosistema, variedad, zona y resultados del análisis de suelos.

Recursos necesarios

- Hojas de trabajo
- Fotocopia del tema: "Recomendaciones de fertilización y manejo de fertilizantes".

Instrucciones

El instructor suministrará a los participantes la información básica (zona, ecosistema, variedad, resultados del análisis) y los cuadros de niveles críticos para las diferentes zonas.

La información básica será presentada en las hojas de trabajo: "Modelo para la interpretación del análisis y dosis de fertilización". Los participantes deberán llenar en la hoja de trabajo 1 los espacios en blanco que corresponden a la interpretación (bajo medio o alto) y a la dosis del elemento en kg/ha.

En la hoja de trabajo 2, que es la continuación de la anterior, se deberá anotar la fuente, la época y el sistema de aplicación que el participante recomendaría para cada elemento, en el caso que se estudia.

Después de calcular la dosis de fertilizante comercial (según la dosis del elemento y la fuente recomendada), se registra el dato en la columna respectiva y si es necesario, se anotan las observaciones pertinentes.

El tiempo estimado para el desarrollo de este ejercicio es de 2 horas.

**Modelo para la interpretación del análisis de suelos
y formulación de dosis de fertilización**

Localidad: Villavicencio

Ecosistema: Riego

Variedad: Oryzica 1

(Interprete los datos y recomiende la dosis de elemento/ha).

Análisis de suelos				
Características o elemento	Unidades	Valor resultados	Interpretación	Dosis elemento (kg/ha)
pH		5.0		
Materia orgánica	%	2.8		N:
P (Bray II)	ppm	8		P ₂ O ₅ :
K (Intercambiable)	meq/100 g	0.21		K ₂ O:
Ca (Intercambiable)	meq/100 g	1.6		Ca:
Mg (Intercambiable)	meq/100 g	0.7		Mg:
Al (Intercambiable)	meq/100 g	1.5		CaCO ₃ :
S (Extractable)	ppm	12		S:
Fe (Olsen modificado)	ppm	145		Fe:
Mn (Olsen modificado)	ppm	25		Mn:
Zn (Olsen modificado)	ppm	1.9		Zn:
Cu (Olsen modificado)	ppm	3.1		Cu:
B (Agua caliente)	ppm	0.35		B:
C.E (Saturación)	mmhos/cm	0.3		
Textura	Clase	F. Ar.		

Plan de fertilización de acuerdo con los resultados del análisis
y la dosis de elemento que se recomendó en la Hoja de trabajo 1

Elemento	Fuente	Epoca de aplicación (Período vegetativo)	Sistema de aplicación	Dosis fertilizante (kg/ha)	Observaciones
N					
P					
K					
Ca					
Mg					
CaCO ₃					
S					
Fe					
Mn					
Zn					
Cu					
B					

**Modelo para la interpretación del análisis de suelos
y formulación de dosis de fertilización**

Localidad: Ibagué

Ecosistema: Riego

Variedad: Oryzica 3

(Interprete los datos y recomiende la dosis de elemento/ha).

ANÁLISIS DE SUELOS				
Características o elemento	Unidades	Valor resultados	Interpretación	Dosis elemento (kg/ha)
pH		7.2		
Materia orgánica	%	1.8		N:
P (Bray II)	ppm	13		P ₂ O ₅ :
K (Intercambiable)	meq/100 g	0.21		K ₂ O:
Ca (Intercambiable)	meq/100 g	9.6		Ca:
Mg (Intercambiable)	meq/100 g	2.2		Mg:
Al (Intercambiable)	meq/100 g	0.0		CaCO ₃ :
S (Extractable)	ppm	7		S:
Fe (Olsen modificado)	ppm	12		Fe:
Mn (Olsen modificado)	ppm	17		Mn:
Zn (Olsen modificado)	ppm	2.1		Zn:
Cu (Olsen modificado)	ppm	0.7		Cu:
B (Agua caliente)	ppm	0.45		B:
C.E (Saturación)	mmhos/cm	1.2		
Textura	Clase	F. A.		

Plan de fertilización de acuerdo con los resultados del análisis
y la dosis de elemento que se recomendó en la Hoja de trabajo 1

Elemento	Fuente	Epoca de aplicación (Período vegetativo)	Sistema de aplicación	Dosis fertilizante (kg/ha)	Observaciones
N					
P					
K					
Ca					
Mg					
CaCO ₃					
S					
Fe					
Mn					
Zn					
Cu					
B					

Ejercicio 3.4**Hoja de trabajo 1****Modelo para la interpretación del análisis de suelos
y formulación de dosis de fertilización**

Localidad: Montería

Ecosistema: Secano

Variedad: CICA-8

(Interprete los datos y recomiende la dosis de elemento/ha).

Análisis de suelos				
Características o elemento	Unidades	Valor resultados	Interpretación	Dosis elemento (kg/ha)
ph		5.8		
Materia orgánica	%	2.6		N:
P (Bray II)	ppm	10		P ₂ O ₅ :
K (Intercambiable)	meq/100 g	0.25		K ₂ O:
Ca (Intercambiable)	meq/100 g	6.5		Ca:
Mg (Intercambiable)	meq/100 g	3.2		Mg:
Al (Intercambiable)	meq/100 g	0.0		CaCO ₃ :
S (Extractable)	ppm	14		S:
Fe (Olsen modificado)	ppm	45		Fe:
Mn (Olsen modificado)	ppm	24		Mn:
Zn (Olsen modificado)	ppm	3.0		Zn:
Cu (Olsen modificado)	ppm	3.8		Cu:
B (Agua caliente)	ppm	0.5		B:
C.E (Saturación)	mmhos/cm	0.7		
Textura	Clase	F. Ar.		

Plan de fertilización de acuerdo con los resultados del análisis
y la dosis de elemento que se recomendó en la Hoja de trabajo 1

Elemento	Fuente	Epoca de aplicación (Período vegetativo)	Sistema de aplicación	Dosis fertilizante (kg/ha)	Observaciones
N					
P					
K					
Ca					
Mg					
CaCO ₃					
S					
Fe					
Mn					
Zn					
Cu					
B					

Ejercicio 3.4 - Información de retorno

Hoja de trabajo 1

**Modelo para la interpretación del análisis de suelos
y formulación de dosis de fertilización**

Localidad: Villavicencio

Ecosistema: Riego

Variedad: Oryzica 1

(Interprete los datos y recomiende la dosis de elemento/ha).

Análisis de suelos				
Características o elemento	Unidades	Valor resultados	Interpretación	Dosis elemento (kg/ha)
pH		5.0	Bajo	
Materia orgánica	%	2.8	Medio	N: 80 - 100
P (Bray II)	ppm	8	Bajo	P ₂ O ₅ : 90 - 100
K (Intercambiable)	meq/100 g	0.21	Medio	K ₂ O: 50 - 60
Ca (Intercambiable) ^{1/}	meq/100 g	1.6	Medio	Ca: 75 - 100
Mg (Intercambiable)	meq/100 g	0.7	Medio	Mg: 35 - 50
Al (Intercambiable) ^{2/}	meq/100 g	1.5	Medio	CaCO ₃ : -
S (Extractable)	ppm	12	Medio	S: 20 - 30
Fe (Olsen modificado)	ppm	145	Alto	Fe
Mn (Olsen modificado)	ppm	25	Alto	Mn: -
Zn (Olsen modificado)	ppm	1.9	Bajo	Zn: 0.5 - 0.6
Cu (Olsen modificado)	ppm	3.1	Alto	Cu
B (Agua caliente)	ppm	0.35	Medio	B: 0.05 - 0.07
C.E (Saturación)	mmhos/cm	0.3	Normal	
Textura	Clase	F. Ar.	Mod. fino	

^{1/} Ca/Mg: 2.3
^{2/} PAC: 37.4%

**Plan de fertilización de acuerdo con los resultados del análisis
y la dosis de elemento que se recomendó en la Hoja de trabajo 1**

Elemento	Fuente ^{1/}	Epoca de aplicación (período vegetativo)	Sistema de aplicación	Dosis fertilizante (kg/ha)	Observaciones
N	Urea	IM - MM - P	Voleo	138 - 182	N de DAP
P	Calfos DAP	PRE S IM	Voleo - rastrillo Voleo	440 - 540 100	Aporta Ca y Mg Aporta N
K	Cloruro K	IM o S - IM	Voleo	83 - 100	
Ca					Aportado por calfos
Mg	Sulfato Mg	IM o S - IM	Voleo; banda - voleo	118 - 188	Mg de calfos y aporta S
CaCO ₃					
S					Aportado por Sulfato Mg
Fe					
Mn					
Zn	Sulfato Zn Quelato Zn	IM - MM - P	Foliar	2.1 - 2.5 2.8 - 3.3	
Cu					
B	Solubor	IM - MM - P	Foliar	0.25 - 0.35	

^{1/} Alternativa: urea, roca fosfórica - TSP o calfos - TSP, sulfato K, MgO - Carbonato Mg.

Ejercicio 3.4 - Información de retorno**Hoja de trabajo 1****Modelo para la interpretación del análisis de suelos
y formulación de dosis de fertilización**

Localidad: Ibagué

Ecosistema: Riego

Variedad: Oryzica 3

(Interprete los datos y recomiende la dosis de elemento/ha).

Análisis de suelos				
Características o elemento	Unidades	Valor resultados	Interpretación	Dosis elemento (kg/ha)
pH		7.2	Alto	
Materia orgánica	%	1.8	Medio	N: 175 - 200
P (Bray II)	ppm	13	Medio	P ₂ O ₅ : 37 - 50
K (Intercambiable) ^{1/}	meq/100 g	0.21	Medio	K ₂ O: 50 - 70
Ca (Intercambiable) ^{2/}	meq/100 g	9.6	Alto	Ca: -
Mg (Intercambiable)	meq/100 g	2.2	Alto	Mg: -
Al (Intercambiable)	meq/100 g	0.0	Normal	CaCO ₃ : -
S (Extractable)	ppm	7	Medio	S: 30 - 40
Fe (Olsen modificado)	ppm	12	Bajo	Fe: 0.7 - 0.8
Mn (Olsen modificado)	ppm	17	Alto	Mn: -
Zn (Olsen modificado)	ppm	2.1	Medio	Zn: 0.7 - 0.8
Cu (Olsen modificado)	ppm	0.7	Bajo	Cu: 0.4 - 0.5
B (Agua caliente)	ppm	0.45	Medio	B: 0.07 - 0.1
C.E (Saturación)	mmhos/cm	1.2	Medio	
Textura	Clase	F. A.	Grueso	

^{1/} (Ca + Mg)/K: 56^{2/} Ca/Mg: 4.4

Plan de fertilización de acuerdo con los resultados del análisis
y la dosis de elemento que se recomendó en la Hoja de trabajo 1

Elemento	Fuente	Epoca de aplicación (Período vegetativo)	Sistema de aplicación	Dosis fertilizante (kg/ha)	Observaciones
N	Urea SAM*	IM - MM - P* - - MM - P	Voleo Voleo	322 - 356 125 - 167	SAM aporta S
P	TSP	S	Banda - Voleo	80 - 109	
K	Cloruro K	S - IM	Banda - Voleo	83 - 117	
Ca					
Mg					
CaCO ₃					
S					Aportado por SAM
Fe	Sulfato Fe Quelato Fe	IM - MM - P*	Foliar	3.3 - 3.8 3.9 - 4.4	
Mn					
Zn	Sulfato Zn Quelato Zn	IM - MM - P	Foliar	2.9 - 3.3 3.9 - 4.4	
Cu	Sulfato Cu Quelato Cu	IM - MM - P	Foliar	1.8 - 2.2 2.2 - 2.8	
B	Solubor	IM - MM - P	Foliar	0.35 - 0.5	

Ejercicio 3.4 - Información de retorno

Hoja de trabajo 1

**Modelo para la interpretación del análisis de suelos
y formulación de dosis de fertilización**

Localidad: Montería

Ecosistema: Secano

Variedad: CICA-8

(Interprete los datos y recomiende la dosis de elemento/ha).

ANÁLISIS DE SUELOS				
Características o elemento	Unidades	Valor resultados	Interpretación	Dosis elemento (kg/ha)
pH		5.8	Medio	
Materia orgánica	%	2.6	Medio	N: 60 - 80
P (Bray II)	ppm	10	Bajo	P ₂ O ₅ : 50 - 70
K (Intercambiable) ^{1/}	meq/100 g	0.25	Medio	K ₂ O: 30 - 40
Ca (Intercambiable) ^{2/}	meq/100 g	6.5	Alto	Ca: -
Mg (Intercambiable)	meq/100 g	3.2	Alto	Mg: -
Al (Intercambiable)	meq/100 g	0.0	Normal	CaCO ₃ : -
S (Extractable)	ppm	14	Alto	S: -
Fe (Olsen modificado)	ppm	45	Alto	Fe
Mn (Olsen modificado)	ppm	24	Alto	Mn: -
Zn (Olsen modificado)	ppm	3.0	Medio	Zn: 0.2 - 0.4 4 - 8 foliar o radicular
Cu (Olsen modificado)	ppm	3.8	Alto	Cu
B (Agua caliente)	ppm	0.5	Medio	B: 0.05 - 0.07 (0.2-0.5)
C.E (Saturación)	mmhos/cm	0.7	Normal	
Textura	Clase	F. Ar.	Moderadamente fino	

^{1/} (Ca + Mg)/K: 39^{2/} Ca/Mg: 2

Plan de fertilización de acuerdo con los resultados del análisis
y la dosis de elemento que se recomendó en la Hoja de trabajo 1

Elemento	Fuente	Epoca de aplicación (Período vegetativo)	Sistema de aplicación	Dosis fertilizante (kg/ha)	Observaciones
N	Urea	IM - MM - P	Voleo	90 - 117	
P	DAP	S y/o Pre S	Banda - Voleo	109 - 152	Aporta N
K	Cloruro K	IM	Voleo	50 - 67	
Ca					
Mg					
CaCO ₃					
S					
Fe					
Mn					
Zn	Sulfato Zn	IM - MM - P S	Foliar Suelo	0.8 - 1.2 4 - 6	
Cu					
B	Solubor	IM - MM - P	Foliar	0.25 - 0.35	

Resumen de la Secuencia 3

La fertilización es una práctica que cada día es más necesaria e indispensable dentro del paquete tecnológico del cultivo del arroz. Sin embargo una adecuada fertilización comienza con el conocimiento del estado nutricional y el manejo de un suelo, de tal manera que para una eficiente fertilización es necesario el análisis de suelo, el cual tiene como propósito determinar los limitantes edáficos y nutricionales que presenta un suelo en determinado lugar.

Por otra parte, en las decisiones que se tomen para la adecuada fertilización se debe tener en cuenta la eficiencia de los fertilizantes, ya que sólo una parte de éstos cuando se aplica N al suelo, puede ser utilizada por las plantas debido a factores como pérdidas en el suelo, insolubilización, bloqueo o retención en estructuras minerales (fijación), inmovilización por microorganismos, malezas y deficiente ubicación del fertilizante en el suelo.

En cuanto a las recomendaciones de fertilización y manejo de los fertilizantes, es necesario saber que el efecto positivo de éstos depende de un gran número de factores tales como el tipo de suelo, la variedad a sembrar, los niveles críticos, las fuentes, métodos y dosis a aplicar y además de componentes adecuados dentro del paquete tecnológico del manejo del cultivo. Todo esto hace que no se puedan extrapolar en su totalidad los planes de fertilización de una zona a otra.

Por lo anterior se ha establecido en esta Secuencia, el manejo adecuado de los nutrimentos más importantes en el cultivo del arroz, teniendo en cuenta sus niveles críticos, las dosis, fuentes, épocas y métodos de aplicación que mejor correlación han presentado en las diferentes zonas, con el fin de poder realizar una recomendación adecuada teniendo en cuenta todos los factores.

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 el de conocer el grado de aprovechamiento logrado por los participantes o en qué medida se han cumplido los objetivos.

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

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

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

Evaluación final de conocimientos

Instrucciones para el participante

Nombre: _____

Fecha: _____

A continuación aparece una serie de preguntas que se refieren a diferentes aspectos tratados en este evento. En la medida que responda acertadamente se refleja el logro de los objetivos planteados en este evento de capacitación. Una vez haya terminado de contestar, el instructor le hará conocer las respuestas correctas; usted las comparará con las que haya dado a cada pregunta y podrá aclarar sus dudas, determinando en esta forma el progreso logrado.

1. Coloque al frente de cada nutrimento la letra correspondiente al literal donde se describe una función principal de cada uno de éstos en la planta de arroz.

- | | | | | |
|----|----|-----|----|---|
| 1. | N | ___ | a. | Síntesis de proteínas. |
| 2. | P | ___ | b. | Mineral constituyente de la clorofila. |
| 3. | K | ___ | c. | Es esencial en la germinación de los granos de polen y crecimiento del tubo polínico. |
| 4. | Mg | ___ | d. | Constituyente de paredes celulares del xilema. |
| 5. | Zn | ___ | e. | Generador de energía. |
| 6. | B | ___ | f. | Uso deficiente del agua promoviendo la turgencia celular, involucrado en la apertura y cierre de los estomas. |

2. Entre la siguiente serie de diapositivas identifique por su número las que correspondan a deficiencias de N, K y P en la planta de arroz.

3. Marque con "V" la respuesta que usted considere correcta o con "F" la que usted considere falsa.

En relación con la absorción y distribución de los nutrimentos en la planta de arroz podemos afirmar que:

- a. ___ Del total de N absorbido por la planta hasta la floración cerca del 50% va al grano
 - b. ___ Del total de P tomado por la planta alrededor del 1.5% o menos se trasloca al grano
 - c. ___ Sólo una pequeña cantidad del K absorbido por la planta va al grano (10-15%)
4. Entre los siguientes numerales, marque con una X los que considere como factores físicos o químicos deseables en el suelo para el cultivo del arroz.
- 1. Texturas medias o finas
 - 2. Ligeramente ácidos o neutros
 - 3. Densidad aparente baja
 - 4. Altos contenidos de Ca
 - 5. Alta capacidad de absorción y retención de agua

5. Llene correctamente los espacios vacíos.

Los cuatro factores que determinan el cambio del pH en un suelo bajo inundación son:

- a. _____
- b. _____
- c. _____
- d. _____

6. En relación con la dinámica de los nutrientes en un suelo inundado, marque con V si considera verdaderas y F si considera falsas las siguientes apreciaciones:

	V	F
La inundación continua de los suelos disminuye drásticamente el contenido de NH_4^+ y aumenta el de NO_3^-	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Los óxidos de Mn se transforman en iones de Mn y en consecuencia su contenido aumenta en la solución del suelo.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
El P se hace menos disponible después de la inundación.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Las sales en la solución del suelo disminuyen en suelos sometidos a riego permanente o continuo.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Los contenidos de Fe pueden llegar a niveles tóxicos en suelos sometidos a períodos prolongados de inundación.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

7. Con respecto a las principales características edafoclimáticas de las zonas arroceras del país, coloque al frente de cada numeral la letra V, si considera verdaderas y F si considera falsas las siguientes apreciaciones:

	V	F
En forma general, a nivel nacional, la zona de los Llanos (Meta, Casanare, Arauca, Caquetá) es la que presenta mayores limitantes nutricionales.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
La alta acidez de los suelos de la zona centro (Tolima, Huila, Boyacá y Cundinamarca) es el principal problema para el cultivo del arroz.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Aproximadamente el 50% del arroz cultivado en la zona Centro se realiza con el ecosistema de secano.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
A nivel nacional la mayor área del cultivo de arroz se realiza con el ecosistema de secano.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
El arroz puede crecer satisfactoriamente en suelos de características físicas y químicas muy variadas.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

8. Diga usted si está en capacidad de formular una fertilización adecuada con P y K para un lote de arroz variedad Oryzica 1 que se va a sembrar con riego en su zona de trabajo. En caso afirmativo anote las dosis correspondientes y en caso negativo explique por qué.

9. Complete correctamente los espacios vacíos.

Cuatro de los factores que determinan la conformación de unidades de muestreo de suelos son:

- a. _____ b. _____
c. _____ d. _____

10. Marque con una "X" el factor más relacionado con mayor pérdida de N en un cultivo de arroz con riego:

- a. ___ Aplicación de fertilizantes a base de nitratos
b. ___ Aplicación de fuente amoniacal
c. ___ Aplicación de urea
d. ___ Aplicación de fuente orgánica

11. En cada uno de los siguientes numerales señale con "X" la alternativa que esté más relacionada con una mayor fijación de P en el cultivo de arroz:

- a. Con riego _____ o con secano _____
b. En suelo ácido _____ o en suelo neutro _____
c. Aplicando fuente de P de baja solubilidad _____ o fuente de P soluble _____

- d. Con riego en diques en contorno _____ o en melgas sin pendiente _____
- e. En suelo ácido, si se aplica el fertilizante fosfórico en banda _____ o al voleo _____

Evaluación final de conocimientos - Información de retorno

1. N a
P e
K f
Mg b
Zn d
B c

2. a. K
b. N
c. P

3. a. V
b. F
c. V

4. 1
2
5

5. a. El pH inicial del suelo
b. La cantidad de naturaleza de los compuestos oxidados del suelo
c. La cantidad y clase de materia orgánica
d. La temperatura

6.
 1. F
 2. V
 3. F
 4. F
 5. V

7.
 1. V
 2. F
 3. F
 4. F
 5. V

8. No porque falta la información del análisis de suelo

9.
 - a. Por pendiente
 - b. Por textura
 - c. Por cultivo
 - d. Por manejo

10. a. Fertilizante a base de nitratos

11.
 - a. Con secano
 - b. Suelo ácido
 - c. Soluble
 - d. Diques en contorno
 - e. Al voleo

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. Ensayo demostrativo para el diagnóstico nutricional del arroz en un suelo determinado	A-14
Anexo 5. Clave para la determinación de deficiencias de nutrimentos en las plantas	A-19
Anexo 6. Diapositivas que complementan la Unidad	A-20
Anexo 7. Transparencias para el uso del instructor	A-21

Anexos

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:

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

3.1 Exposiciones de los instructores
3.2 Trabajos en grupo
3.3 Cantidad y calidad de los materiales de enseñanza
3.4 Sistema de evaluación
3.5 Prácticas en el aula
3.6 Prácticas de campo/laboratorio
3.7 Ayudas didácticas (papelógrafo, proyector, videos etc)
3.8 Giras/visitas de estudio
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

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

5.1 Información a participantes
5.2 Cumplimiento de horarios
5.3 Cumplimiento de programa
5.4 Conducción del grupo
5.5 Conducción de actividades
5.6 Apoyo logístico (equipos, materiales papelería)
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 instructores¹

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"/>

¹ 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.

	SI	NO
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"/>
 3. Habilidades de Interacción		
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"/>
 4. Dirección de la práctica² (Campo/Laboratorio/Taller/Aula) 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"/>

² 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									%							
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	100%	Puntos	%	1	2	3	4	100
Organización y Claridad																	90
Conocimiento del Tema																	80
Habilidades de Interacción																	70
Dirección de la Práctica																	60
																	50
																	40

Comentarios del Coordinador _____

*Promedio de Instructores se indica con una línea roja

Firma Coordinador Curso

Anexo 4

Ensayo demostrativo para el diagnóstico nutricional del arroz en un suelo determinado

Objetivo

- ✓ Observar los síntomas de deficiencia de N, P, K y Mg en la planta de arroz.

Materiales

- Invernadero
- Suelo
- Las fuentes de los elementos indispensables en la nutrición de la planta, especificadas en el Cuadro A.4.1.
- 21 materas con sus platos respectivos.
- 21 paletas plastificadas.
- Agua deionizada o destilada

Método

1. Tomar una muestra del suelo que se va a emplear para la siembra y hacerle un análisis completo para determinar su grado de fertilidad.
2. Secar, moler, homogenizar y, de ser posible, desinfectar el suelo evitando el uso de productos como el amoníaco o cualquier otra fuente de elementos nutritivos. El bromuro de metilo o el calor son los desinfectantes más recomendables.
3. Pesar el suelo antes de colocarlo en las materas. Si la textura es arenosa se emplean 3 kg/matera, si es arcillosa 4 kg/matera.
4. En suelos fértiles es necesario eliminar el exceso de elementos disponibles para que se cumpla con la condición de "suelo virgen". Para esto se acostumbra sembrar maíz por unas tres semanas, eliminando después las plantas y raíces.

Cuadro A4-1. Dosis de las fuentes de cada uno de los elementos empleados en el ensayo

Nutrimiento	Dosis kg/ha	Concentración (%)	Fuente
N	100	46.00	Urea
P	100	31.60	H ₃ PO ₄
K	725	2.40 ó 60	KCl
Mg	501	2.00	MgCl ₂ ·6H ₂ O
Zn	102	2.7	ZnSO ₄ ·7H ₂ O
Fe	2	4.7	Fe (quelato)
B	1	20.5	Solubor
Cu	5	37.3	CuCl ₂ ·2H ₂ O
S*	50	100.00	S. elemental
Ca*	4000	100.00	CaCO ₃ puro

* Aplicado sólido para el peso del suelo estimado en kg/ha

5. De acuerdo con los resultados del análisis de suelo y con los requerimientos del cultivo, se realizan los tratamientos correctivos del caso. Por ejemplo, en suelos ácidos se elimina el tratamiento con Mn, mientras que en suelos alcalinos se elimina el tratamiento con cal. Los niveles se establecen según las referencias de máximas extracciones, eficiencia y solubilidad de los elementos fertilizantes.
6. Para los tratamientos se utiliza el método de bloques al azar, empleando tres repeticiones en cada tratamiento. Así:
 - a. Testigo absoluto (suelo en su condición natural)
 - b. Completo (suelo con los fertilizantes adecuados para la fertilización de la planta)
 - c. Completo - N (suelo sin la fuente de N)
 - d. Completo - P (suelo sin la fuente de P)
 - e. Completo - K (suelo sin la fuente de K)
 - f. Completo - Mg (suelo sin la fuente de Mg)
 - g. Completo -N -P -K (suelo sin las fuentes de N, de P y de K)

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

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

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

Por ejemplo, para aplicar en una materia de 4 kg de suelo con densidad aparente de 1.2 g/cm, lo equivalente a 100 kg/ha de nitrógeno utilizando urea al 46%, se procede así:

100 Kg de urea _____ 46 kg de N

X kg de urea _____ 100 kg de N

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

1 ha = 10.000 m²; para calcular su volumen se supone que tiene una profundidad efectiva de 20 cm, ó 0.2 m, entonces:

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

Suponiendo que la densidad aparente del suelo sea de 1.2 g/cm³

$$P = 2000 \text{ m}^3 \times 1.2 \times 10^6 \text{ g/m}^3 = 2400 \times 10^6 \text{ g}$$

$$P = 2400 \times 10^3 \text{ kg}$$

$$217.39 \text{ kg de urea} \quad \underline{\hspace{10em}} \quad 2400 \times 10^3 \text{ kg de suelo}$$

$$X \text{ kg de urea} \quad \underline{\hspace{10em}} \quad 4 \text{ kg de suelo}$$

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

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

Manejo: Al aplicar los tratamientos se debe revolver el suelo y regar para distribuir los nutrimentos, evitando así que se presente toxicidad. La aplicación de N y P puede fraccionarse. La cal, de ser posible, debe aplicarse con dos o más semanas de anticipación.

Siembra: Es recomendable sembrar de 15 a 20 semillas de arroz por materas, las semillas pueden estar pregerminadas. Cuando las plántulas tengan 8 días de establecidas se deben dejar de 10 a 12 plántulas por materia para facilitar la realización de evaluaciones destructivas durante el transcurso del ensayo; para ensayos que duren todo el ciclo vegetativo se deben dejar 2 ó 3 plantas.

Riego: Para el riego se debe utilizar agua deionizada o destilada. Inicialmente se aplican 100 cc cada día y se incrementan a medida que las plantas crecen. En plantas completamente desarrolladas pueden requerirse de 0.5 a 1 litro por día, pero el consumo varía de acuerdo con la cantidad de follaje.

Evaluación del ensayo: La evaluación de este ensayo es básicamente visual, con el objeto de familiarizar a los participantes con los síntomas de deficiencias de elementos mayores.

1. Porcentajes de germinación y de emergencia.
2. Vigor de la planta.
3. Cuadro sintomatológico de deficiencia de cada uno de los elementos mayores, el cual comprende:
 - Altura de la planta
 - Desarrollo radicular
 - Area foliar
 - Producción de macollas
 - Rendimiento

Anexo 5 Clave para la determinación de deficiencias de nutrimentos en las plantas

Síntomas		Elemento Deficiente
<p>A- Hojas viejas o bajas de la planta principalmente afectadas, efectos localizados o generalizados.</p> <p>B - Efectos generalizados usualmente en toda la planta en casos avanzados, más o menos secamiento o quemado de las hojas inferiores, plantas verdes pálidas o verde oscuro.</p> <p>C- Plantas de color verde claro, hojas inferiores amarillas secándose a un color café claro, tallos cortos y delgados si el elemento es deficiente en estados avanzados de crecimiento.....</p> <p>C-C Plantas verde oscuro, a menudo desarrollan un color rojo o púrpura, las hojas inferiores algunas veces amarillas. Secamiento de color café verdoso o negro. Tallos cortos y delgados si el elemento es deficiente en estados avanzados de crecimiento</p>	<p>Nitrógeno</p> <p>Fósforo</p>	
<p>BB- Efectos comúnmente localizados. Moteamiento o clorosis, con o sin manchas de tejido muerto en las hojas inferiores. Secamiento escaso o ausente en las hojas inferiores.</p> <p>C- Hojas moteadas o cloróticas; típicamente pueden ponerse rojizas, como en el algodón, algunas veces con parchas muertas. El ápice y margen volteados hacia arriba. Tallos delgados.....</p> <p>CC- Hojas moteadas o cloróticas con manchas pequeñas y grandes de tejido muerto</p> <p>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.....</p> <p>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.....</p>	<p>Magnesio</p> <p>Potasio</p> <p>Zinc</p>	
<p>AA- Hojas nuevas, o de las yemas, afectadas. Síntomas localizados.</p> <p>B- Yemas terminales mueren después del apareamiento de distorsiones en el ápice o la base de las hojas jóvenes.</p> <p>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. Los tallos mueren en la parte de la vena terminal.....</p> <p>CC- Las hojas jóvenes de las yemas terminales adquieren un color verde claro en sus bases, en donde se quiebran más tarde. En crecimiento posterior las hojas se tuercen y los tallos finalmente mueren en las yemas terminales.....</p>	<p>Calcio</p> <p>Boro</p>	
<p>BB- La yema generalmente queda viva. Marchitamiento o clorosis de las hojas jóvenes y hojas de las yemas, con o sin áreas de tejido muerto. Venas de color verde claro o verde oscuro.</p> <p>C- Hojas jóvenes permanentemente marchitas, sin manchamiento o clorosis marcada. Los vástagos o tallos no pueden mantenerse erectos en estados avanzados de deficiencia.</p> <p>CC- Hojas jóvenes no marchitas. Clorosis presente con o sin manchas de tejido muerto regado por toda la hoja.....</p> <p>D- Manchas de tejido muerto regadas por toda la hoja, las hojas más jóvenes tienden a permanecer verdes en el lugar de las venas delgadas produciendo un efecto cuadrículado o reticulado.....</p> <p>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.</p> <p>E- Hojas jóvenes con las venas y el tejido entre las venas de un color verde claro.....</p> <p>EE- Hojas jóvenes cloróticas. Las venas principales típicamente verdes. Tallos cortos y delgados.....</p>	<p>Cobre</p> <p>Manganeso</p> <p>Azufre</p> <p>Hierro</p>	

Anexo 6 Diapositivas que complementan la Unidad

1. Cultivo sin deficiencias
2. Deficiencia de N
3. Completo -N vs. Completo (en materas)
4. Completo -N vs. Completo (raíz descubierta)
5. Deficiencia de P
6. Completo -P vs. Completo (en materas)
7. Completo -P vs. Completo (raíz descubierta)
8. Deficiencia de K
9. Completo -K vs. Completo (en materas)
10. Completo -K vs. Completo (raíz descubierta)
11. Completo -Mg vs. Completo (en materas)
12. Completo -Mg vs. completo (raíz descubierta)
13. Deficiencia de Zn
14. Toxicidad de Fe (anaranjamiento)
15. Toxicidad de Fe (bronceamiento)
16. Deficiencia de Fe

Anexo 7 Transparencias para uso del instructor

1. Flujograma de la Unidad
2. Objetivo terminal
3. Exploración inicial de conocimientos - información de retorno

SECUENCIA 1

- 1.1. Flujograma
- 1.2. Importancia y funciones de los nutrientes N, P y K
- 1.3. Importancia y funciones de los nutrientes Ca, Mg, S y micronutrientes
- 1.4. Absorción de N, P y K a través de las etapas de desarrollo de la variedad IR-36 bien fertilizada (Fernández, 1978)
- 1.5. Absorción de Ca, Mg y S por la planta de arroz (Perdomo et al., 1982)
- 1.6. Distribución del N en una planta de arroz de la variedad IR-36 a través de las etapas de desarrollo (Fernández et al., 1978)
- 1.7. Distribución del P en una planta de arroz de la variedad IR-36 a través de las etapas de desarrollo (Fernández et al., 1978)
- 1.8. Distribución del K en una planta de arroz de la variedad IR-36 a través de las etapas de desarrollo (Fernández et al., 1978)
- 1.9. Nutrientes removidos del suelo por el arroz para producir 5 t/ha de grano
- 1.10. Síntomas de deficiencias

SECUENCIA 2

- 2.1. Flujograma
- 2.2. Zonas arroceras de Colombia

- 2.3. Tabla de distribución porcentual de pH, P, K y Ca/Mg
- 2.4. Suelos arroceros. Características físicas y químicas favorables
- 2.5. Perfiles de texturas para suelos arroceros
- 2.6. Química de suelos inundados
- 2.7. Concentración de O en las capas oxidada y reducida de un suelo inundado
- 2.8. Cambios del pH de dos suelos bajo inundación constante
- 2.9. Cambios con el tiempo del potencial redox de un suelo bien drenado y de otro inundado (Ponamperuma, 1985)
- 2.10. Cambios en la conductividad eléctrica de un suelo después de ser inundado en dos semestres de cultivo
- 2.11. Suelo inundado y caminos del N
- 2.12. Efecto de la inundación constante sobre la concentración de los iones NH_4^+ y NO_3^-
- 2.13. Cambios en la concentración de Fe^{+2} en la solución de varios suelos después de la inundación
- 2.14. Efecto de la inundación en la concentración de manganeso soluble en varios suelos
- 2.15. Cambios en la concentración de P en la solución de varios suelos después de la inundación
- 2.16. Muestreo de suelos
- 2.17. División de una finca o lote en unidades de muestreo

SECUENCIA 3

- 3.1. Flujograma
- 3.2. Análisis de suelos
- 3.3. Eficiencia en el uso de fertilizantes
- 3.4. Eficiencia del nitrógeno
- 3.5. Efecto del control de malezas e insectos y de la aplicación de nitrógeno (100 kg/ha) en los rendimientos del arroz.

- 3.6. Efecto de fuentes y dosis de nitrógeno sobre el rendimiento de grano de la variedad CICA-9 en condiciones de riego en suelos de los Llanos Orientales
- 3.7. Dosis medias de nitrógeno en zonas arroceras
- 3.8. Recomendación de nitrógeno en arroz
- 3.9. Eficiencia del fósforo
- 3.10. Disponibilidad de fósforo según su pH
- 3.11. Efecto de la época y dosis de aplicación de fósforo sobre el rendimiento del grano de la variedad CICA-8 en condiciones de riego en suelos de los Llanos Orientales
- 3.12. Recomendación de fósforo en arroz
- 3.13. Eficiencia del potasio
- 3.14. Recomendaciones de potasio en arroz
- 3.15. Recomendaciones de calcio en arroz
- 3.16. Recomendaciones de magnesio en arroz
- 3.17. Recomendaciones de azufre en arroz
- 3.18. Recomendación de elementos menores en arroz
- 3.19. Efecto de la fertilización foliar en Oryzica 1 en condiciones de riego en suelos de la zona centro
- 3.20. Evaluación final de conocimientos - información de retorno

