

SB
19/RS
1150
V.0

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

3

USO EFICIENTE DE LOS FERTILIZANTES EN EL CULTIVO DEL ARROZ EN REPUBLICA DOMINICANA

Idelfonso L. Germán
Héctor Ducoudray
Fulvio Ureña
Modesto M. Tavares
José L. Lisbey
José Flores
Ramón Tavares

29 MAR 1991
CIAT
UNIDAD DE INVESTIGACION Y
DOCUMENTACION

030106

06

CIAT - CRIN
1991

USO EFICIENTE DE LOS FERTILIZANTES EN EL CULTIVO DEL ARROZ EN REPUBLICA DOMINICANA

Autores:

Idelfonso L. Germán

Héctor Ducoudray

Fulvio Ureña

Modesto Mercedes Tavares

José Luis Lisbey

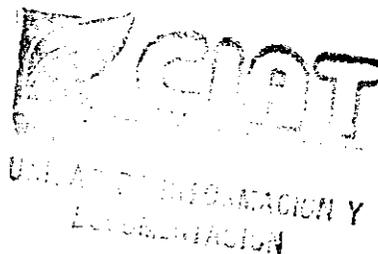
José Flores

Ramón R. Tavares

Asesor científico:

Luis Alfredo León, Ph.D

29 FEB 1997



Coordinación general:

Vicente Zapata S., Ed. d.

Eugenio Tascón, Ing. Agr.

Elías García D. Ing. Agr.

Producción:

Liliana Bejarano, Ing. Agr.

Lucy García S., Ing. Agr.

Yolanda Romero F., Biol.

Diagramación:

Juan Carlos Londoño, Biol.

La realización de esta serie de materiales para capacitación
recibió la colaboración de la
Red de Mejoramiento de Arroz para el Caribe.

Nuestros agradecimientos especiales
al Doctor Jorge Luis Armenta, Director de la Red,
quien coordinó los eventos de capacitación y extensión
agrícola que condujeron a la aplicación de estos materiales
entre 1990 y 1991

Otros títulos de la misma serie:

1. Principios básicos para el manejo integrado de las malezas del arroz en República Dominicana.
2. Insectos del arroz en República Dominicana y criterios básicos para el manejo integrado de plagas.
4. Producción de semilla certificada de arroz en República Dominicana.

Germán, Idelfonso L. ; Ducoudray, Héctor ; Ureña, Fulvio ; Tavares, Modesto M. ; Lisbey, José Luis ; Flores, José ; Tavares, Ramón R. ; Uso eficiente de los fertilizantes en el cultivo del arroz en República Dominicana / asesoría científica, Luis A. León ; coordinación general, Vicente Zapata S., Eugenio Tascón, Elías García D. ; producción, Liliana Bejarano, Lucy García S., Yolanda Romero F. ; diagramación, Juan Carlos Londoño. -- Cali, Colombia : Centro Internacional de Agricultura Tropical, 1992. ___ p. Es. -- (Unidades de aprendizaje para la capacitación en tecnología de producción de arroz; 3)

ISBN

Incluye 15 diapositivas color y 27 transparencias en bolsillo.

Publicado en cooperación con la Red de Mejoramiento de Arroz para el Caribe, CRIN.

1. Arroz -- Requerimientos nutricionales 2. Arroz -- Deficiencia nutricional 3. Arroz -- Suelos -- República Dominicana 4. Arroz -- Fertilización -- República Dominicana I. Germán, Idelfonso L. II. Ducoudray, Hector III. Ureña, Fulvio IV. Tavares, Modesto M. V. Lisbey, José Luis VI. Flores, José VII. Tavares, Ramón R. VIII. Red de Mejoramiento de Arroz para el Caribe IX. Centro Internacional de Agricultura Tropical.

Contenido

	Página
Prefacio	1
Características de la audiencia	3
Instrucciones para el manejo de la Unidad	4
Flujograma para el estudio de esta Unidad	6
Dinámica de grupo	7
Expectativas de aprendizaje	8
Exploración inicial de conocimientos	11
Objetivos: terminal y específicos	19
Introducción	20
Requerimientos nutricionales de la planta de arroz y síntomas de deficiencia de nutrimentos	
• Funciones de los nutrimentos en la fisiología de la planta	1-9
• Proceso de absorción de los macronutrimentos	1-12
• Requerimientos minerales de la planta	1-14
• Síntomas de deficiencias de macronutrimentos y micronutrimentos	1-16
Ejercicio 1.1. Funciones de los nutrimentos y factores que condicionan la absorción de la planta	1-19
Práctica 1.1. Ensayo demostrativo del diagnóstico nutricional del arroz en un suelo determinado	1-24
Resumen de la Secuencia 1	1-31
Característica de los suelos arroceros de República Dominicana y efectos de su inundación	
• Sistemas de cultivo del arroz en República Dominicana	2-9

- Zonas arroceras y sus características 2-9
- Condiciones ideales del suelo para el cultivo del arroz 2-12
- Efectos primarios de la inundación 2-12
- Cambios fisicoquímicos 2-14
- Cambios químicos 2-18
- Ejercicio 2.1. Zonas arroceras de República Dominicana y sus características 2-27
- Ejercicio 2.2. Cambios físico-químicos en suelos inundados 2-31
- Resumen de la Secuencia 2 2-35

Recomendaciones para el uso racional de los fertilizantes

- Toma de la muestra de suelo 3-9
- Análisis químico del suelo 3-11
- Dosis y época de aplicación de fertilizantes 3-12
- Fuentes de fertilizantes disponibles en el país 3-16
- Eficiencia en el uso de los fertilizantes 3-16
- Cálculo de fertilizantes 3-19
- Aspectos económicos de las recomendaciones de fertilización 3-19
- Ejercicio 3.1. Recomendaciones para el uso racional de fertilizantes - Estudio de casos 3-21
- Práctica 3.1. Toma de muestra de suelo y recomendaciones sobre el uso de los fertilizantes 3-25
- Resumen de la Secuencia 3 3-31
- Bibliografía 3-32
- Evaluación final de conocimientos 3-34

Anexos

Anexo 1. Evaluación del evento de capacitación	A-5
Anexo 2. Evaluación del desempeño de los instructores	A-8
Anexo 3. Evaluación de los instructores	A-10
Anexo 4. Formas en que son absorbidos los nutrimentos en la solución del suelo	A-14
Anexo 5. Clave para la determinación de deficiencias en las plantas	A-17
Anexo 6. Características de las variedades de arroz sembradas en República Dominicana	A-18
Anexo 7. Diapositivas que complementan la Unidad	A-20
Anexo 8. Transparencias para uso del instructor	A-21

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.

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, bajo 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

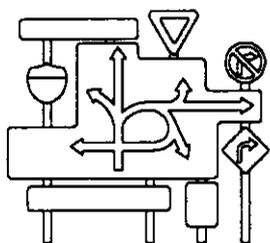


La presente Unidad de Aprendizaje está diseñada para capacitar en el cultivo del arroz con riego a los profesionales universitarios independientes o de instituciones públicas o privadas que se desempeñen como extensionistas, asistentes o asesores técnicos. Ellos poseen conocimientos generales sobre el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

Esta Unidad de aprendizaje posee el nivel requerido para la audiencia citada, pero el instructor puede realizar los cambios convenientes en función de la necesidad de otras audiencias, tales como los 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 ser altamente beneficiados con el aprendizaje de la Unidad.

Instrucciones para el manejo de la Unidad



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

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

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

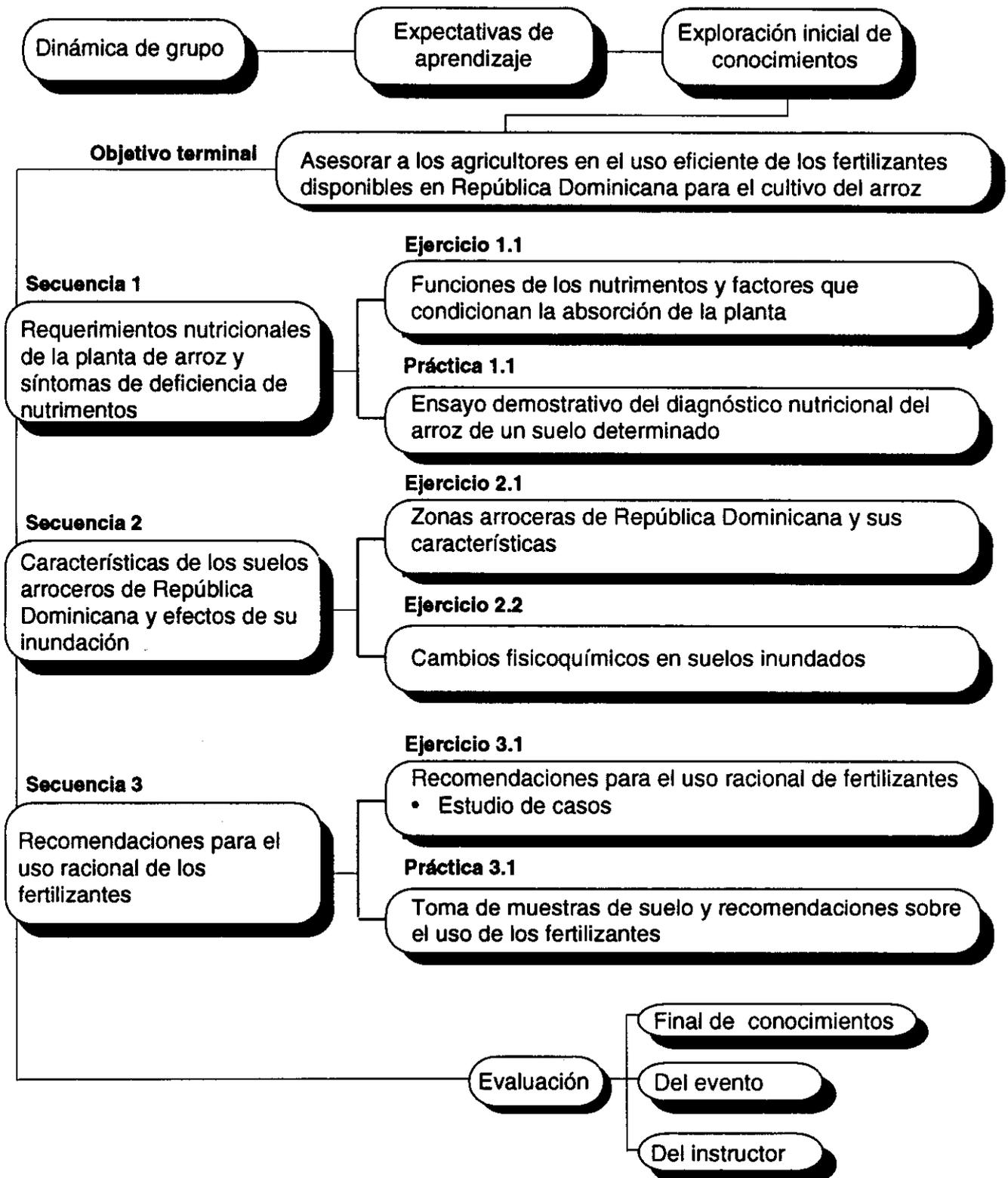
Durante el uso de la Unidad tenga siempre presente que los participantes en el curso son los protagonistas de su propio aprendizaje, por lo tanto, anímelos a participar activamente; revise continuamente el flujograma de actividades programadas y el tiempo que ha destinado para cada una con el fin de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

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

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

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



El objetivo de esta dinámica es destacar la importancia de trabajar unidos como un grupo. Divida los participantes en grupos de tres. A cada grupo se le entregará un test. Todos los grupos tendrán 5 minutos para trabajar. El grupo con el mayor número de respuestas correctas será el ganador.

El test no requiere mucha inteligencia o fluidez de palabras para ser resuelto.

El siguiente cuestionario contiene las iniciales de las palabras correctas dentro de una corta frase. Encuentre las palabras que hacen falta.

Preguntas	Respuestas
1. 26 = L del A	Letras del Alfabeto
2. 12 = S del Z	Signos del Zodíaco
3. 54 = C de la B (con los J)	Cartas de la baraja (con los Jokers)
4. 9 = P en el S.S.	Planetas en el Sistema Solar
5. 3 = C de la B de R D	Colores de la Bandera de República Dominicana
6. 100 = G C es la T a la que el A hace E	Grados Centígrados es la Tº a la que el Agua hace Ebullición
7. 90 = Son los G de un A R	Son los grados de un Angulo Recto
8. 4 = C de un G	Cuartos en un Galón
9. 24 = H del D	Horas del día
10. 11 = J de un E de F	Jugadores de un Equipo de Fútbol
11. 29 = D del M de F en A B	Días del mes de Febrero en Año Bisiesto
12. 7 = N del P	Notas del Pentagrama
13. 5 = S las V	Son las Vocalès
14. 365 = D del A	Días del Año
15. 7 = C del A I	Colores del Arco Iris
16. 7 = P C	Pecados Capitales
17. 10 = M	Mandamientos
18. 30 = D tiene el M	Días tiene el Mes
19. 4 = E tiene el A	Estaciones tiene el Año
20. 10.000 = m ² tiene una h	m ² tiene una hectárea

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

Expectativas de aprendizaje

Orientación para el instructor

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

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

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

Expectativas de aprendizaje

Instrucciones para el participante

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



Tiempo: 20 minutos

Nombre: _____

Fecha: _____

Edad: _____

Nivel académico: _____

Institución o entidad: _____

Responsabilidad actual en su trabajo

- Investigación
- Extensión
- Docencia
- Administración
- Otros

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

2. ¿Para qué cree que le puede servir este aprendizaje? _____

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

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

Exploración inicial de conocimientos

Orientación para el instructor

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

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

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

Exploración inicial de conocimientos

Instrucciones para el participante



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

Tiempo: 15 minutos

Nombre: _____

Fecha: _____

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

a. Nitrógeno _____

b. Fósforo _____

c. Potasio _____

2. Describa dos síntomas de deficiencia de los siguientes elementos en la planta de arroz:

a. Nitrógeno _____

b. Fósforo _____

c. Potasio _____

3. ¿Qué tipo de suelo se encuentra en las zonas de siembra localizadas en las cuencas de los ríos Yuna y Camú? _____

4. ¿Qué tipo de suelo se encuentra en las cuencas de los ríos Yaque del Norte y Dajabón? _____

5. ¿Qué tipo de suelo se encuentra en las cuencas de los ríos Yaque del Sur y Artibonito, y en la hoya del Lago Enriquillo? _____

6. Identifique las condiciones ideales de un suelo para la siembra del arroz _____

7. ¿Qué tipo de análisis de suelos se realiza en República Dominicana?

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

9. ¿En qué momento se recomienda hacer la aplicación de fósforo y la de potasio? _____



UNIDAD DE INFORMACION Y
DOCUMENTACION

Exploración inicial de conocimientos - Información de retorno

Orientación para el instructor

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

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

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

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

Exploración inicial de conocimientos - Información de retorno



1.
 - a. Fomenta el crecimiento rápido de la planta; aumenta el tamaño de las hojas y de los granos incrementando su contenido proteico.
 - b. Fomenta la floración y maduración tempranas; estimula el desarrollo de las raíces y aumenta la producción de grano.
 - c. Es esencial en la actividad de las enzimas; aumenta la resistencia de la planta al ataque de enfermedades y a las condiciones climáticas adversas; favorece el desarrollo de renuevos e incrementa el tamaño y el peso de los granos.
2.
 - a. Plantas raquífticas con pocos hijos; a excepción de las hojas jóvenes, que son verdes, las demás hojas son angostas, cortas, erectas y amarillentas; las hojas inferiores presentan secamiento del ápice hacia la base.
 - b. Plantas raquífticas con escaso macollamiento y desarrollo radical defectuoso; las hojas son angostas, cortas, erectas, y de un color verde grisáceo. Las hojas más jóvenes son sanas y las inferiores se tornan de color marrón, y mueren. Si la variedad tiene tendencia a producir pigmentos de antocianinas, las hojas pueden desarrollar un color púrpura.
 - c. Reducción en el macollamiento; las plantas pueden sufrir raquitismo moderado. A medida que las plantas crecen, las hojas inferiores toman un color verde amarillento entre las venas, y se inclinan. Con el tiempo, las hojas inferiores se tornan de color marrón y la coloración amarillenta pasa a las hojas superiores.
3. Suelos de textura arcillosa con problemas de drenaje que ocasionan inundaciones periódicas; pH bajo (4.5-5.5); abundante materia orgánica que predomina en la región conocida como Bajo Yuna.
4. Suelos de textura francoarenosa, con pH alto (7.8-8.2) y graves problemas de salinidad.
5. Suelos de textura arcillosa, con pH alto (7.5-8.0) y buena fertilidad.

6. Las condiciones ideales de un suelo para la siembra del arroz son: buen contenido de materia orgánica (mayor de 5%), buena capacidad de intercambio catiónico, buen contenido de arcilla (40%), topografía plana, capa arable profunda (mayor de 25 cm), y buen drenaje superficial.
7. Los análisis de suelos que se realizan en República Dominicana son: de fertilidad, en donde se determina el contenido de materia orgánica, de fósforo y de potasio, el pH, el aluminio intercambiable y la textura del suelo; de caracterización, que además de lo anterior analiza los niveles de calcio, magnesio y sodio intercambiables y el completo que incluye el análisis de la conductividad eléctrica del suelo.
8. En siembras directas, se recomienda aplicar el fertilizante nitrogenado en dos partes: una al iniciarse el macollamiento y la otra al inicio del primordio floral.

En siembras por trasplante, la primera aplicación debe hacerse después de transcurridos 10 días y la segunda al inicio del primordio floral. Es importante tener en cuenta el ciclo de cultivo de la variedad, porque en las variedades tardías la etapa llamada inicio del primordio floral ocurre más tarde que en las tempranas.
9. Antes de la siembra, incorporándolos al suelo con el último pase del rastrillo.

Objetivos

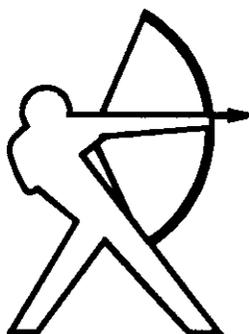
Terminal

Al finalizar el estudio de esta Unidad de Aprendizaje, el participante estará en capacidad de asesorar a los agricultores en el uso eficiente de los fertilizantes disponibles en República Dominicana, para el cultivo del arroz.

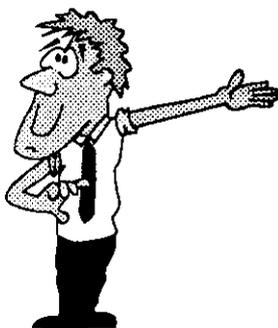
Específicos

Para lograr el objetivo antes expuesto, el participante deberá ser capaz de:

- ✓ Definir las funciones de los macronutrientes en la fisiología de la planta de arroz.
- ✓ Describir la forma en que la planta absorbe los macronutrientes, y los factores que pueden influir en este proceso.
- ✓ Identificar en la planta los síntomas de deficiencia de nitrógeno, fósforo y potasio.
- ✓ Describir las características de los suelos de República Dominicana en las zonas de siembra del arroz.
- ✓ Identificar las condiciones ideales del suelo para la siembra del arroz.
- ✓ Explicar las transformaciones que ocurren en el suelo a consecuencia de su inundación.
- ✓ Tomar correctamente una muestra de suelo, adjuntando la información necesaria que facilite hacer las recomendaciones pertinentes sobre fertilización.
- ✓ Identificar los tipos de análisis de suelos que se realizan en República Dominicana.
- ✓ Enumerar cuatro consideraciones que se deban tener en cuenta para realizar una aplicación eficiente de nitrógeno.
- ✓ Enumerar los factores que intervienen en la respuesta de un cultivo a la aplicación de un fertilizante nitrogenado.
- ✓ Calcular la cantidad de producto comercial que se debe aplicar como fertilizante, teniendo en cuenta la dosis recomendada.
- ✓ Enumerar los aspectos económicos que deben tenerse en cuenta al elegir un fertilizante.



Introducción



Existen diversos factores cuya acción, independiente o interrelacionada, afectan el rendimiento de cultivo del arroz. En términos generales, estos factores son: el genotipo de la planta, los procesos fisiológicos, los recursos bióticos y abióticos que el medio ambiente le proporcione a la planta.

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

Esta Unidad está diseñada para capacitar en el uso eficiente de los fertilizantes a los profesionales y técnicos agrícolas que ya tienen experiencia en el cultivo del arroz. Pretende también convertirse en un material de apoyo para aquellos que, una vez capacitados en este tema y en el planeamiento de la capacitación, transfieren la tecnología apropiada a los productores favorecidos por la Reforma Agraria y a los agricultores independientes, quienes poseen poca escolaridad o nunca la tuvieron.

De esta forma se pretende multiplicar el conocimiento de los avances logrados en la tecnología del cultivo del arroz, para que todos los estamentos de la producción arroceras se vean favorecidos y el país continúe ocupando un puesto de liderazgo entre los productores del Caribe.

Secuencia 1

**Requerimientos
nutricionales
de la planta
de arroz y síntomas
de deficiencia
de nutrimentos**

Contenido

	Página
Objetivos	1-7
Información	1-9
• Funciones de los nutrimentos en la fisiología de la planta	1-9
Proceso de absorción de los macronutrimentos	1-12
• Requerimientos minerales de la planta	1-15
• Síntomas de deficiencias de macronutrimentos y micronutrimentos	1-16
Ejercicio 1.1. Funciones de los nutrimentos y factores que condicionan la absorción de la planta	1-19
• Objetivos	
• Recursos necesarios	
• Instrucciones	
• Hoja de trabajo	
• Información de retorno	
Práctica 1.1. Ensayo demostrativo del diagnóstico nutricional del arroz en un suelo determinado	1-24
• Objetivos	
• Recursos necesarios	
• Orientaciones para el instructor	
• Hoja de trabajo	
• Información de retorno	
Resumen de la Secuencia 1	1-31

Flujograma Secuencia 1

Requerimientos nutricionales de la planta de arroz y síntomas de deficiencia de nutrimentos.

Objetivos

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

Contenido

- Funciones de los nutrimentos en la fisiología de la planta
- Proceso de absorción de los macronutrimentos.
- Requerimientos minerales de la planta.
- Síntomas de deficiencias de macronutrimentos y micronutrimentos.

Ejercicio 1.1

Funciones de los nutrimentos y factores que condicionan la absorción de la planta.

- Objetivos
- Recursos necesarios
- Orientaciones para el instructor
- Hoja de trabajo
- Información de retorno

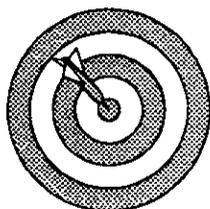
Práctica 1.1

Ensayo demostrativo del diagnóstico nutricional del arroz en un suelo determinado.

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

Resumen Secuencia 1

Objetivos



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

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

Información

Los nutrimentos son elementos requeridos por la planta para llevar a cabo sus funciones vitales y sintetizar su alimento. En la planta de arroz se han identificado 17 elementos indispensables para que su crecimiento, desarrollo y producción de grano sean óptimos. La planta toma estos elementos del medio ambiente en que se desarrolla, es decir, del aire, del agua y del suelo.

Los elementos tomados del aire y del agua son: carbono (C), hidrógeno (H) y oxígeno (O), los cuales constituyen entre el 90 y el 94% de la materia seca.

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

Estos elementos se clasifican según la cantidad que de cada uno absorbe la planta, así: macronutrimentos son los que la planta requiere en mayor proporción, los cuales se dividen a su vez en primarios y secundarios; micronutrimentos son los que requiere en menor proporción.

Macronutrimentos:

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

Secundarios: Ca, Mg y S.

Micronutrimentos: Fe, Mn, Zn, B, Mo, Cu y Cl.

Funciones de los nutrimentos en la fisiología de la planta

La mayor o menor cantidad de granos en la panícula es el resultado de la relación entre la fotosíntesis y la respiración, y éstas son actividades que están influenciadas, directa o indirectamente, por el contenido de nutrimentos. Por ejemplo, el nitrógeno es un componente de las proteínas, las que a su vez son constituyentes del protoplasma, de los cloroplastos y de las enzimas.

Los efectos que el nitrógeno produce en el arroz son los siguientes: da un color verde oscuro a las partes de la planta, fomenta el crecimiento rápido (aumento de la altura y formación de renuevos, esta última es particularmente importante para incrementar el rendimiento en grano),

hace que aumente el tamaño de las hojas y los granos, incrementa el contenido proteínico de los granos, mejora la calidad de los cultivos y proporciona nitrógeno a algunos microorganismos mientras éstos descomponen los materiales orgánicos de bajo contenido de nitrógeno (Takahashi, 1964).

El fósforo como fosfato inorgánico se halla en un compuesto rico en energía; como coenzima, está directamente involucrado en la fotosíntesis. El fósforo es un elemento indispensable para que la planta crezca vigorosamente y tenga un alto rendimiento de grano; estimula el desarrollo de las raíces haciendo que las plantas sean más resistentes a la sequía; fomenta la floración y la maduración tempranas, neutralizando o reduciendo la influencia desfavorable de los trasplantes tardíos; estimula la formación activa de renuevos, permitiendo que las plantas de arroz se recuperen más rápidamente, y de manera más completa después de cualquier situación adversa; finalmente le da al arroz un mayor valor alimenticio porque habrá un contenido más alto de fósforo en los granos (De Geus, 1954).

El potasio, al actuar en la apertura y cierre de los estomas, tiene que ver con el control de la difusión del CO_2 en los tejidos verdes, que es el primer paso de la fotosíntesis. Es un elemento esencial en la actividad de las enzimas, hace al cultivo resistente a las enfermedades y a los efectos provocados por condiciones climáticas desfavorables, favorece el desarrollo de renuevos, e incrementa el tamaño y el peso de los granos (Jacob, 1958).

El calcio forma parte de las paredes de las células, es necesario para su división, e incrementa la resistencia de la planta al acame y al ataque de enfermedades. El magnesio es un componente de la clorofila y de varias enzimas esenciales; sus funciones son similares a las del calcio. El azufre es un componente de algunos aminoácidos, como la cisteína, la cistina y la metionina, y de las hormonas tiamina y biotina; es importante en el funcionamiento de algunas enzimas activadoras y en las reacciones de oxidación-reducción.

El silicio interviene en cuatro aspectos fundamentales del desarrollo de la planta:

- Crecimiento anormal de las plantas. El silicio promueve el desarrollo de la planta porque fortalece las raíces y los tallos; favorece la formación temprana de la panícula; e incrementa el número de espiguillas por panícula y el porcentaje de maduración de los granos.

- **Economía del agua.** Cuando las plantas de arroz carecen de silicio sufren de estrés si se colocan en ambientes en los cuales la transpiración se incrementa o la absorción de agua es muy deficiente; la absorción de silicio es por ello crítica durante la iniciación de la panícula, cuando la actividad radical se reduce más y el nivel de transpiración de agua es alto.
- **Resistencia a plagas y enfermedades.** Una cutícula que contiene silicio es una excelente barrera contra el ataque de hongos, insectos y ácaros porque constituye una defensa física. La aplicación de silicio reduce la acción desfavorable que el nitrógeno ejerce sobre la resistencia del arroz a enfermedades tales como el añublo.
- **Acción de otros nutrimentos.** El silicio parece promover la traslocación del fósforo en la planta e impide su consumo excesivo; también facilita la absorción del fósforo del suelo por la planta.

Según De Data 1981, la función de los micronutrientes se concreta así:

El hierro participa en la formación de la clorofila sin ser uno de sus componentes; en si forma parte de compuestos orgánicos, o está combinado con ellos, actúa posiblemente como catalizador; por ejemplo, cuando es componente de enzimas reductoras e inhibe la absorción del potasio.

El manganeso interviene en la fotosíntesis y en los procesos de oxidación-reducción; activa varias enzimas, tales como la oxidasa, la peroxidasa, la deshidrogenasa, la descarboxilasa y la kinasa.

El zinc tiene relación probablemente con la producción de auxinas; activa también varias reacciones enzimáticas y está estrechamente involucrado en el metabolismo del nitrógeno.

El boro es un catalizador del sistema de la planta y regula algunas funciones fisiológicas como el metabolismo del nitrógeno y el del calcio.

El molibdeno es un componente de algunas enzimas, y es también regulador enzimático.

El cobre aumenta la resistencia a las enfermedades y disminuye la esterilidad masculina en la planta.

El cloro es esencial en la fotosíntesis (De Data, 1981).

Proceso de absorción de los macronutrientos

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

La Figura 1.1 muestra las curvas de absorción del nitrógeno, del fósforo y del potasio por plantas de arroz de la variedad IR-36, a través de las etapas de desarrollo de ésta; las plantas se fertilizaron bien con 130-40-40, y crecieron en un suelo con adecuada disponibilidad de P y K. Las raíces de las plantas fueron sumergidas en una solución de ZnO antes del trasplante para corregir la deficiencia local de este micronutriente.

El nitrógeno es absorbido rápidamente durante las primeras etapas de desarrollo y hasta el final de la etapa de grano pastoso, y decae ligeramente durante el estado de macollamiento y diferenciación.

La absorción del fósforo es lenta hasta cuando se inicia el primordio floral, posteriormente es un poco más rápida hasta poco después de la floración, etapa en la cual, las necesidades de este elemento por la planta están ya insatisfechas.

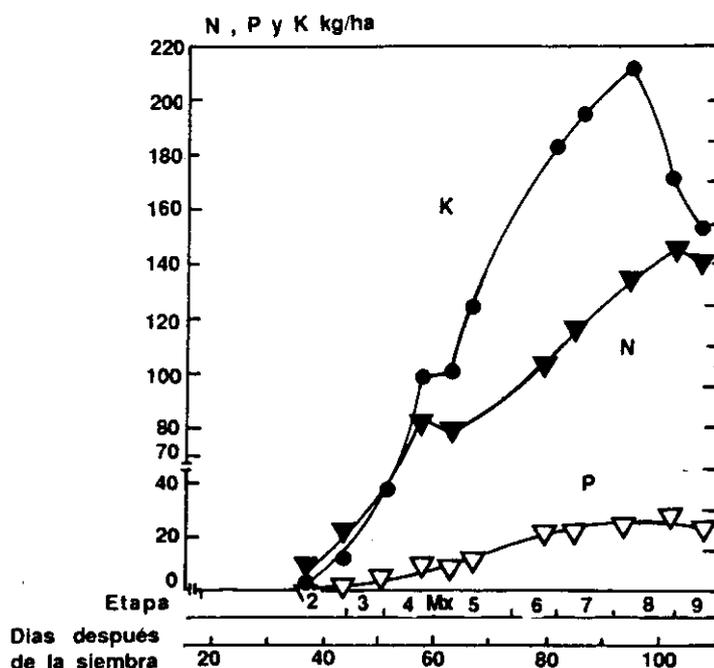


Figura 1.1. Absorción de N, P y K a través de las etapas de desarrollo de la variedad IR-36 bien fertilizada (Fernández, 1978).

El potasio es absorbido en función del crecimiento de la planta; por ello su absorción aumenta hasta el final de la etapa lechosa del grano y luego decae.

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

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

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	140.67
• panícula	<u>25.86</u>
	166.53
140	
• paja	242.47
• grano	<u>136.50</u>
	378.97

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

El calcio absorbido también según lo requiera el crecimiento de la planta, es tomado por ésta, de manera continua hasta la etapa pastosa. Como en el caso de otros elementos mayores, la absorción aumenta paralelamente con el incremento de la materia seca.

En la Figura 1.2 se observa la absorción de calcio, magnesio y azufre a lo largo del período vegetativo. En la etapa de iniciación de la panícula el cultivo ha absorbido el 14% del total del calcio; de este período a la maduración toma el 86% restante. La planta toma el magnesio así: hasta la iniciación de la panícula aproximadamente el 13%, y de esta época a la maduración, el 87%. En cuanto al azufre, la planta toma, hasta la etapa de iniciación del primordio floral, el 24% del total, y de esta etapa a la maduración, el 76% (Perdomo, *et al.*, 1982).

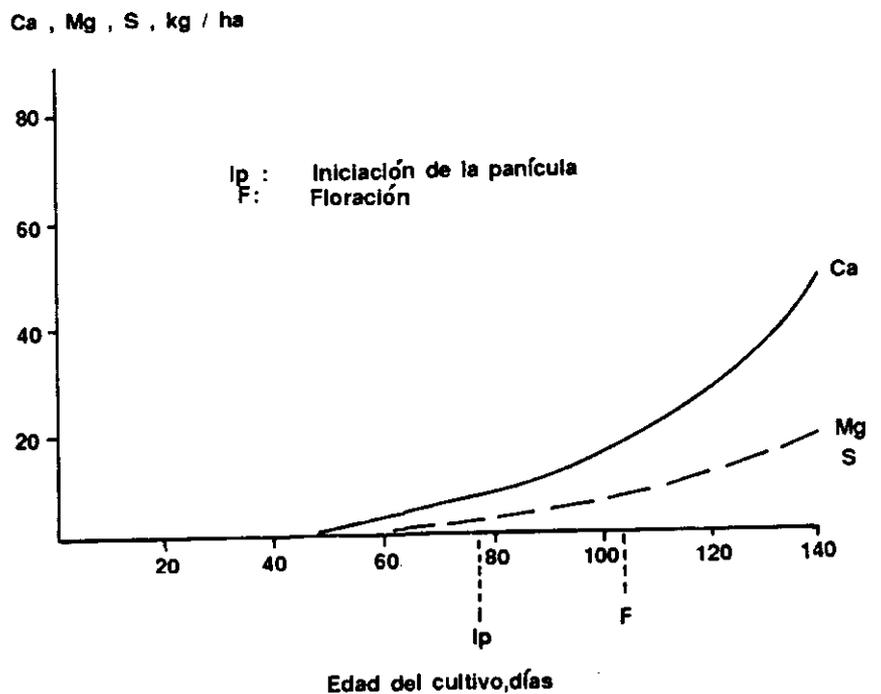


Figura 1.2. Absorción de calcio, magnesio y azufre por la planta de arroz (Perdomo, *et al.*, 1982).

Requerimientos minerales de la planta

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

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

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

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

1. IRRI, 1963

2. Fernández *et al.*, 1978

^a como Si

3. Perdomo *et al.*, 1982

4. Yoshida, 1981

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

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

Fósforo: 4 a 5 kg Magnesio: 3 a 4 kg

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

Por ejemplo, según los datos anteriores, para producir 5 toneladas de arroz sembrando la variedad JUMA 57, se necesitan, por lo menos, 90 kg/ha de nitrógeno.

Síntomas de deficiencias de macronutrientes y micronutrientes

Se conocen como síntomas de deficiencias las manifestaciones externas de la carencia aguda de uno o más nutrientes en la planta. Los síntomas de deficiencias de los elementos que la planta toma en menor proporción y en los suelos infértiles son los más comunes; en algunos casos estos mismos síntomas pueden ser producidos por factores fisiológicos y patológicos, o por otros agentes dañinos, que inhiben la toma de los nutrientes.

En otros casos, pueden confundirse con síntomas causados por sustancias minerales o por organismos contenidos en el ambiente, tales como el exceso de Na, de Fe, de Al, y de algunos componentes orgánicos. En situaciones de menor deficiencia, en que los síntomas no se presentan (hambre escondida), se requieren análisis de laboratorio o experimentos de campo o de invernadero para poder diagnosticar esa deficiencia.

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

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

Deficiencia de nitrógeno

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

Deficiencia de fósforo

Las plantas con deficiencia de fósforo son también raquílicas, y tienen escaso macollamiento y desarrollo radical defectuoso. Las hojas son angostas, cortas, erectas, y exhiben un color verde grisáceo de tono opaco. Las hojas jóvenes son sanas, pero las inferiores se tornan de color marrón y mueren. Si la variedad tiene tendencia a producir pigmentos de antocianina, las hojas pueden desarrollar un color púrpura.

Deficiencia de potasio

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

Deficiencia de calcio

La deficiencia de calcio afecta muy poco la apariencia general de la planta, excepto cuando es aguda; en este caso el punto de crecimiento de las hojas superiores se torna blanco, enrollado y encrespado, la planta se vuelve raquífica, y los puntos de crecimiento mueren.

Deficiencia de magnesio

La deficiencia de magnesio cuando es moderada, afecta levemente la altura y el macollamiento de la planta. Las hojas son onduladas y se doblan debido a la expansión del ángulo entre la lámina foliar y la vaina. La clorosis intervenal ocurre en las hojas inferiores y se caracteriza por su color anaranjado.

Deficiencia de silicio

La deficiencia de silicio hace que las hojas de las plantas presenten una apariencia débil y marchita.

Deficiencia de azufre

La deficiencia de azufre es similar a la del nitrógeno y diferenciarlas visualmente es casi imposible. Inicialmente se manifiesta en las vainas foliares, que se amarillean, avanza hacia las láminas de las hojas y provoca la clorosis general de la planta, durante la etapa de formación de macollas. Las panículas de las plantas afectadas son más pequeñas y su número es menor.

Deficiencia de manganeso

La deficiencia de manganeso hace que las plantas presenten los siguientes síntomas: plantas enanas pero con un número de macollas normal; clorosis intervenal en las hojas; rayas cloróticas que se extienden desde la punta de las hojas hasta su base; las hojas se tornan de color café oscuro y se vuelven necróticas; las hojas recién emergidas son cortas, angostas y de color café.

Deficiencia de zinc

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

Deficiencia de boro

La deficiencia de boro reduce el tamaño de las plantas; la punta de la hoja recién emergida es blanca y se enrolla, como cuando hay deficiencia de calcio. Cuando la deficiencia es severa, los primordios de la planta pueden morir, aunque también puede producirse un nuevo macollamiento.

Deficiencia de cobre

La deficiencia de cobre se manifiesta en las plantas cuando sus hojas adquieren una coloración azulada, y se tornan cloróticas cerca de la punta; se desarrolla entonces una clorosis descendente a ambos lados de la nervadura central, y posteriormente las hojas toman un color café oscuro con necrosis en la punta. Las hojas nuevas no se desarrollan y permanece en forma de aguja; en ocasiones, al desenrollarlas solamente aparecen la mitad de las hojas, aunque en su base éstas se desarrollan normalmente.

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

Ejercicio 1.1 Funciones de los nutrimentos y factores que condicionan la absorción de la planta

- Objetivos**
- ✓ Definir las funciones de los macronutrimentos en la fisiología de la planta.
 - ✓ Enumerar los factores que condicionan la absorción de los nutrimentos por la planta.
- Recursos necesarios**
- Material bibliográfico referente a los temas.
 - Hoja de trabajo.
- Instrucciones**
- El instructor divide al grupo en cuatro subgrupos.
 - Cada subgrupo tendrá un relator que expondrá en la plenaria.
 - Se realizará una plenaria con el fin de unificar criterios.

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

a. Funciones del nitrógeno: _____

b. Funciones del fósforo: _____

c. Funciones del potasio: _____

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

a. _____

b. _____

c. _____

d. _____

e. _____

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

Aplicación

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

Para calcular la densidad aparente del suelo se emplea el método de la parafina, que consta de los siguientes pasos:

- a. Seleccione por lo menos tres terrones de suelo en el lote de donde extrajo el suelo para llenar los materos.
- b. Déjelos expuestos al sol por lo menos durante un día para secarlos, y péselos enseguida.
- c. Amárrelos con hilo de nylon.
- d. Derrita parafina en un recipiente e introduzca los terrones en ella momentáneamente, con el fin de cerrar sus poros.
- e. Llène con agua una probeta hasta un volumen conocido.
- f. Sumerja un terrón en la probeta y anote el volumen desplazado.
- g. Calcule el volumen del terrón por diferencia (f - e).
- h. Calcule la densidad aparente dividiendo el peso del terrón por el volumen de agua desplazado.
- i. Repita los pasos f, g y h con los otros terrones parafinados, y obtenga un promedio de la densidad aparente.

Ejemplo. En un matero hay 4 kg de suelo, cuya densidad aparente es de 1.2 g/cm^3 ; si se le aplica lo equivalente a 100 kg/ha de nitrógeno, empleando urea (46% de N), se procede así:

En 100 kg de urea _____ 46 kg de N

X kg de urea _____ 100 kg de N

$$X = \frac{100 \times 100}{46} = 217.4 \text{ kg de urea; aplicar } 217.4 \text{ kg/ha de urea.}$$

1 ha = 10,000 m²; para calcular su volumen se supone que tiene una profundidad efectiva de 20 cm, o sea 0.2 m; entonces:

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

Puesto que la densidad aparente de este suelo es de 1.2 g/cm^3 , se calcula el peso del suelo contenido en 1 ha:

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

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

Por consiguiente:

$$217.39 \text{ kg de urea} \quad \frac{\quad}{\quad} \quad 2400 \times 10^3 \text{ kg de suelo (1 ha)}$$

$$X \text{ kg de urea} \quad \frac{\quad}{\quad} \quad 4 \text{ kg de suelo (1 matero)}$$

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

Con el mismo procedimiento se calcula la cantidad de las otras fuentes de fertilizante que se debe aplicar por matero.

Los fertilizantes sólidos, como la cal y el azufre, se deben mezclar con el suelo de cada matero. Los solubles se aplican en soluciones, de tal forma que un volumen calculado de la solución proporcione la cantidad adecuada del elemento para cada unidad experimental. Se calcula un volumen total que sea suficiente para fertilizar todo el ensayo.

Manejo

Aplicados los tratamientos, hay que revolver el suelo y regar luego para distribuir los nutrimentos, evitando así que se presente toxicidad por acumulación excesiva de algún elemento. La aplicación de N y P puede hacerse fraccionada. La cal debe aplicarse con dos o más semanas de anticipación.

Siembra

Es recomendable sembrar de 15 a 20 semillas de arroz por matero; las semillas pueden estar pregerminadas. Se dejan de 10 a 12 plántulas por matero una vez estén éstas establecidas (8 días después de la siembra); para ensayos que duren todo el ciclo vegetativo, se dejan sólo 2 ó 3 plantas.

Riego

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

En cada tratamiento se deben realizar otras observaciones durante el ensayo:

1. Porcentaje 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 (cm)
 - Desarrollo radical (cm)
 - Tamaño de las hojas (cm)
 - Número de tallos/planta
 - Color de las hojas jóvenes
 - Color de las hojas inferiores viejas

Instrucciones para el participante

1. Se dividirán en grupos de 4 ó 5 personas
2. Cada grupo observará la apariencia general de las plantas en los materos. Se tomará como referencia una planta testigo en desarrollo normal (Testigo completo).
3. Cada grupo procederá a completar los cuadros que aparecen a continuación con las correspondientes mediciones.
4. Indicar la deficiencia presente en cada tratamiento y completar el cuadro correspondiente.
5. La duración de la Práctica será de 3 horas.

Mediciones	Tratamiento					Observaciones
	1	2	3	4	5	
Altura de las plantas (cm)						
Desarrollo radical (cm)						
Tamaño de las hojas (cm)						
Longitud de la raíz (cm)						
No. tallos plantas						
Color de las hojas inferiores						
Color de las hojas superiores						

Resultados:

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

Tratamiento	Deficiencias observadas
1	
2	
3	
4	
5	

Práctica 1.1 - Información de retorno

Mediciones	Matero No.					Observaciones
	1	2	3	4	5	
Altura de las plantas	17	19	15	14	15	
Desarrollo radical	6	7	9	4	3	
Tamaño de las hojas	8	9	10	8	10	
No. Tallos/planta	2	4	3	3	3	
Color de hojas viejas	Amar.	Verd.	Amar.	Marrón	Marrón	
Color de hojas jóvenes	Verd.	Verd.	Verd.	Verd.	Amar.	

Resultados:

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

Matero No.	Observaciones
1	Plantas anormales - Testigo absoluto
2	Plantas normales - Completo
3	Hojas viejas amarillas y jóvenes verdes - Completo - N
4	Hojas viejas marrón y jóvenes verdes - Completo - P
5	Hojas viejas marrón y jóvenes amarillas - Completo - K

Resumen de la Secuencia 1

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

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

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

En esta secuencia hemos estudiado las funciones y los síntomas de deficiencia de cada uno de los elementos químicos indispensables para el desarrollo de la planta de arroz.

Secuencia 2

**Características
de los suelos arroceros
de República
Dominicana y efectos
de su inundación**

Contenido

	Página
Objetivos	2-7
Información	2-9
• Sistemas de cultivo del arroz en República Dominicana	2-9
• Zonas arroceras y sus características	2-9
• Condiciones ideales del suelo para el cultivo del arroz	2-12
• Efectos primarios de la inundación	2-12
• Difusión del oxígeno	2-12
• Producción de gases	2-12
• Capa oxidada y capa reducida de un suelo inundado	2-13
• Cambios fisicoquímicos	2-14
• Cambios en el pH	2-14
• Reacciones de óxido-reducción	2-16
• Aumento de la conductividad eléctrica	2-17
• Cambios químicos	2-18
• Transformación de nitrógeno	2-18
• Reducción del manganeso y del hierro	2-22
• Disponibilidad del fósforo	2-24
• Transformación del silicio	2-25
• Transformación del azufre	2-26
Ejercicio 2.1. Zonas arroceras de República Dominicana y sus características	2-27
• Objetivo	
• Recursos necesarios	
• Instrucciones	
• Hoja de trabajo	
• Información de retorno	

	Página
Ejercicio 2.2. Cambios fisicoquímicos en suelos inundados	2-31
• Objetivo	
• Recursos necesarios	
• Instrucciones	
• Hoja de trabajo	
• Información de retorno	
Resumen de la Secuencia 2	2-35

Flujograma Secuencia 2

Características de los suelos arroceros de la República Dominicana y efectos de su inundación.

Objetivos

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

Contenido

- Sistemas de cultivo del arroz en República Dominicana.
- Zonas arroceras y sus características.
- Condiciones ideales de suelo para el cultivo del arroz.
- Efectos primarios de la inundación.
- Cambios físico-químicos.
- Cambios químicos.

Ejercicio 2.1

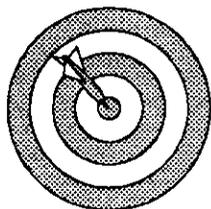
- Zonas arroceras de República Dominicana y sus características.
- Objetivo
 - Recursos necesarios
 - Instrucciones
 - Hoja de trabajo
 - Información de retorno

Ejercicio 2.2

- Cambios físicoquímicos en suelos inundados.
- Objetivo
 - Recursos necesarios
 - Instrucciones
 - Hoja de trabajo
 - Información de retorno

Resumen Secuencia 2

Objetivos



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

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

Información

Sistemas de cultivo del arroz en República Dominicana

El arroz se produce empleando dos sistemas de cultivo: bajo riego permanente con un 95% del área y en condiciones de secano un 5% (CIAT, 1986).

En el sistema de riego, la siembra directa se practica en el 60% del área y la siembra por trasplante en el 40% de ella. El sistema de cultivo de secano, estrictamente como tal, no pasa de 1988 ha que representan sólo el 2% del área de siembra de todo el país. También se emplea el cultivo de retoño o soca en el sistema de riego, y se localiza en zonas secas; éste ocupa aproximadamente más de 9200 ha.

El total del área sembrada se calcula en 114.400 ha, de las cuales 89.200 ha se establecen durante el primer período de siembra, éste se inicia en diciembre y corresponde a la cosecha de primavera.

En el segundo período, que se inicia en mayo, se siembran aproximadamente 25.200 ha, cifra que varía según el financiamiento con que cuente el agricultor, la disponibilidad de agua y de maquinaria, y las condiciones climáticas de la zona.

Zonas arroceras y sus características

Abréu y Vargas (1987) dividen el área arroceras de República Dominicana en cinco zonas diferentes (agroecosistemas), de las cuales las más importantes son: la zona 4, localizada en las cuencas de los ríos Yuna y Camú; la zona 3, en el Yaque del Norte; la zona 2, en el Yaque del Sur; y la zona 1 Río Ozama (Figura 2.1). En estas zonas se presentan generalmente dos épocas de lluvia durante el año, la primera de abril a junio y la segunda de septiembre a noviembre.

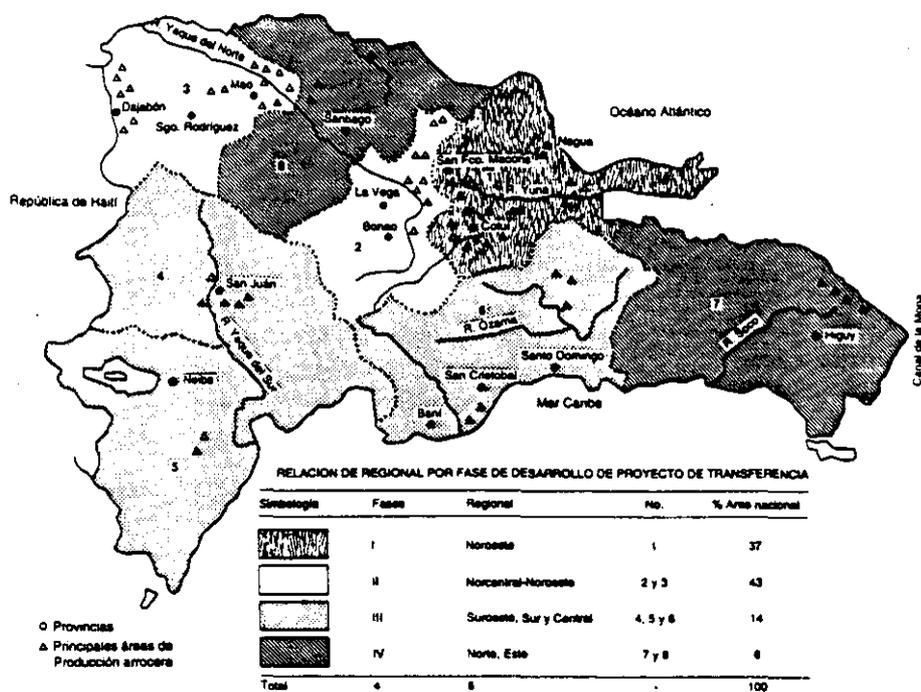


Figura 2.1. Zonas arroceras de República Dominicana.

Zona 1. Localizada en las cuencas de los ríos Ozama y Nizao, abarca el Distrito Nacional (Santo Domingo) y las provincias de San Cristóbal, Peravia y Azua. Tiene una extensión de 5660 ha (90.560 tareas) equivalentes al 4.95% del área total.

El suelo es de textura arenosa y areno-arcillosa, y su pH es alto. La temperatura promedio de 26°C, la humedad relativa de 70%, y la precipitación de 695 a 2000 mm anuales.

El área sembrada con el sistema bajo riego obtiene altos rendimientos. En el segundo período de siembra se practica rotación a otros cultivos, de los cuales son comunes el frijol, la soya y el maíz.

Zona 2. Localizada en las cuencas de los ríos Yaque del Sur, Artibonito y la Hoya del Lago Enriquillo, abarca las provincias de San Juan de la Maguana, Barahona, Bahoruco, Independencia y Pedernales. Tiene una extensión de 11.000 ha (176.100 tareas) equivalentes al 9.62% del área total.

El suelo es de textura arcillosa, de pH alto (7.5-8.0), y de buena fertilidad. La temperatura promedio es de 27°C, la humedad relativa de 70% y la precipitación de 460 a 1050 mm anuales. En el segundo período del año se hace rotación a leguminosas de grano para consumo humano.

En esta zona se siembra arroz una vez al año, en el primer período se inicia en marzo; en esta zona se obtienen los más altos rendimientos de toda el área de siembra.

Zona 3. Localizada en las cuencas de los ríos Yaque del Norte y Dajabón, abarca las provincias de Santiago, Valverde, Santiago Rodríguez, Monte Cristi y Dajabón. Tiene una extensión de 31.200 ha (500.000 tareas) equivalentes al 27.3% del área total.

El suelo es de textura franco arenosa, de pH alto (7.8-8.2), y con graves problemas de salinidad. La temperatura promedio es de 27°C, la humedad relativa de 65% y la precipitación de 600 a 990 mm anuales.

Zona 4. Localizada en las cuencas de los ríos Yuna (considerado el más caudaloso del país) y Camú, abarca las provincias de La Vega, Monseñor Nouel, Sánchez Ramírez, Duarte, Salcedo, María Trinidad Sánchez y Samaná. Es la más extensa de las cinco zonas: 62.800 ha (1.004.300 tareas) que equivalen al 54.9% del área total.

El suelo es de textura arcillosa y tienen problemas de drenaje que ocasionan inundaciones periódicas; su pH es bajo (4.5-5.5); tiene abundante materia orgánica que predomina en la región conocida como bajo Yuna, en las provincias de Duarte y Sánchez Ramírez. La temperatura promedio es de 25°C, la humedad relativa de 80%, y la precipitación de 1300 a 2500 mm anuales.

Zona 5. Abarca las provincias de San Pedro de Macorís, el Seybo, La Romana y Altigracia. Se ha desarrollado a expensas de pequeñas fuentes de agua provenientes de Sabana de la Mar, Miches y Nisibón que fluyen al Océano Atlántico en la costa de la provincia del Seybo. Es la menos extensa de las cinco: 3780 ha (60.400 tareas) equivalentes al 3.3% del área total; no obstante, su potencial es bueno ya que hay en ella áreas que pueden incorporarse al cultivo del arroz.

El suelo es fértil, de textura arcillosa y de pH alto. La temperatura promedio es de 26°C, la humedad relativa es de 75%, y la precipitación de 2200 mm anuales.

El potencial arrocero de esta zona es grande porque apenas se está desarrollando en ella el cultivo. Se hace una sola siembra en el año con muy buenos rendimientos, a pesar de que en algunas partes se presentan problemas de drenaje.

Condiciones ideales del suelo para el cultivo del arroz

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

Efectos primarios de la inundación

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

Difusión del oxígeno

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

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

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

Producción de gases

La desaparición del oxígeno es seguida por la evolución de N_2 , luego por un rápido incremento de CO_2 , y finalmente por una disminución de CO_2 y un incremento de CH_4 .

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

Capa oxidada y capa reducida de un suelo inundado

En la parte superior de un suelo cubierto con una lámina de agua de 4 a 5 cm encontramos, primero, una capa de suelo, de más o menos 1 cm de espesor, donde la difusión de oxígeno es suficiente para el consumo de los microorganismos: es la capa oxidada. Dentro de ella, la concentración del oxígeno en solución no es constante: varía desde la saturación en la superficie hasta un valor cero en el límite entre la capa oxidada y la capa reducida (Figura 2.2).

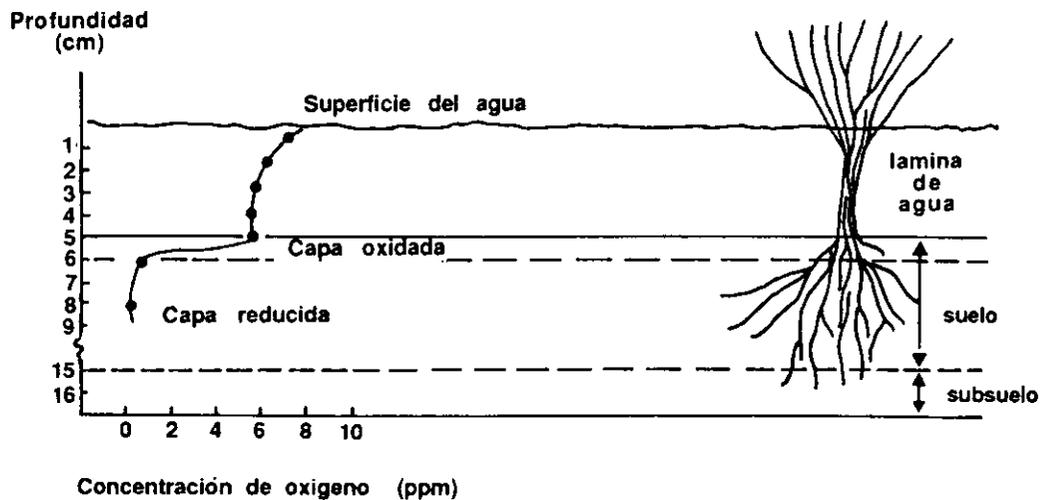


Figura 2.2. Concentración de oxígeno en las capas oxidada y reducida de un suelo inundado.

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

Viene luego la capa reducida, desde la superficie del suelo, prácticamente, hasta unos 6 a 15 cm de profundidad. Luego sigue el subsuelo, que puede estar oxidado, si quedó aire en él, o reducido si no hay allí aire (Figura 2.2).

Además de la pequeña capa oxidada de la superficie del suelo, existe otra zona oxidada que es la rizosfera del arroz; ésta se nota por la coloración rojiza que toman las raíces a causa de la oxidación del hierro en ellas.

En la capa reducida del suelo se encuentra la mayor parte de las raíces del arroz. En esta zona no hay oxígeno, y los microorganismos son de tipo anaeróbico. En ella suceden cambios químicos muy importantes para la planta de arroz.

Cambios físico-químicos

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

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

Cambios en el pH

Cualquiera que sea el pH original de un suelo, después de inundado éste llega, aproximadamente en tres semanas, a valores entre 6.5 y 7.5; éstos se mantienen durante la inundación (Figura 2.3). El efecto general de la inundación es el aumento del pH en los suelos ácidos, y su disminución en los suelos alcalinos y calcáreos. Estos cambios dependen de la concentración de iones de Fe y de la presión parcial del CO₂.

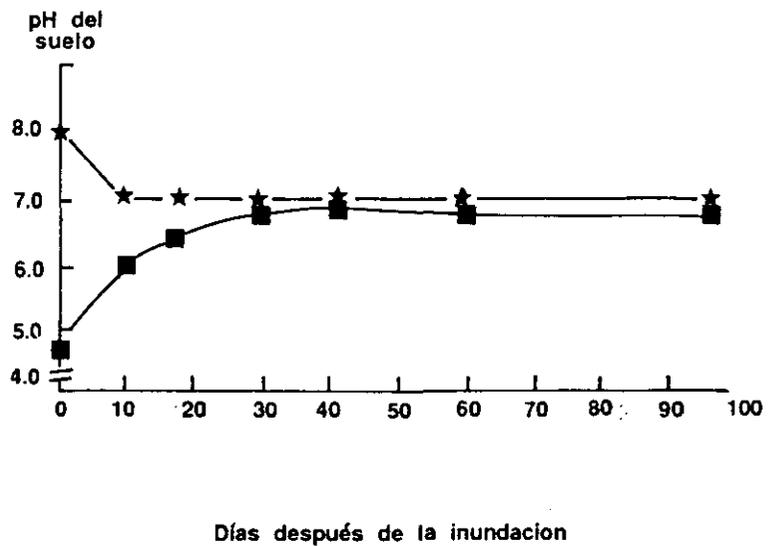


Figura 2.3. Cambios en el pH de dos suelos sometidos a inundación constante (CIAT, 1981).

En los suelos ácidos, el pH aumenta debido a la reducción de óxidos mangánicos e hidróxidos férricos, que deja libres los iones OH^- . En los suelos alcalinos, el pH disminuye debido al aumento de la presión parcial y la producción de CO_2 . Como los cambios del pH están controlados por la reducción del suelo y por la producción de CO_2 , los siguientes factores determinan cualquier variación del pH del suelo (Ponnamperuma, 1964):

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

Las temperaturas bajas retardan los cambios del pH en los suelos alcalinos y ácidos. Por tanto, los valores del pH en los suelos reducidos permanecen generalmente cerca de 7.0 y fluctúan menos por los valores del pH de los suelos oxidados.

Reacciones de óxido-reducción

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

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

Como medida del flujo de electrones que ocurre en los procesos de oxido-reducción, se utiliza el potencial redox; éste es el más importante de las propiedades físico-químicas, puesto que mide la intensidad de la reducción del suelo e identifica las reacciones que predominan en ese suelo.

El potencial redox mide la facilidad con que se transfieren los electrones, y depende del número de oxidación de los elementos, de la actividad de las formas oxidada y reducida, de la naturaleza del sistema, y del medio en que ocurre la reacción.

Después de que un suelo mineral aeróbico se inunda, el potencial redox descende y llega a un mínimo en pocos días, según el tipo de suelo (Figura 2.4).

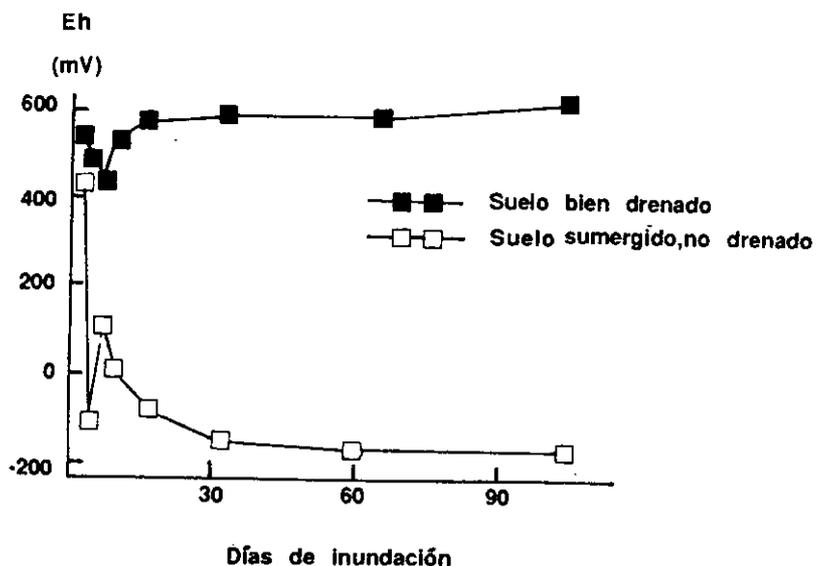


Figura 2.4. Cambios del potencial redox de varios suelos después de inundados.

Entre los factores que influyen en el potencial redox de los suelos se deben considerar el pH, la aireación, el contenido de materia orgánica, y las condiciones hídricas del suelo. De éstos, el contenido de agua y la aireación regulan la disponibilidad de oxígeno en el suelo y, por tanto, el potencial redox.

Aumento de la conductividad eléctrica

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

En la Figura 2.5 se observa la forma en que la conductividad eléctrica de un suelo aumenta hasta la séptima semana y luego disminuye gradualmente hasta lograr un equilibrio.

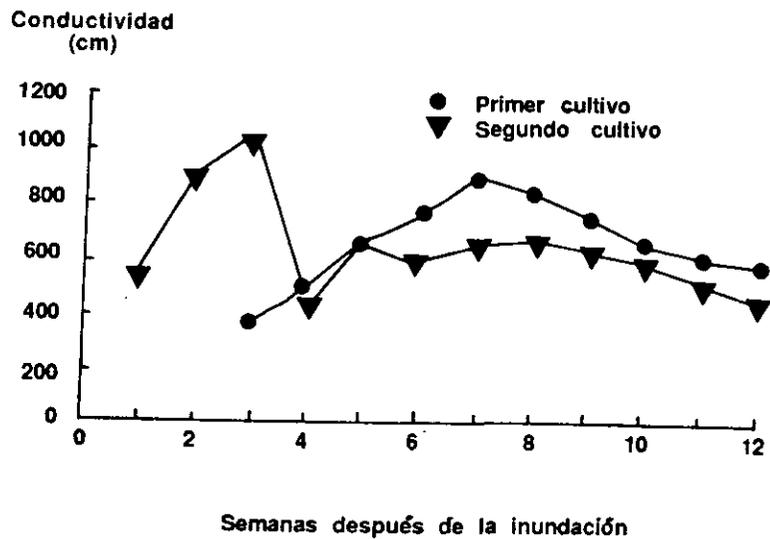


Figura 2.5. Cambios en la conductividad eléctrica de un suelo después de ser inundado en dos semestres de cultivo

Cambios químicos

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

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

Transformación del nitrógeno

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

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

Denitrificación

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

Según la clase de suelo, su contenido de nitratos disminuye rápidamente en la primera semana de inundación; luego desciende más lentamente hasta llegar a cantidades relativamente bajas en la sexta semana de inundación (Figura 2.6).

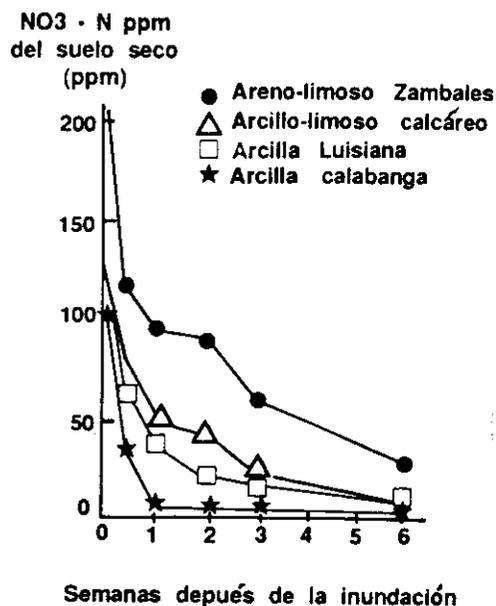


Figura 2.6. Cambios en la concentración de nitratos en la solución de varios suelos después de su inundación.

Acumulación de amonio

La mineralización del nitrógeno orgánico llega solamente hasta la producción de NH_4^+ , que es estable en condiciones de reducción del suelo y tiende a acumularse en suelos inundados (Ponnamperuma, 1965).

Como se observa en la Figura 2.7, en suelos cuyo contenido de materia orgánica es alto, el ión amonio aumenta rápidamente con el tiempo de inundación y llega a un equilibrio 100 días después de inundado el suelo. En otros suelos el aumento de amonio no es tan elevado como en el caso anterior, estableciéndose un equilibrio en diferentes tiempos después de la inundación.

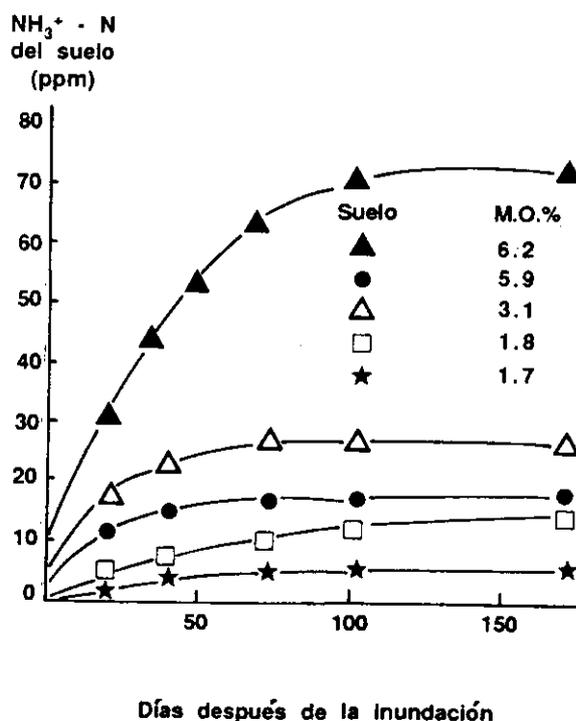


Figura 2.7. Cambios en la concentración de amonio en la solución de varios suelos después de la inundación .

La temperatura afecta tanto la denitrificación como la acumulación de amonio. A bajas temperaturas -menos de 15°C- la tasa de denitrificación es lenta, pero aumenta muy rápidamente cuando la temperatura sube de 5 a 45°C. La amonificación se refleja en la concentración del NH_4^+ soluble en agua, la cual decrece cuando la temperatura baja de 45°C a 15°C; a esta última temperatura se pueden observar síntomas de deficiencia de nitrógeno (Ponnamperuma, 1976).

Volatilización del amonio

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

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

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

Lixiviación

Los nitratos que se producen en la capa superficial oxidada de un suelo inundado se mueven fácilmente, por difusión y percolación, a la capa subyacente reducida, donde rápidamente se desnitrifican.

El nitrógeno del amonio está mucho menos expuesto a la lixiviación en el suelo que el de los nitratos debido a la adsorción del NH_4^+ en el complejo de intercambio de cationes.

La lixiviación de estos iones depende de los siguientes factores:

- La forma química y la cantidad del nitrógeno presente en el suelo o adicionado a él.
- La cantidad y la duración de la lluvia.
- La velocidad de infiltración y de percolación.
- La capacidad de retención de agua del suelo, y el contenido de humedad en el momento en que ocurre la lluvia.
- La presencia o ausencia de un cultivo en el suelo, y el tipo de cultivo presente en él.
- La intensidad de la evaporación.
- La tasa de remoción del nitrógeno por el cultivo.
- La intensidad del movimiento ascendente de los nitratos durante los períodos de sequía.

El nitrógeno amoniacal es menos susceptible a las pérdidas por lixiviación, ya que el ión NH_4^+ es retenido más fuertemente por el complejo coloidal que el ión NO_3^- . Sin embargo, en un suelo en condiciones de inundación, las pérdidas de nitrógeno en forma de amonio pueden ser significativas.

Reducción del manganeso y del hierro

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

Al inundarse un suelo, y al descender por ello el potencial redox, los óxidos de manganeso se transforman en iones de manganeso; en consecuencia, el contenido de Mn aumenta en la solución del suelo. En los suelos ácidos pobres en materia orgánica pero relativamente ricos en manganeso, éste llega a concentraciones de 3000 ppm 50 días después de inundarlos y posiblemente cause toxicidad al arroz. En otros suelos en que el manganeso es escaso, aumenta ligeramente su concentración en la solución del suelo inundado; sin embargo, este aumento no causa toxicidad a las plantas (Figura 2.8).

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

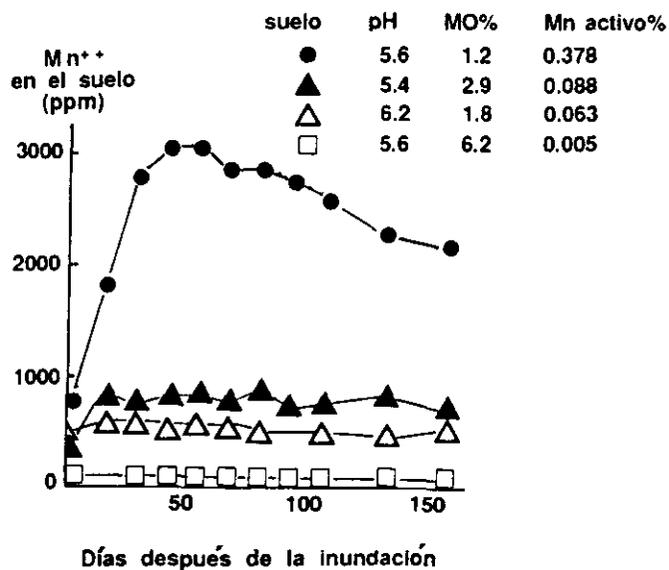


Figura 2.8. Cambios en la concentración del manganeso en la solución de varios suelos inundados (Ponnamperuma, 1955).

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

El aumento de la concentración de Fe^{+2} es, en general, provechoso para el arroz en los suelos alcalinos hasta cuando llega a 20 ppm en la solución del suelo; generalmente, este nivel es suficiente para evitar la deficiencia de hierro. Por otra parte, un aumento de Fe^{+2} que, en un suelo ácido, alcance un nivel cercano a 350 ppm, puede causar toxicidad por hierro al arroz (Figura 2.9). Aunque esta toxicidad es común en dichos suelos, se puede evitar mediante el drenaje del terreno y, algunas veces, atrasando el trasplante del arroz hasta que haya pasado el pico de reducción en el suelo.

A manera de conclusión, cuando se inunda un suelo, los óxidos de hierro y manganeso se reducen, y gran cantidad de estos va a la solución del suelo. En un suelo reducido la concentración de hierro puede alcanzar hasta 6600 ppm, y la de manganeso hasta 100 ppm. El aumento en la concentración de hierro puede ser un resultado benéfico importante de la inundación del suelo cultivado con arroz.

En efecto, no sólo elimina la deficiencia de hierro en algunos suelos, sino que también disminuye la toxicidad del manganeso en los que son ácidos. Sin embargo, en los suelos fuertemente ácidos, la inundación puede causar toxicidad por hierro.

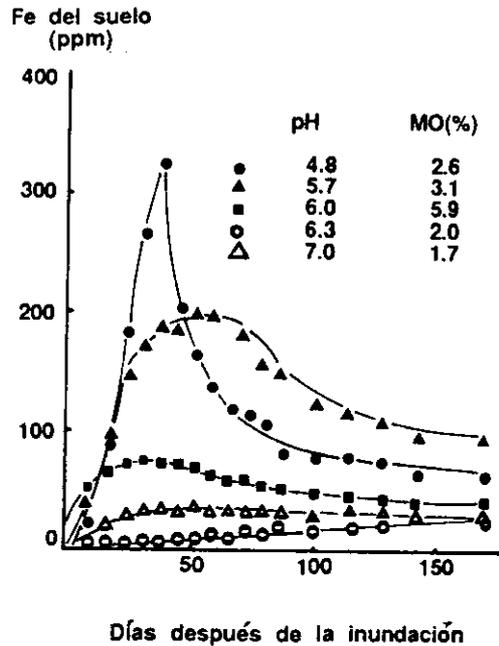


Figura 2.9. Cambios en la concentración del Fe^{+2} en la solución de varios suelos después de la inundación.

Disponibilidad del fósforo

La capacidad que tienen los suelos arroceros inundados de suministrar fósforo a las plantas es mayor que la de los suelos drenados. Los cambios en la concentración del fósforo en la solución del suelo después de la inundación dependen del tipo de suelo. En el suelo de pH alcalino (7.6) que tenga un porcentaje bajo de hierro (0.18%) el contenido de fósforo aumenta en la solución del suelo, y a los seis días llega a niveles altos (4 ppm). Otros suelos de pH ácido (4.8) que tengan un contenido alto de materia orgánica también llegan a liberar fósforo en la inundación. Sin embargo, en los suelos ácidos (pH 4.6) con alto contenido de hierro (2.13%), la inundación no aumenta el contenido de fósforo (Figura 2.10).

Ponnamperuma (1955) atribuye el aumento en la concentración de fósforo soluble en agua a los siguientes fenómenos: hidrólisis de fosfatos de Fe^{+3} y Al^{+3} ; liberación del fósforo adsorbido, ya sea por intercambio aniónico en la arcilla o ya en los hidróxidos de Fe^{+3} y Al^{+3} ; y reducción de Fe^{+3} a Fe^{+2} que libera el fósforo absorbido y fijado. Las dos primeras reacciones ocurren a consecuencia del aumento del pH ocurrido por la reducción del suelo. En suelos ferralíticos ácidos, el aumento en la concentración del fósforo soluble en agua es mínimo, porque el fósforo liberado es reabsorbido por las arcillas e hidróxidos de aluminio en la capa reducida o, si se difunde a la capa oxidada, es precipitado por el hierro.

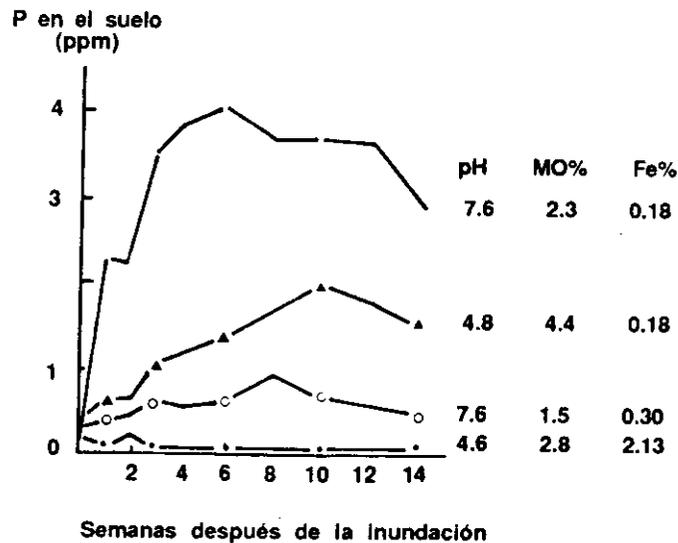


Figura 2.10. Cambios en la concentración del P en la solución de varios suelos después de la inundación.

Transformación del silicio

La concentración del silicio en la solución de un suelo inundado aumenta ligeramente después de la inundación, y luego disminuye gradualmente; después de algunos meses de inundación, la concentración del silicio puede ser más baja que al comienzo. Este aumento se debe probablemente a la liberación del silicio adsorbido por los hidróxidos de hierro y aluminio.

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

Transformación del azufre

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

El arroz, como otras plantas, absorbe el azufre principalmente en forma de sulfato; por ello, la reducción del sulfato a sulfuro en los suelos inundados disminuye la disponibilidad del azufre. No obstante, el arroz toma el azufre que es oxidado como SO_4^- en la superficie de la raíz.

La reducción del ión sulfato en los suelos inundados tiene tres implicaciones para el cultivo del arroz a saber: el suministro de azufre puede volverse insuficiente, el zinc y el cobre se pueden inmovilizar y puede desarrollarse la toxicidad causada por el sulfuro de hidrógeno (ácido sulfhídrico, H_2S) en los suelos escasos en hierro.

Las formas químicas de boro, cobre, molibdeno y zinc, que están presentes en los suelos inundados, no sufren reacciones de oxidación o reducción; están en cambio afectadas indirectamente por los cambios del pH, por la reducción del hierro, y por la producción de agentes orgánicos formadores de complejos. La inmersión prolongada del suelo reduce la disponibilidad del zinc, en parte a causa del aumento del pH. El resultado neto de la inundación es, probablemente, un aumento en la disponibilidad del boro, del cobre y del molibdeno.

La concentración de boro al parecer permanece más o menos constante después de la inundación del suelo. La concentración de molibdeno en los suelos arroceros aumenta aparentemente después de la inundación, posiblemente por el aumento del pH.

Ejercicio 2.1 Zonas arroceras de República Dominicana y sus características

Objetivo

- ✓ Describir las zonas arroceras de República Dominicana y sus principales características.

Recursos necesarios

- Material bibliográfico sobre el tema
- Hoja de trabajo

Instrucciones

- El instructor dividirá el grupo en subgrupos, los cuales tendrán un relator.
- Se realizará una plenaria al finalizar el ejercicio para discutir los resultados obtenidos.

1. Anote con una X si las siguientes afirmaciones son falsas (F) o verdaderas (V):

- | | F | V |
|---|--------------------------|--------------------------|
| a. El área arrocera de República Dominicana está dividida en cinco zonas o agroecosistemas diferentes. | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| b. Los suelos de la zona 4 son de textura arcillosa, pH ácido, abundante materia orgánica, y temperatura promedio de 25°C. | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| c. El total del área sembrada con arroz en República Dominicana se calcula en 160.200 ha. | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| d. Los suelos de la zona 2 son de textura arenosa y pH alto, y su temperatura promedio es de 25°C. | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| e. El sistema de cultivo predominante en República Dominicana es el de arroz bajo riego. | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| f. Los suelos de la zona 3 son de textura francoarenosa, pH alto, y tiene graves problemas de salinidad. | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| g. Las zonas de cultivo tienen dos épocas de lluvia durante el año; de abril a junio y de septiembre a noviembre. | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| h. Los suelos de la zona 1 son de textura arenosa y arenos-arcillosa, de pH alto, y presentan una temperatura promedio de 26°C. | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

F V

- i. Los suelos de la zona 5 son de textura arcillosa, pH alto, temperatura promedio de 26°C, humedad relativa de 75%, y precipitación de 2200 mm.

- j. Las zonas de siembra más importantes de República Dominicana son la 4, 1 y 2.

2. Identifique a continuación las condiciones ideales de un suelo para la siembra del arroz. _____

Ejercicio 2.1 - Información de retorno

1. a. V
- b. V
- c. F
- d. F
- e. V
- f. V
- g. V
- h. V
- i. V
- j. F

2. Las condiciones ideales de un suelo para la siembra del arroz son: buen contenido de materia orgánica (mayor del 5%), buena capacidad de intercambio catiónico, buen contenido de arcilla (mayor de 40%), topografía plana, capa arable profunda (mayor de 25 cm), y buen drenaje superficial.

Ejercicio 2.2 Cambios físicoquímicos en suelos inundados

- Objetivo** ✓ Explicar las transformaciones que ocurren en los suelos inundados.
- Recursos necesarios**
- Material bibliográfico sobre el tema
 - Hoja de trabajo
- Instrucciones**
- El instructor dividirá el grupo en subgrupos nombrando un relator por cada subgrupo.
 - El instructor realizará una plenaria al finalizar el ejercicio con el fin de discutir las preguntas formuladas en la hoja de trabajo.

Anote con una X si las siguientes afirmaciones son falsas (F) o verdaderas (V).

- | | F | V |
|--|--------------------------|--------------------------|
| 1. La tasa de difusión del oxígeno en el agua es 10.000 veces menor que en el aire. | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 2. En la parte superior de un suelo cubierto con una lámina de agua de 4 a 5 cm, encontramos primero una capa de suelo de más o menos 5 cm de espesor que es la capa reducida. | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 3. En la capa oxidada del suelo se encuentra la mayor parte de las raíces del arroz. | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 4. En un suelo inundado la disponibilidad de oxígeno baja a cero en menos de un día. | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 5. Cuando se inunda un suelo, los óxidos de hierro y manganeso se reducen y gran parte de éstos elementos va a la solución del suelo. | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 6. En un suelo reducido la concentración de hierro puede alcanzar hasta 300 ppm y la de manganeso hasta 10 ppm. | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 7. La capacidad que tienen los suelos arroceros inundados de suministrar fósforo a las plantas es mayor que en suelos drenados. | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

8. Marque con una X la respuesta correcta.

Cualquiera que sea el pH original de un suelo después de inundado, éste llega aproximadamente en tres semanas a valores de:

- a. 6.5 - 7.5
- b. 4.0 - 8.5
- c. 7.0 - 9.5
- d. 5.5 - 5.8

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

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

Ejercicio 2.2 - Información de retorno

1. V
2. F
3. F
4. V
5. V
6. F (Porque el hierro puede alcanzar hasta 6600 ppm y el manganeso hasta 100 ppm)
7. V
8. a
9. a Transformaciones del nitrógeno
b Reducción del manganeso y del hierro
c Incremento en la disponibilidad del fósforo y del silicio

Resumen de la Secuencia 2

El total del área sembrada anualmente en arroz en la República Dominicana se calcula en unas 114,400 ha, y está distribuida en cinco zonas o agroecosistemas diferentes, de las cuales las más importantes son: la zona 4 localizada en las cuencas de los ríos Yuna y Camú; la zona 3 en el Yaque del Norte y la zona 2 en el Yaque del Sur.

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

Los principales cambios que se suceden en un suelo inundado son:

- La disponibilidad del oxígeno baja a cero antes del primer día de inundación. Los microorganismos aeróbicos se vuelven latentes o mueren. Los anaeróbicos descomponen la materia orgánica utilizando oxígeno de compuestos oxidados del suelo.
- El pH del suelo aumenta si es ácido o disminuye si es alcalino
- El potencial de oxidación - reducción generalmente disminuye hasta cero milivoltios o se hace negativo.
- La mineralización del nitrógeno orgánico llega hasta NH_4^+ que es estable en un medio reducido.
- Los óxidos de hierro y manganeso se reducen y aumenta su solubilidad, lo cual eleva su concentración en la solución del suelo.
- La inundación aumenta la concentración de fósforo y del silicio en la solución del suelo, favoreciendo su absorción por la planta.

Secuencia 3

Recomendaciones para el uso racional de fertilizantes

Contenido

	Página
Objetivos	3-7
Información	3-9
• Toma de la muestra de suelo	3-9
• Análisis químico del suelo	3-11
• Dosis y época de aplicación de fertilizantes	3-12
• Fuentes de fertilizantes disponibles en el país	3-16
• Eficiencia en el uso de los fertilizantes	3-16
• Fertilización nitrogenada	3-16
• Fertilización fosfórica	3-18
• Fertilización con potasio	3-19
• Cálculo de fertilizantes	3-19
• Aspectos económicos de las recomendaciones de fertilización	3-19
Ejercicio 3.1. Recomendaciones para el uso racional de fertilizantes.	
Estudio de casos	3-21
• Objetivo	
• Recursos necesarios	
• Instrucciones	
• Hoja de trabajo	
• Información de retorno	
Práctica 3.1. Toma de muestra de suelo y recomendaciones sobre el uso de los fertilizantes	3-25
• Objetivo	
• Recursos necesarios	
• Instrucciones	
• Hojas de trabajo	
• Información de retorno	
Resumen de la Secuencia 3	3-31

Flujograma Secuencia 3

Recomendaciones para el uso racional de los fertilizantes

Objetivos

- Tomar correctamente una muestra de suelo.
- Identificar los tipos de análisis que se realizan en el país.
- Enumerar cuatro consideraciones que se deban tener en cuenta para realizar una aplicación eficiente de nitrógeno.
- Enumerar los factores que intervienen en la respuesta de un cultivo a la aplicación de un fertilizante nitrogenado.
- Calcular la cantidad de producto comercial que se debe aplicar como fertilizante teniendo en cuenta la dosis recomendada.
- Enumerar los aspectos económicos que deben tenerse en cuenta al elegir un fertilizante.

Contenido

- Toma de muestras de suelo
- Análisis químico del suelo
- Dosis y época de aplicación
- Fuentes de fertilizantes disponibles en el país
- Eficiencia en el uso del fertilizante
- Cálculo de fertilizantes
- Análisis económico de las recomendaciones

Ejercicio 3.1

- Recomendaciones para el uso racional de fertilizantes - Estudio de casos
- Objetivo
 - Recursos necesarios
 - Instrucciones
 - Hoja de trabajo
 - Información de retorno

Práctica 3.1

- Toma de muestra de suelo y recomendaciones sobre el uso de fertilizantes
- Objetivo
 - Recursos necesarios
 - Instrucciones
 - Hoja de trabajo
 - Información de retorno

Resumen Secuencia 3

Objetivos



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

- ✓ Tomar correctamente una muestra de suelo, adjuntando la información necesaria que facilite hacer las recomendaciones pertinentes sobre fertilización.
- ✓ Identificar los tipos de análisis que se realizan en la República Dominicana.
- ✓ Enumerar cuatro consideraciones que se deban tener en cuenta para realizar una aplicación eficiente de nitrógeno.
- ✓ Enumerar los factores que intervienen en la respuesta de un cultivo a la aplicación de un fertilizante nitrogenado.
- ✓ Calcular la cantidad de producto comercial que se debe aplicar como fertilizante, teniendo en cuenta la dosis recomendada.
- ✓ Enumerar los aspectos económicos que deben tenerse en cuenta al elegir un fertilizante.

Información

Toma de la muestra de suelo

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

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

Los elementos indispensables para tomar una muestra de suelo son: un barreno o, en su defecto, una pala para la extracción del perfil de suelo; una libreta para las anotaciones necesarias, bolsas o chuspas plásticas para guardar las submuestras y papel periódico o un plástico para facilitar su mezcla. Si se cuenta con un mapa de la finca, es importante estudiarlo y determinar en él las áreas representativas de diferentes suelos, con el fin de localizar en el mapa los sitios en que se harán las tomas de suelo (Figura 3.1).

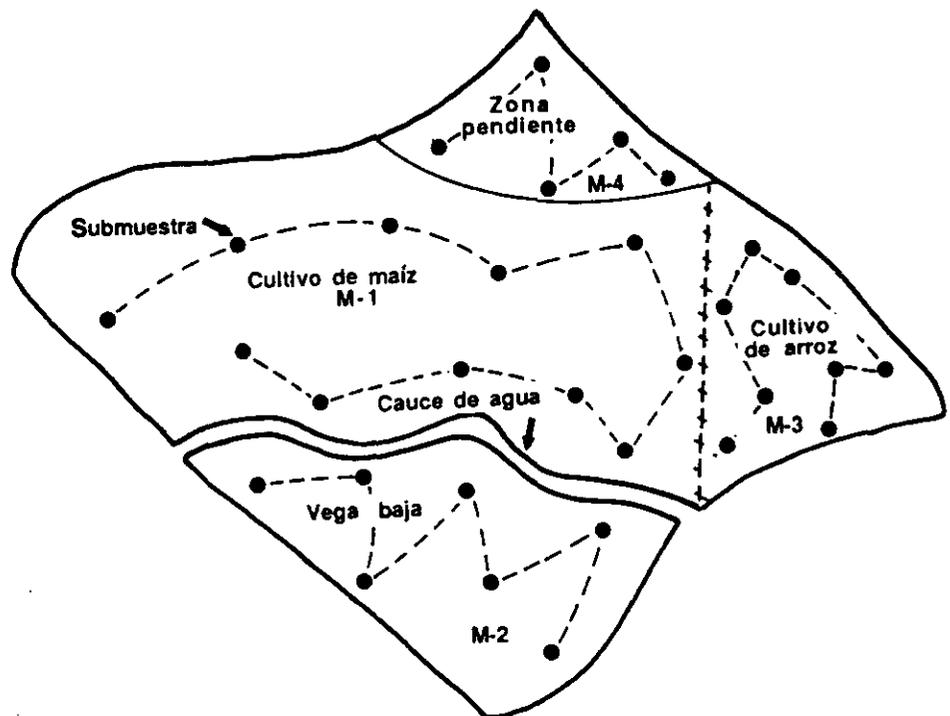


Figura 3.1. Ejemplo de la división de una finca en áreas y de la recolección de submuestras.

Una muestra representativa se compone de varias submuestras tomadas sobre un área de características similares; en caso de encontrar, dentro de una parcela de siembra, diferencias evidentes en la coloración del suelo, es recomendable tomar una muestra aparte, con el fin de identificar sus características. Por ejemplo, para tomar una muestra de suelo en una parcela de 50 tareas (3.1 ha) destinada a la siembra de arroz, se pueden tomar varias submuestras a una profundidad de 20 cm, en zig-zag, en línea recta o en cuadro; posteriormente, las submuestras se mezclan bien y de esta cantidad se seleccionan aproximadamente 500 g. Para el análisis de suelos salinos, las submuestras se deben tomar a 5 y 20 cm de profundidad, mezclarlas, y escoger 1 kg para mandarlo al laboratorio.

Una vez tomada la muestra, se escribe su identificación. Para hacerlo, en una tarjeta de tamaño adecuado se numera, se anota la profundidad a la cual se ha tomado y se indica convenientemente su localización en la finca.

Es importante que la hoja de información sobre las muestras de suelo se llene lo más exactamente posible. Los datos que se deben suministrar por cada muestra de suelo son los siguientes: nombre y dirección completa del solicitante; nombre de la finca; altura sobre el nivel del mar; corregimiento y municipio donde está localizada; tipo de análisis solicitado; profundidad a que se tomó la muestra; superficie que representa la muestra; y el cultivo para el cual se requiere la recomendación. Responder además lo siguiente: ¿es el drenaje interno bueno, regular o malo?, ¿se ha agregado cal al suelo en los últimos años?, ¿se han aplicado fertilizantes?, ¿se aplicará riego?, ¿cuáles son los cultivos sembrados en los últimos años?, ¿qué tipo de fertilizante se aplicó?, ¿cuántos kilogramos por hectárea?, ¿cuánto rindió el cultivo con la aplicación del fertilizante?, ¿cuánto rindió sin fertilizante? Esta información ayudará principalmente en la formulación de las recomendaciones, y permitirá identificar y tabular los resultados en un banco de datos.

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

Análisis químico del suelo

El análisis químico de los suelos es el proceso mediante el cual se determina la cantidad de nutrimentos --tanto elementos como sales y otros compuestos-- contenidos en una muestra representativa del suelo. En el proceso se utilizan sustancias extractoras que desempeñan en ese suelo una función similar a la de las plantas.

La importancia del análisis químico radica en que es una fuente valiosa de información para conocer el estado nutricional de un suelo y para hacer las recomendaciones acertadas de los fertilizantes necesarios. Sin embargo, es importante comprobar los resultados del análisis con experimentos de campo en que se empleen dosis crecientes de un mismo elemento; así se establecerá mejor la naturaleza química del suelo. Otra de las ventajas del análisis de suelos es que permite detectar problemas de tipo nutricional, difíciles de diagnosticar a través de la sintomatología de las plantas. Es necesario tener en cuenta que los resultados del análisis no predicen la situación real del fósforo en un suelo inundado, ya que en estas condiciones la solubilidad del elemento aumenta y entonces puede ser absorbido por la planta.

En República Dominicana se realizan tres tipos de análisis de suelo: el de fertilidad, el de caracterización, y el completo. En el análisis de fertilidad se determina el contenido de materia orgánica, de fósforo y de potasio; el pH, el aluminio intercambiable, y la textura del suelo. En el de caracterización, además de lo anterior, se analizan los niveles de calcio, de magnesio y de sodio intercambiable; en el completo se incluye el análisis de la conductividad eléctrica.

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

Generalmente, los laboratorios encargados de los análisis de suelos tienen a su disposición un cuadro que recoge los datos de investigación obtenidos en el campo y la dosificación adecuada de un nutrimento según su contenido en el suelo.

Dosis y época de aplicación de fertilizantes

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

Para un buen manejo de los fertilizantes se deben tener en cuenta: la dosis recomendada por el laboratorio donde se ha analizado el suelo, la época de aplicación más apropiada según la solubilidad del fertilizante y la etapa de crecimiento en que se encuentra la planta de arroz.

En la aplicación del nitrógeno se deben tener en cuenta las etapas del cultivo en que hay mayor demanda de este nutriente, dada su alta solubilidad, y que el requerimiento inicial del cultivo es bajo.

La dosis de aplicación de nitrógeno depende de varios factores, además del contenido de este elemento en el suelo. Los investigadores recomiendan, por tanto, que la dosis de nitrógeno se establezca partiendo de experimentos de campo que combinen los siguientes factores: variedad de arroz, fuente de nitrógeno, manejo del cultivo y época de siembra en cada una de las distintas localidades; este último porque los cambios en el clima modifican la absorción de los nutrientes.

En cultivos consecutivos, el CEDIA ha realizado experimentos en diferentes zonas arroceras de República Dominicana con diversas variedades de arroz; su propósito es de determinar los niveles óptimos de fertilización del arroz, y particularmente los requerimientos de nitrógeno de éste. También ha analizado el número de aplicaciones del compuesto nitrogenado y la época apropiada para aplicarlo, tanto en el sistema de siembra directa como en el de trasplante, en condiciones de inundación. A continuación se describen los resultados de algunos de los ensayos del CEDIA:

- En vista de la diversidad de métodos existentes para llevar a cabo la fertilización, se hizo un ensayo durante el segundo semestre de 1988, en el municipio de La Laguna de Nisibón (sector Maicillo), ubicado en la región este del país. El objetivo del ensayo era probar las diferentes fuentes, dosis, frecuencias y épocas de aplicación de los fertilizantes (Cuadro 3.1). Según los resultados del experimento, los mayores rendimientos (11.4 kg/ha) se obtuvieron aplicando Triple 15 en forma fraccionada: 150 kg, 28 días después de la siembra, y 100 kg, 35 días después. En los otros tratamientos, donde además del Triple 15 se utilizó urea y la aplicación se fraccionó en tres etapas, los rendimientos (9.9 y 9.4 kg/ha) no mostraron diferencias significativas, lo cual quiere decir que en este suelo es mucho más rentable aplicar urea que triple 15.

- Durante el primer semestre de 1975 se llevó a cabo en el distrito municipal La Esperanza, ubicado al noroeste del país, la evaluación de dos métodos de aplicación del fertilizante. En el primero, la aplicación se fraccionó en tres momentos: la tercera y la sexta semana después del trasplante, y el inicio de la panícula. En el segundo, la aplicación se fraccionó también en tres momentos: la primera y la cuarta semana después del trasplante, y el inicio de la panícula. Los resultados demostraron que la variedad Juma 58 tuvo un índice de rendimiento mayor con el segundo tratamiento (Cuadro 3.2).
- En el primer semestre de 1974 se realizó un ensayo en el municipio de Juma, ubicado en la región central del país, en el cual se sembraron variedades de alta productividad como Juma 57 y Juma 58. El objetivo era evaluar el rendimiento que se obtenía cuando la primera aplicación del fertilizante nitrogenado se hacía en cinco momentos diferentes: inmediatamente después de la siembra, y 10, 20, 30 y 40 días después. La aplicación que arrojó el mayor índice de rendimiento, en las dos variedades, fue la que se hizo a los 40 días después de la siembra (Cuadro 3.3).
- El contenido de materia orgánica del suelo es uno de los factores que determinan la cantidad óptima del fertilizante nitrogenado. En un ensayo realizado entre 1975 y 1976 en El Aguacate y en Limón del Yuna se sembró la variedad Juma 58 en suelos con alto contenido de materia orgánica, y se comprobó que sus rendimientos no se modificaron por las aplicaciones de fertilizantes (Cuadro 3.4).

En conclusión, la fertilización fraccionada del nitrógeno es la más recomendable si se desean alcanzar índices altos de rendimiento. En términos generales, cuando la siembra es directa, se recomienda hacer la primera aplicación al iniciarse el macollamiento y la segunda al iniciarse el primordio floral. En siembras por trasplante, la primera aplicación debe hacerse después de transcurridos 10 días y la segunda al inicio del primordio floral. Es importante tener en cuenta el ciclo de la variedad, porque en las variedades tardías el inicio del primordio floral ocurre más tarde.

Cuadro 3.1. Evaluación de los distintos métodos de fertilización aplicados en el oriente de República Dominicana, particularmente en la región de Higüey.

Tratamiento ^a	Fórmula N - P - K	Aplicación (orden)	Dosis (kg/ha)	Fuentes	Variedad	Epoca de aplicación ^b	Rendimiento en cáscara (kg/ha)
1	114.5-22.5-22.5	1a. 2a.	150 100	15-15-15 15-15-15	Juma 57 Juma 57	28 DDS 35-40 DDS	11.4
2	102-82-82	1a. 2a. 3a.	275 275 45	15-15-15 15-15-15 Urea	Juma 57 Juma 57 Juma 57	28 DDS 35-40 DDS IFP	9.9
3	115-0-0	1a. 2a. 3a.	50 100 100	Urea Urea Urea	Juma 57 Juma 57 Juma 57	28 DDS 35-40 DDS IFP	9.4

- ^a Los tratamientos 2 y 3 se aplicaron en 100 m² cada uno, y el 1 en el resto de la superficie (3 ha). El 2 es el testigo comercial.
- ^b DDS: Días después de la siembra. IFP: Inicio de la formación de la panícula (en la variedad Juma 57 ocurre entre los 65 y los 70 días).

Cuadro 3.2. Evaluación de las distintas épocas de fertilización nitrogenada, de la variedad Juma 58, en la localidad de La Esperanza, República Dominicana en 1950.

Tratamiento	Aplicación en: ^a			Dosis (kg/ha)	Índice de rendimiento
1	3a. SDT	6a. SDT	Inicio de panícula	549	100.0
2	1a. SDT	4a. SDT	Inicio de panícula	597	108.9

^a SDT = Semana después del trasplante

Cuadro 3.3. Primera aplicación dividida en cinco tratamientos de fertilizante nitrogenado a variedades de arroz de alto rendimiento, en siembra directa (CEDIA, 1974).

Tratamiento	Días después de la siembra	Rendimiento de grano			
		Juma 57		Juma 58	
		kg/ha	índice	kg/ha	índice
1	0	5524	100.0	5888	100.0
2	10	5368	102.8	5920	100.5
3	20	5360	104.0	6648	112.9
4	30	5760	111.7	6984	118.6
5	40	6064	116.2	7472	126.9

Cuadro 3.4. Observaciones sobre la fertilidad del suelo en El Aguacate y en Limón del Yuna, en una siembra de la variedad Juma 58, en 1976.

Fertilización	Rendimiento del arroz			
	El Aguacate		Limón del Yuna	
	kg/ha	índice	kg/ha	índice
Testigo	5520	103.2	5882	96.6
Con P y K	5410	103.2	5694	93.5
Con N, P y K	5252	100.0	6090	100.0
Materia orgánica del suelo (%)	8.4		5.0	
Grado de fertilizantes (N - P ₂ O ₅ - K ₂ O kg/ha)	40 - 80 - 80		100 - 80 - 80	

Experimentos realizados para probar la mejor época de aplicación del fósforo han permitido concluir que su fraccionamiento no modifica el índice de rendimiento en forma significativa; en efecto, la solubilidad de este elemento aumenta con el tiempo de inundación y su pérdida por lixiviación es relativamente baja.

La aplicación de la totalidad del fertilizante fosfatado debe hacerse al momento de la siembra o, por tarde, 20 días después.

En cuanto al potasio, también se recomienda aplicarlo en el momento de la siembra, con el último pase del rastrillo para que éste lo incorpore al suelo; por tanto, puede aplicarse junto con el fósforo. También se puede dividir, y se aplicaría con el nitrógeno.

Fuentes de fertilizantes disponibles en el país

Los suelos sometidos a una intensa explotación pierden poco a poco su contenido de nutrimentos, a no ser que se haga en cada ciclo de producción una fertilización; ésta compensará por los nutrimentos que el cultivo extrae del suelo.

A continuación se presenta un listado de los fertilizantes más comunes en el mercado (Cuadro 3.5).

Cuadro 3.5. Porcentaje de elementos en fertilizantes disponibles en República Dominicana.

Fertilizante	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Ca	Mg	S
Urea	46	-	-	-	-	-
Sulfato de amonio	21	-	-	-	-	23
Superfosfato triple	-	46	-	14	-	2
Superfosfato simple	-	18	-	20	-	12
Cloruro de potasio	-	-	50-60	-	-	-
Sulfato de potasio	-	-	50-52	-	-	18
Yeso comercial	-	-	-	14-17	-	10-13
15-15-15	15	43.5	18	-	-	-
12-24-12	12	69.6	22.8	-	-	-
16-20-0	16	58.0	-	-	-	-
10-8-14	10	23.2	16.8	-	-	-
20-20-0	20	58	-	-	-	-
Estiércol seco de ganado	2.0	0.6	1.7	2.9	0.6	-
Gallinaza (seca)	2.7	1.3	2.0	7.7	0.7	-

Eficiencia en el uso de los fertilizantes

La fertilización del arroz es una práctica necesaria para obtener rendimientos altos; además, si los fertilizantes se usan en forma eficiente devuelven al agricultor de 3 a 5 pesos por cada peso invertido. Si se usan ineficientemente, se vuelven costosos.

Fertilización nitrogenada

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

- En los suelos francos y francoarenosos debe incrementarse la dosis aplicada, mientras que en los que presenten alto contenido de materia orgánica se debe disminuir.
- Cuando se hacen rotaciones con gramíneas: como el maíz y el sorgo, es necesario aumentar la dosis aplicada; en cambio, si la rotación es con leguminosas, como la soya, la dosis de aplicación disminuye.

- Cuando se da un buen manejo al agua de riego, la dosis puede disminuirse.
- Cuando hay riesgo de volcamiento de las plantas, o de ataque de (*Pyricularia oryzae*) o de enrolladores de la hoja, la dosis debe disminuirse.
- Cuando el cultivo está enmalezado, debe hacerse el control de malezas antes de aplicar el fertilizante.
- Cuando la aplicación se hace al momento de la siembra o en las etapas más tempranas del cultivo, se incrementan las pérdidas por desnitrificación e inmovilización del nitrógeno porque en ese tiempo habrá poca absorción del elemento por la planta.
- Aplicaciones tardías de nitrógeno tienden a favorecer la presencia de enfermedades y no incrementan la productividad del cultivo.
- Con el fin de mantener el equilibrio de los nutrientes en el suelo, se recomienda aplicar no sólo nitrógeno, sino también fósforo y potasio. En caso de que el suelo tenga alguna otra limitación, es necesario corregirla para lograr la máxima eficiencia en la aplicación del fertilizante nitrogenado.

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

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

La fuente del fertilizante nitrogenado y la forma de aplicación de éste son importantes, porque disminuyen las pérdidas de nitrógeno por volatilización. Por ejemplo, cuando se incorpora al suelo sulfato de amonio o urea, pueden disminuir las pérdidas por volatilización que se presentan cuando estos fertilizantes se aplican al voleo.

Las investigaciones realizadas en las zonas de siembra de República Dominicana, indican que del nitrógeno aplicado al momento de la siembra, el cultivo absorbe sólo un 12%; cuando la aplicación se realiza en la etapa de la iniciación de la panícula, la absorción del nitrógeno aumenta al 34%. En general, la recuperación del nitrógeno por las plantas es mayor cuando éste se aplica después de la siembra.

Fertilización fosfórica

El fósforo se puede inmovilizar temporalmente en el suelo por medio de los siguientes mecanismos:

- Reacciona con los componentes del suelo, y se precipita formando compuestos que en la mayoría de los casos no pueden ser tomados inmediatamente por las plantas.
- Es adsorbido como fosfato en la superficie de las arcillas del suelo.
- Se intercambia con otros aniones, y queda parcialmente retenido, ya que puede pasar nuevamente a la solución del suelo donde es aprovechado por las plantas.

El fósforo aprovechable es bajo en los suelos alcalinos o muy ácidos; la cantidad aprovechable aumenta a medida que el pH del suelo se aproxima a la neutralidad.

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

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

Cuando se cultiva arroz de secano en suelos cuyo contenido de fósforo es menor de 15 ppm (método de Olsen modificado), existe una alta probabilidad de que aumente el rendimiento cuando se fertilice, si el cultivo se maneja en forma adecuada.

En general, se considera que la fertilización fosfórica tiene una eficiencia de sólo 20% a causa de los problemas de fijación en el suelo.

Fertilización con potasio

Las investigaciones realizadas indican que es necesario aplicar potasio al arroz en las circunstancias siguientes:

- Cuando hacen fuertes aplicaciones de nitrógeno.
- Cuando se siembra en suelos compactados y con drenaje deficiente.
- Cuando las condiciones climáticas y fitosanitarias son desfavorables.
- Cuando se siembra en suelos livianos, lixiviados, y pobres en potasio.
- Cuando se presenta en el suelo con respecto al potasio un exceso de calcio, magnesio o sodio.

En ensayos de campo realizados en las zonas arroceras de República Dominicana, en los cuales se han aplicado nitrógeno, fósforo y potasio, se obtiene una respuesta significativa evidente al nitrógeno, no siendo así en el caso del fósforo y del potasio.

Cálculo de fertilizantes

Para hacer una correcta aplicación de los fertilizantes empleando productos comerciales simples, se debe tener en cuenta lo siguiente:

- La dosis requerida de acuerdo con los resultados del análisis de suelo.
- Las fuentes disponibles en el mercado, que deben conocerse para hacer una selección de ellas; además de contener altas concentraciones del elemento considerado, deben ser las más adecuadas para las condiciones del suelo.
- La cantidad del producto comercial necesaria para satisfacer la dosis requerida.

Aspectos económicos de las recomendaciones de fertilización

En la elección del fertilizante que se aplicará se deben tener en cuenta las siguientes consideraciones:

- Tipo del fertilizante: simple vs. compuesto. Generalmente, los fertilizantes simples de alta concentración resultan más económicos, pues se precisan en menor volumen y tienen menores costos por aplicación, transporte y manejo.

- **Concentración del fertilizante.** Los fertilizantes más concentrados tienen menor costo por unidad del elemento nutritivo. Un ejemplo es la comparación de la urea, que contiene 46% de nitrógeno, con el sulfato de amonio, que tiene apenas 21% de N y alcanza en el mercado precios que corresponden al 75% de la urea.
- **Epoca de aplicación.** Cuando el fertilizante se aplica en la época correcta, representa un aumento en el rendimiento.
- **Forma y distribución del fertilizante.** La forma del fertilizante y su distribución en el suelo son importantes para evitar su desperdicio.
- **Costo del producto puesto en el arrozal.** Los costos del transporte tienen una relación directa con la cantidad del fertilizante que requiere el cultivo.
- **Valor de la producción.** Cuando el cultivo tenga un valor comercial que justifique un aumento en los insumos, se puede considerar la alternativa de incrementar la dosis del fertilizante con el fin de elevar la producción.

Ejercicio 3.1 Recomendaciones para el uso racional de fertilizantes - Estudio de casos

Objetivo

- ✓ Calcular la cantidad de producto comercial que se debe aplicar como fertilizante, teniendo en cuenta los resultados del análisis de suelo.

Recursos necesarios

- Hoja de trabajo
- Tabla con los fertilizantes existentes en el mercado.
- Análisis de suelo
- Calculadora

Instrucciones

El instructor dividirá el grupo en subgrupos y entregará los materiales necesarios para el desarrollo del ejercicio. Concluido el ejercicio se realizará una plenaria donde se discutirán y despejarán dudas surgidas en los grupos.

Caso 1

El análisis de un suelo arrojó los siguientes resultados sobre el contenido de N, P y K: nitrógeno bajo, fósforo medio y potasio bajo. Si el área que se fertilizará es de 2500 metros cuadrados y las fuentes disponibles son urea, superfosfato triple y cloruro de potasio, calcule para cada una de las fuentes, la cantidad de producto comercial que debe aplicarse.

1. Primero, consulte la dosis recomendada, de acuerdo con los resultados del análisis del suelo. Suponga que esas recomendaciones sean:

Para N (bajo) 120 kg/ha

Para P (medio) 20 kg/ha

Para K (bajo) 40 kg/ha

Averigüe el contenido del elemento en cada uno de los productos comerciales:

- a. Urea: 46%
- b. Superfosfato triple: 45% P_2O_5
- c. Cloruro de potasio: 60% K_2O

Caso 2

La recomendación para fertilizar un suelo, de acuerdo con los resultados del análisis, es de 120 kg/ha de nitrógeno, 20 kg/ha de P_2O_5 y 20 kg de K_2O ; las fuentes disponibles son un fertilizante completo (10-30-10), urea (46% de N) y cloruro de potasio (60% de K). Calcule la cantidad que necesita de cada elemento si utiliza como fertilizante el 10-30-10.

Ejercicio 3.1 - Información de retorno

Caso 1

1. a. Cálculo para el nitrógeno:

Si 100 kg de urea contienen 46 kg de N, cuántos kg de urea contendrán 120 kg de N = 260.86 kg de urea

Como la superficie sobre la que se aplicará la fuente de nitrógeno es de 2500 m², se dice:

Si 260.86 kg de urea se aplican en 10,000 m², cuántos kg de urea se deben aplicar en 2500 m² = 65.2 kg de urea.

- b. Cálculo para el fósforo:

Si 100 kg de superfosfato triple contienen 45 kg de P₂O₅, cuántos kg del superfosfato contendrán a 20 kg de P₂O₅ = 44.4 kg/ha de superfosfato triple

Si 44.4 kg de superfosfato triple se aplican en 10,000 m², cuántos kg del superfosfato se aplicarán en 2500 m² = 11.11 kg de superfosfato triple.

- c. Cálculo para el potasio:

Si en 100 kg de cloruro de potasio hay 60 kg de K₂O, cuántos kg de cloruro de potasio tendrán 40 kg de K₂O = 66.6 kg de cloruro de potasio.

Si 66.6 kg de cloruro de potasio se aplican en 10,000 m², cuántos kg del cloruro se aplicarán en 2500 m² = 16.66 kg de cloruro de potasio.

Caso 2

Cálculo del P partiendo del 10-30-10:

Si 100 kg de 10-30-10 contienen 30 de kg P₂O₅, cuántos kg de 10-30-10 contendrán 20 kg de P₂O₅ = 66.7 kg de 10-30-10

Nitrógeno contenido en el completo calculado antes:

Si 100 kg de 10-30-10 contienen 10 kg de N, 66.7 kg de este completo contendrán X kg de N = 6.67 kg de N

Potasio contenido en el completo calculado antes: Igual que para el nitrógeno, $K_2O = 6.67$ kg

Cálculo del nitrógeno restante:

Recomendación - N del completo = $120 - 6.67 = 113.33$

Urea: Si en 100 kg de urea hay 46 kg de N, cuántos kg de urea contendrán a 113.33 kg de N

$$X = \frac{113.3 \times 100}{46} = 246.3 \text{ kg de urea}$$

Cálculo del potasio restante:

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

KCl: Si en 100 kg de KCl hay 60 kg de K_2O , cuántos kg de KCl contendrán a 13.3 kg de K_2O

$$X = \frac{100 \times 13.3}{60} = 22.2 \text{ kg de KCl}$$

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

Objetivo

- ✓ Tomar en el campo muestras de suelo, para análisis de laboratorio teniendo en cuenta las precauciones necesarias durante el muestreo.

Recursos necesarios

- Un mapa de la finca
- Barreno o pala
- Bolsas plásticas
- Baldes plásticos
- Libretas de apuntes
- Hojas de trabajo 1 y 2

Instrucciones

El instructor debe hacer con anticipación los contactos necesarios, con el fin de disponer de una finca cercana donde los participantes pueden llevar a cabo esta práctica.

- Una vez tomada la muestra compuesta se homogeniza convenientemente en el balde, se coloca en la bolsa plástica aproximadamente 1 kg de suelo, se sella y se identifica con una etiqueta.
- Cada grupo diligenciará la hoja de trabajo 2 entrevistando al dueño de la finca y a su mayordomo; estas son las personas adecuadas para dar la información requerida.
- De acuerdo con la historia del área que se analizará, los participantes elegirán el tipo de análisis que se requiere.
- Una vez tomadas las muestras, señalarán en el mapa de la finca el área representativa de la misma, con el fin de facilitar su seguimiento y aplicar las recomendaciones del caso.

1. Después de analizado un suelo, le recomiendan aplicar 120 kg/ha de N, 40 kg/ha de P y 40 kg/ha de K. Calcule la cantidad de producto comercial que debe aplicar si emplea urea, superfosfato triple y cloruro de potasio. _____

2. Enumere cuatro puntos que deban tenerse en cuenta para hacer una aplicación eficiente del nitrógeno.

a. _____

b. _____

c. _____

d. _____

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

a. _____

b. _____

c. _____

d. _____

**Información
adicional
sobre la
muestra de
suelo**

Nombre de la finca: _____

Fecha: _____

Corregimiento o municipio: _____

Altura sobre el nivel del mar: _____

Tipo de análisis: _____

Profundidad de la muestra(cm): _____

Area que representa (ha): _____

Cultivo que se va a sembrar: _____

Drenaje: Bueno () Regular () Malo ()

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

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

Especifique la cantidad de cal (kg/ha): _____

¿Cuál fue el rendimiento del cultivo (kg/ha)? _____

¿Cuál fue el rendimiento del cultivo cuando no se llevó a cabo la aplicación del fertilizante (kg/ha)? _____

¿Se aplicará riego en el próximo período? Si () No ()

Práctica 3.1 - Información de retorno

1. Cálculo de la cantidad de urea, superfosfato triple y cloruro de potasio necesarios para cubrir la recomendación de 120 kg/ha de N, 40 kg/ha de P y 40kg/ha de K.

- urea (46% de N)

Si en 100 kg de urea hay 46 kg de nitrógeno, ¿cuántos kg de urea contendrán 120 kg de nitrógeno?

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

- Superfosfato triple (46% de P_2O_5)

Si en 100 kg de superfosfato triple hay 46 kg de P_2O_5 , ¿cuántos kg de superfosfato contendrán 40 kg de P_2O_5 ?

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

- Cloruro de potasio (60% de K)

Si en 100 kg de cloruro de potasio hay 60 kg de K, cuántos kg de cloruro de potasio contendrán 40 kg de K?

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

2. a. En suelos de textura franca o francoarenosa la dosis de N debe incrementarse; en cambio, en los que presenten alto contenido de materia orgánica debe disminuirse.

- b. Si el cultivo se rota con gramíneas, la dosis de nitrógeno debe aumentarse, mientras que si la rotación es con leguminosas debe disminuirse.
 - c. Antes de fertilizar con nitrógeno es indispensable hacer un buen control de las malezas presentes en el cultivo.
 - d. Cuando hay riesgo de volcamiento o de ataques del hongo Pyricularia o de los enrolladores de la hoja, la dosis debe disminuirse.
3. La respuesta a la aplicación del fertilizante nitrogenado depende de los siguientes factores:
- a. Las condiciones edáficas y climáticas del sitio de siembra.
 - b. Las características de la variedad de arroz.
 - c. El sistema de cultivo.
 - d. El manejo del cultivo.

Los resultados de la práctica en que se tomó la muestra de suelo deberán estar supervisados por el instructor. A continuación se presenta la encuesta, ya diligenciada.

Información adicional sobre la muestra de suelo

Nombre de la finca: La Merced Fecha: 19-03-91

Corregimiento o municipio: Santiago

Altura sobre el nivel del mar: 800 msnm

Tipo de análisis: completo

Profundidad de la muestra (cm): 15 cm

Area que representa (ha): 5 ha

Cultivo que se va a sembrar: arroz

Drenaje: bueno (x) Regular () Malo ()

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

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

Especifique la cantidad (kg/ha): 100

¿Cuál fue el rendimiento del cultivo (kg/ha)? 3500

¿Cuál fue el rendimiento del cultivo cuando no se hizo la aplicación del fertilizante? 500 kg/ha

¿Se aplicará riego en el próximo período? Sí

Resumen de la Secuencia 3

Para usar eficientemente los fertilizantes, es indispensable realizar un análisis de suelo donde se hará el cultivo del arroz, con el fin de conocer su estado nutricional. Para lograr un buen manejo del fertilizante, se debe tener en cuenta la dosis, la época y forma de aplicación.

Al aplicar el nitrógeno se deben tener en cuenta las etapas del cultivo en que hay mayor demanda de este elemento. En el caso del fósforo y del potasio, se recomienda aplicarlos antes del último pase de rastra con el fin de incorporarlos al suelo.

El nitrógeno es el elemento que más limita la producción del arroz. La respuesta a su aplicación depende de las condiciones del clima, del suelo, de la radiación solar, de la temperatura de la zona, del sistema de cultivo, de la variedad que se siembra y del manejo del cultivo. La respuesta a la fertilización fosfórica depende de la fuente utilizada, de la época y el método de aplicación.

En los ensayos realizados en las zonas arroceras de República Dominicana, en los que se ha aplicado nitrógeno, fósforo y potasio, los resultados evidencian respuestas significativas al nitrógeno, no ocurre así con el fósforo y el potasio.

Bibliografía

- ABREU, G.A.; VARGAS, J. 1988. Malezas importantes del arroz bajo riego en República Dominicana (CEDIA) Centro de Investigaciones Arroceras. Juma, Bonaó, República Dominicana. 5p.
- CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL, 1986. Taller sobre la red cooperativa de investigación de arroz en el caribe: memorias de la reunión efectuada en Republica Dominicana, agosto 20-24, 1984. Cali, Colombia. 138 p.
- DE DATTA, SURAJIT, K. 1981. Principles and practices of rice production. New York, Wiley - Interscience pp. 348-419.
- DE GEUS, J.G. 1954. Means of Increasing Rice Production. In De Datta, Surajit K. Fertilizantes y acondicionamiento del suelo para el arroz tropical. Cultivo de arroz: Manual de producción. México D.F., pp. 139-174.
- ISHIZUKA, Y. 1964. Nutrient uptake at different stages of growth - The mineral nutrition of rice plant. In Perdomo, Marco A.; González, Joaquín et al. 1983 Los macronutrientos en la nutrición de la planta de arroz. Cali, Colombia. Centro Internacional de Agricultura Tropical p. 10
- JACOB, A. 1958. Fertilizer Use-Nutrition and Manuring of Tropical Crops. In De Datta, Surajitk. Fertilizantes y acondicionamiento del suelo para el arroz tropical. Cultivo de arroz: Manual de producción. México D.F. 1975. p: 139-174.
- LEON, L.A. 1981. Química de los suelos inundados. Cali, Colombia, Centro Internacional de Agricultura Tropical, 35 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. In XIV Seminario COMALFI, Villavicencio, Enero 27-29 1982. 30 p.
- PERDOMO, M.; GONZALEZ, J.; CADAVID DE GALVIS, Y., GARCIA, E.; 1983. Los macronutrientos en la nutrición de la planta de arroz. Cali, Colombia. Centro Internacional de Agricultura Tropical, 36 p.

- PONNAMPERUMA, F.N. 1955. Dynamic aspects of flooded soils and the nutrition of the rice plant. In IRRI: The mineral nutrition of the rice plant. John Hopkins Press Baltimore pp. 295-328.
- TAKAHASHI, N. 1964. Photomorphogenesis in Rice Plants *Oryza sativa* L. Formulative Response to Monochromatic Light in Leaves. Citado por De Datta, Surajit K. Fertilizantes y acondicionamiento del suelo para el arroz tropical. Cultivo del arroz: Manual de producción. México D.F., 1975. p: 139-174.
- YOSHIDA, S. 1981. Fundamentals of Rice Crops Science. Los Baños, Laguna, Philippines, The International Rice Research Institute. pp. 111-176.

Evaluación final de conocimientos

Orientaciones para el instructor

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

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

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

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

Evaluación final de conocimientos

Instrucciones para el participante

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

Nombre: _____

Fecha: _____

Señale la alternativa que complementa correctamente los siguientes enunciados:

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

2. Los elementos considerados como macronutrientes secundarios son:
 - a. F, Mn y S
 - b. Ca, Mg y S
 - c. Ca, Mg y Zn

3. Las principales funciones de nitrógeno en la planta de arroz son:
 - a. Fomentar la floración y maduración tempranas; estimular el desarrollo de las raíces y aumentar la producción de granos.
 - b. Controlar la difusión del CO₂ en los tejidos verdes, activar el proceso enzimático y aumentar la resistencia a las enfermedades.
 - c. Fomentar el crecimiento rápido, aumentar el tamaño de hojas y granos e incrementar el contenido proteico de los granos.
 - d. Favorecer la división celular, intervenir en el funcionamiento de algunas enzimas activadoras y en las reacciones de oxidación - reducción.

4. Las principales funciones del fósforo en la planta de arroz son:
 - a. Promover el desarrollo de la planta, activar el funcionamiento de algunas enzimas, incrementar la resistencia al ataque de enfermedades.
 - b. Fomentar la floración y maduración tempranas, estimular el desarrollo de las raíces y aumentar la producción de granos.
 - c. Favorecer la división celular, intervenir en las fotosíntesis y en los procesos de oxidación - reducción.
 - d. Aumentar la resistencia a las enfermedades, disminuir la esterilidad y activar el proceso enzimático.

5. La absorción de nutrimentos del suelo está condicionada a:
 - a. El desarrollo de la planta, su estado fitosanitario, el drenaje del suelo, las condiciones climáticas y el sistema de cultivo.
 - b. La cantidad de fertilizante aplicado, el desarrollo de la planta, la variedad de siembra, su estado fitosanitario, las condiciones ecológicas.
 - c. Las propiedades del suelo, la cantidad de fertilizante aplicado, la variedad de arroz, el sistema de cultivo y las condiciones ecológicas.
 - d. Las condiciones climáticas, el estado fitosanitario del cultivo, el drenaje del suelo, el sistema de cultivo y las condiciones ecológicas.

6. El nitrógeno, el fósforo y el potasio son absorbidos por la planta de arroz en el siguiente orden:

- a. $K > N > P$
- b. $N > P > K$
- c. $P > N > K$
- d. $N > K > P$

Responda las siguientes preguntas:

7. ¿Cuáles son los síntomas de deficiencia de nitrógeno? _____

8. ¿Cuáles son los síntomas de deficiencia de fósforo? _____

9. ¿Cuáles son los síntomas de deficiencia de potasio? _____

Señale con una X si los siguiente enunciados son falsos (F) o verdaderos (V) :

- | | F | V |
|--|--------------------------|--------------------------|
| 10. En 1.990 el total del área sembra en arroz en República Dominicana se calculaba en 114.400 ha. | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 11. Los suelos de la zona 4 localizada en Yaque del Norte son arcillosos y con problemas de drenaje. | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 12. El sistema de cultivo predominante en República Dominicana es el de arroz bajo riego. | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 13. Los suelos de la zona 3 entre los ríos Yaque del Norte y Dajabón son franco arenosos con pH alto. | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 14. Los suelos de la zona 1 entre las cuencas de los ríos Ozama y Nizao son arenosos y areno-arcillosos con pH alto. | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 15. El nitrógeno es el elemento más deficiente en los suelos dedicados a la siembra de arroz. | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 16. El pH de un suelo inundado tiende en pocas semanas a valores de 5.5 - 4.5. | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 17. La conductividad eléctrica de un suelo permite medir la intensidad de la reducción de un suelo inundado. | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

Responda a las siguientes preguntas:

18. Identifique las condiciones ideales de un suelo para la siembra de arroz. _____

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

20. ¿Cuándo se recomienda aplicar los fertilizantes base de fósforo y potasio? _____

21. ¿Cuándo se recomienda hacer aplicaciones de nitrógeno en el cultivo del arroz? _____

22. ¿Cuándo es necesario hacer aplicaciones de potasio en el cultivo del arroz? _____

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

Evaluación final de conocimientos - Información de retorno

1. c 2. b 3. c
4. b 5. c 6. a
7. Los síntomas de deficiencia del nitrógeno son plantas raquílicas con poco macollamiento; a excepción de las hojas jóvenes que son verdes, las demás hojas son angostas, cortas, erectas y amarillentas; las hojas inferiores presentan secamiento del ápice hacia la base.
8. Los síntomas de deficiencia del fósforo son plantas raquílicas con escaso macollamiento y desarrollo radicular defectuoso; las hojas se presentan angostas, cortas, erectas y con un color verde grisoso. Las hojas jóvenes son sanas y las inferiores se tornan de color marrón y mueren. Si la variedad tiene tendencia a producir pigmentos antocianinos las hojas pueden desarrollar un color púrpura.
9. Los síntomas de deficiencia de potasio son reducción en el macollamiento y las plantas pueden sufrir raquitismo moderado. A medida que las plantas crecen las hojas inferiores toman un color verde amarillento entre las venas y se inclinan. Con el tiempo las hojas inferiores se tornan de color marrón y la coloración amarillenta pasa a las hojas superiores.
10. V 11. F 12. V
13. V 14. V 15. V
16. F 17. F

18. Las condiciones ideales de un suelo para el cultivo del arroz son buen contenido de materia orgánica (mayor de 5%), buena capacidad de intercambio catiónico, buen contenido de arcilla (40%), topografía plana, capa arable profunda (mayor de 25 cm) y buen drenaje superficial.
19. Los elementos necesarios para tomar una muestra de suelo son: barrenos o palas, bolsas plásticas, baldes plásticos y una libreta de apuntes.
20. Se recomienda incorporar los fertilizantes a base de fósforo y potasio en el último pase de rastrillo antes de la siembra.
21. Las aplicaciones de nitrógeno en siembras directas se recomiendan, la primera al iniciarse el macollamiento y la segunda al inicio del primordio floral.

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

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

Anexos

Anexos

	Página
Anexo 1. Evaluación del evento de capacitación	A-5
Anexo 2. Evaluación del desempeño de los instructores.....	A-8
Anexo 3. Evaluación de los instructores	A-10
Anexo 4. Formas en que los nutrimentos son absorbidos por la raíz en la solución del suelo.	A-14
Anexo 5. Características de las variedades de arroz sembradas en República Dominicana	A-17
Anexo 6. Clave para la determinación de deficiencias de nutrimentos en las plantas	A-18
Anexo 7. Diapositivas que complementan la Unidad	A-20
Anexo 8. Transparencias para uso del instructor	A-21

Anexo 1 Evaluación del evento de capacitación

Nombre del evento: _____ Evento N° _____

Sede del evento: _____ Fecha: _____

Instrucciones

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

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

La evaluación incluye dos aspectos:

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

0= Malo, inadecuado.

1= Regular, deficiente.

2= Bueno, aceptable

3= Muy bien, altamente satisfactorio.

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

1.0 Evalúe los objetivos del evento:

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

0 1 2 3

Comentario: _____

1.2 De acuerdo con su logro en el evento

0 1 2 3

Comentario: _____

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

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

Comentario: _____

3.0 Evalúe las estrategias metodológicas empleadas:

3.1 Exposiciones de los instructores

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

3.2 Trabajos en grupo

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

3.3 Cantidad y calidad de los materiales de enseñanza

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

3.4 Sistema de evaluación

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

3.5 Prácticas en el aula

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

3.6 Prácticas de campo/laboratorio

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

3.7 Ayudas didácticas (papelógrafo, proyector, videos etc)

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

3.8 Giras/visitas de estudio

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

Comentario: _____

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

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

Comentario: _____

5.0 Evalúe la coordinación local del evento

5.1 Información a participantes

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

5.2 Cumplimiento de horarios

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

5.3 Cumplimiento de programa

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

5.4 Conducción del grupo

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

5.5 Conducción de actividades

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

5.6 Apoyo logístico (equipos, materiales papelería)

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

Comentario: _____

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

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

Comentario: _____

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

7.1 Alojamiento

7.2 Alimentación

7.3 Sede del evento y sus condiciones logísticas

7.4 Transporte

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

Comentario: _____

8.0 Exprese sugerencias precisas para mejorar este evento.

8.1 Académicas (conferencias, materiales, prácticas)

a. _____

b. _____

c. _____

8.2 No académicas (transporte, alimentación, etc)

a. _____

b. _____

c. _____

ACTIVIDADES FUTURAS

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

¿En qué forma? _____

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

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

Anexo 2 Evaluación del desempeño de los 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									100% Puntos			%					
	1	2	3	4	5	6	7	8	9				1	2	3	4	100	
Organización y Claridad																	90	
Conocimiento del Tema	10	11	12	13	14	15											80	
Habilidades de Interacción	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25								70
Dirección de la Práctica	26	27	28	29	30	31	32	33	34								60	
																	50	
																	40	

Comentarios del Coordinador _____

*Promedio de Instructores se indica con una línea roja

Firma Coordinador Curso

Anexo 4 Formas en que los nutrimentos son absorbidos por la raíz en la solución del suelo

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

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

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

Los movimientos de entrada y salida del agua en las células están regulados, en gran parte, por las leyes de la ósmosis; éstas regulan el paso del agua a través de membranas fácilmente permeables para ella, pero mucho menos para las moléculas de las sustancias disueltas en ella.

El agua tiende a desplazarse de la solución en que su concentración es mayor a la solución en que ésta es menor o para decirlo de otra manera, donde la sustancia disuelta está más concentrada; esta tendencia queda contrarrestada por la presión que ejerce el contenido de la célula sobre la elástica cápsula que la rodea.

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

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

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

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

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

Cuadro A4-1. Formas iónicas de los elementos mayores mediante las cuales la planta toma estos elementos del suelo.

Elementos mayores	Formas iónicas de absorción
N	NH_4^+ ; NO_3^-
P	H_2PO_4^- ; HPO_4^{2-}
K	K^+
Ca	Ca^{++}
Mg	Mg^{++}
S	SO_4^{2-}

Cuadro A4-2. Formas iónicas de los elementos menores mediante las cuales la planta toma estos elementos del suelo.

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

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

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

Anexo 7 Diapositivas que complementan la Unidad

1. Cultivo sin deficiencias
2. Nutrientes extraídos por el cultivo de arroz
3. Completo -N vs. Completo (en materos)
4. Completo -N vs. Completo (raíz descubierta)
5. Cultivo con deficiencia de fósforo
6. Completo -P vs. Completo (en materos)
7. Completo -P vs. Completo (raíz descubierta)
8. Deficiencia de potasio
9. Completo -K vs. Completo (en materos)
10. Completo -K vs. Completo (raíz descubierta)
11. Completo -Mg vs. Completo (en materos)
12. Completo -Mg vs. Completo (raíz descubierta)
13. Deficiencia de hierro
14. Deficiencia de zinc
15. Distribución de elementos en la planta de arroz

Anexo 8 Transparencias para el uso del instructor

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

Secuencia 1

1. Flujograma
2. Absorción de N,P y K a través de las etapas de desarrollo de la variedad IR-36 bien fertilizada (Fernández, 1978).
3. Absorción de silicio por la variedad CICA 8, en el CIAT (Perdomo et al., 1982).
4. Absorción de calcio, magnesio y azufre por la plana de arroz (Perdomo et al., 1982).
5. Cantidad de macronutrientes extraídos del suelo por diferentes variedades de arroz en Kg/ha.

Secuencia 2

1. Flujograma .
2. Zonas arroceras de República Dominicana en 1990 .
3. Concentración de oxígeno en las capas oxidada y reducida de un suelo inundado.
4. Cambios en el pH de dos suelos sometidos a inundación constante.
5. Cambios del potencial redox de varios suelos después de haber sido inundados.
6. Cambios en la conductividad eléctrica de un suelo después de haber sido inundado, en dos semestres de cultivo.

7. Cambios en la concentración de los nitratos en la solución de varios suelos después de la inundación.
8. Cambios en la concentración del amonio en la solución de varios suelos después de su inundación.
9. Cambios en la concentración del manganeso en la solución de varios suelos inundados.
10. Cambios en la concentración de Fe^{+2} en la solución de varios suelos después de la inundación.
11. Cambios en la concentración del P en la solución de varios suelos después de su inundación.

Secuencia 3

1. Flujograma.
2. Ejemplo de la división de una finca en áreas y de la recolección de submuestras.
3. Evaluación de los distintos métodos de fertilización empleados en el oriente de República Dominicana, particularmente en la región de Hiquey.
4. Evaluación de las distintas épocas de fertilización nitrogenada de la variedad Juma 58 en la localidad de La Esperanza.
5. Primera aplicación dividida en cinco tratamientos, de fertilizante nitrogenado a variedades de arroz de alto rendimiento, en siembra directa (CEDIA, 1974).
6. Porcentaje de elementos en fertilizantes disponibles en República Dominicana.
7. Observación sobre la fertilidad del suelo, en El Aguacate y en El Limón del Yuna, en una siembra de la variedad Juma 58, en 1976.
8. Evaluación final de conocimientos - Información de retorno.