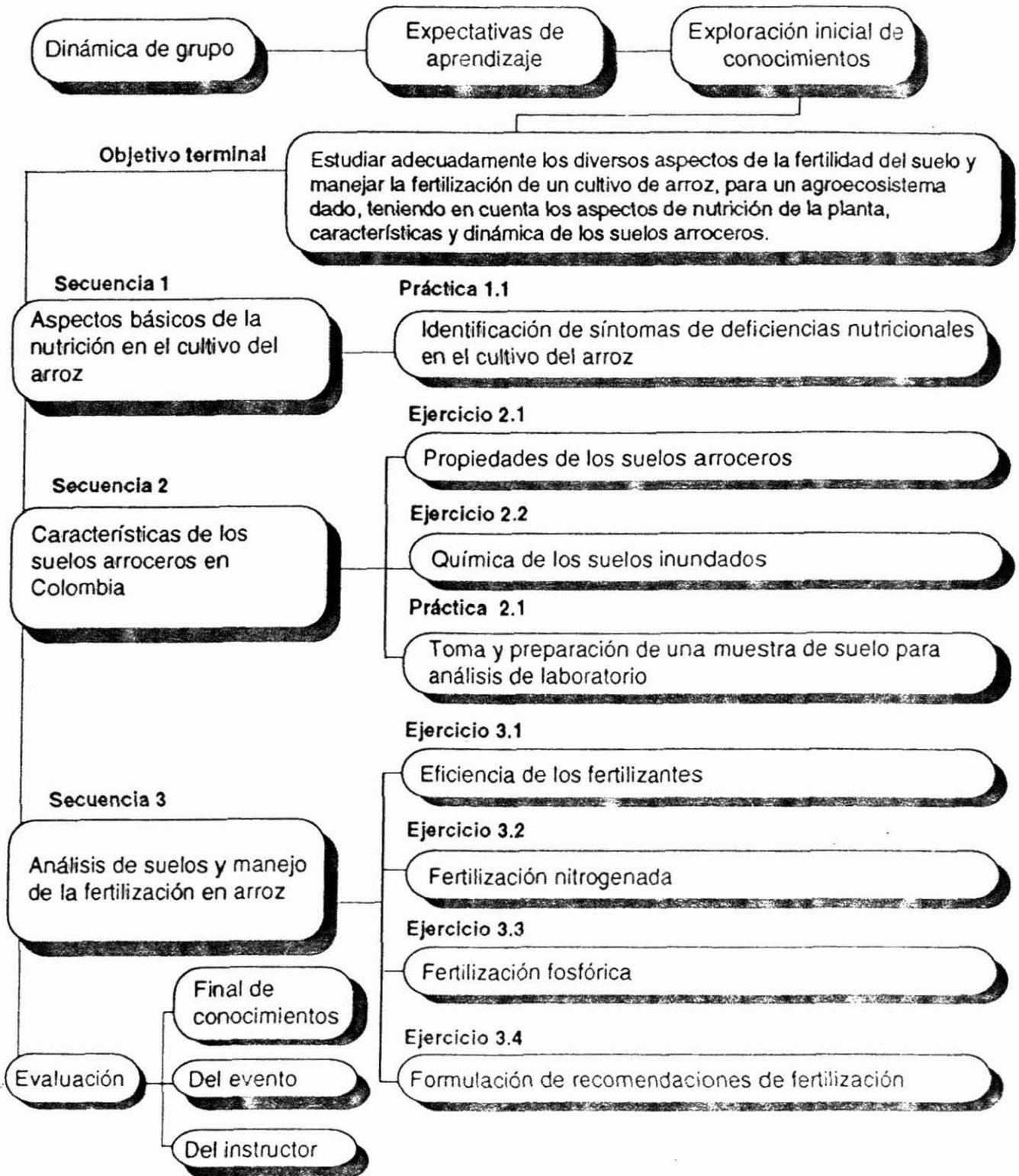


Flujograma para el estudio de esta Unidad



Objetivo terminal

Estudiar adecuadamente los diversos aspectos de la fertilidad del suelo y manejar la fertilización en un cultivo de arroz, para un adecuado manejo de los aspectos de nutrición de la planta, características y dinámica de los suelos arroceros.

EXPLORACION INICIAL DE CONOCIMIENTOS

INFORMACION DE RETORNO

1. Síntesis de proteína
2. Color verde azulado en las hojas
3. P
4.
 - a. La temperatura incide en su variación
 - b. El contenido de materia orgánica incide en su variación
 - e. En un suelo con pH ácido su valor se incrementa
5.
 - a. Es necesario establecer unidades de muestreo
 - c. Las submuestras deben provenir de una misma profundidad
 - d. Evitar el muestreo cerca de caminos y canales

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

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

Flujograma Secuencia 1

Aspectos básicos de la nutrición en el cultivo del arroz

Objetivos

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

Contenido

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

Bibliografía

Práctica 1.1

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

Resumen
Secuencia 1

IMPORTANCIA Y FUNCIONES DE LOS NUTRIMENTOS N, P y K

Componentes del rendimiento

Nitrógeno (N)

- Constituyente básico de proteínas, vitaminas, enzimas y síntesis de clorofila.

Fosforo (P)

- Transferencia de energía, crecimiento de raíces, maduración y fecundación.

Potasio (K)

- Transpiración, metabolismo de carbohidratos, cofactor enzimático, paredes celulares.

IMPORTANCIA Y FUNCIONES DE LOS NUTRIMENTOS Ca, Mg, S Y MICRONUTRIMENTOS

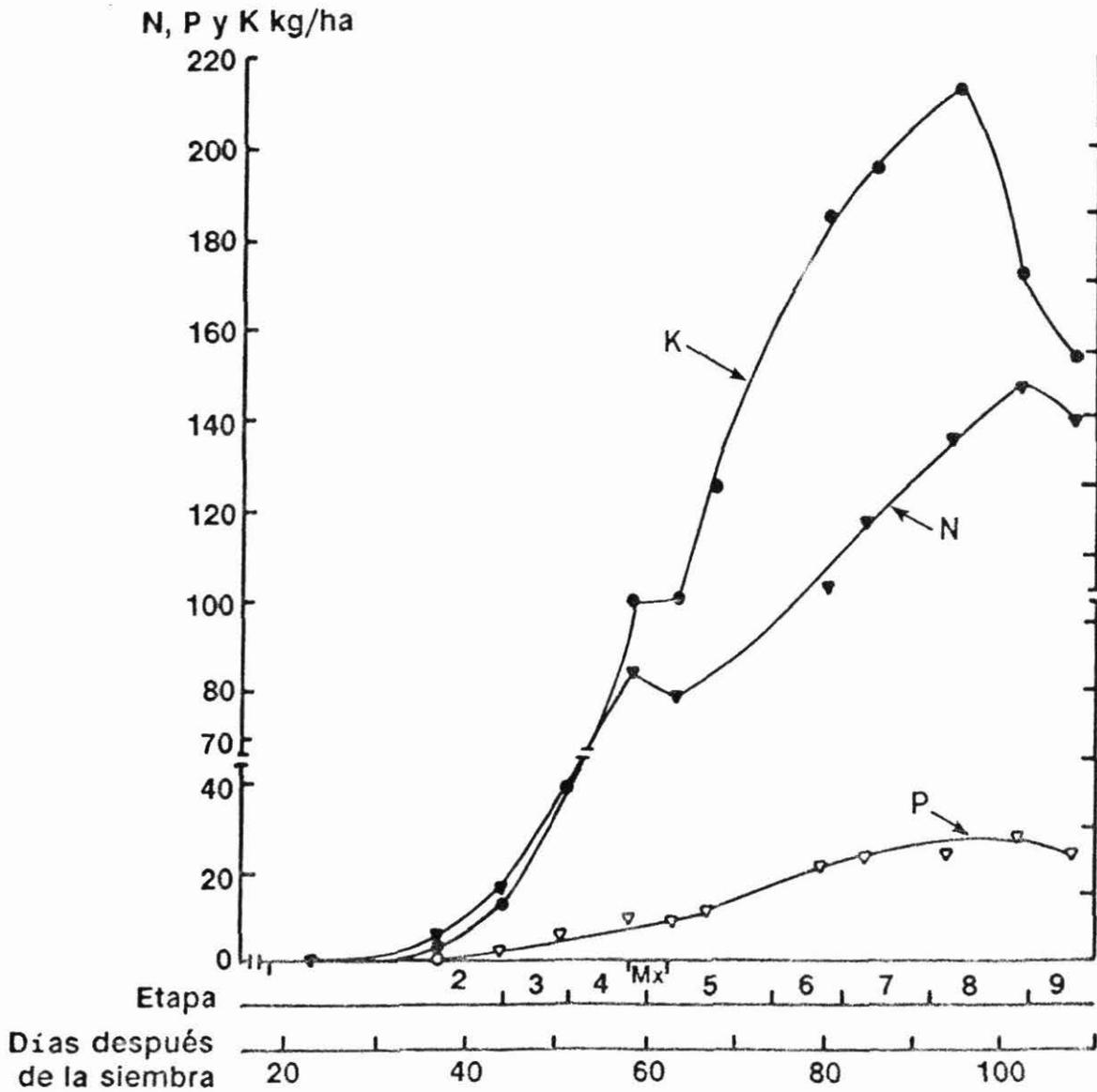
Calcio, Magnesio y Azufre (Ca, Mg y S)

- Desarrollo de raíces, hojas y paredes de las células
- Componentes de la clorofila, fotosíntesis, grasas y aceites
- Formación de proteínas y síntesis de las vitaminas

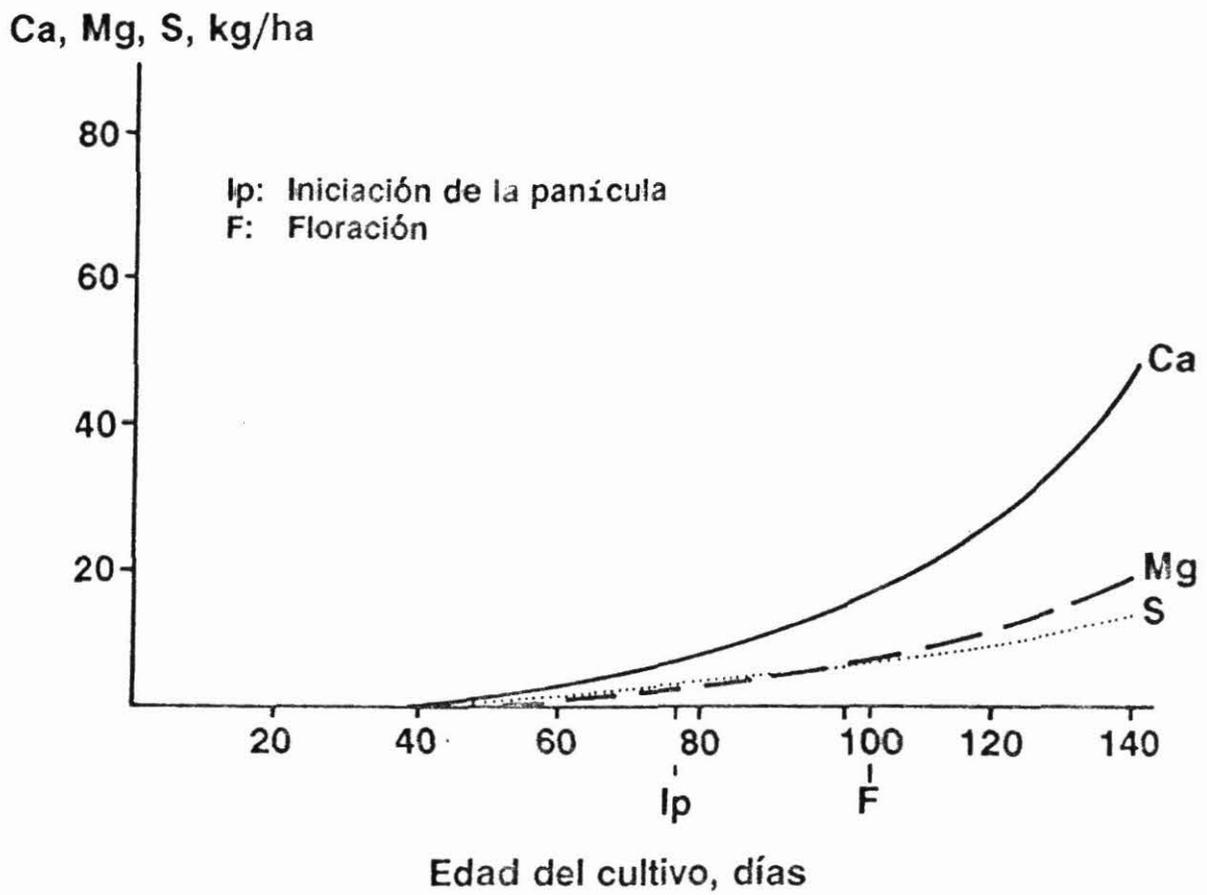
Micronutrientes (Zn, B, Cu, Fe, Mo, Mn)

- Constituyentes de las enzimas, crecimiento
- Activador enzimático, desarrollo radicular
- Producción de clorofila
- Síntesis de proteínas
- Síntesis de clorofila

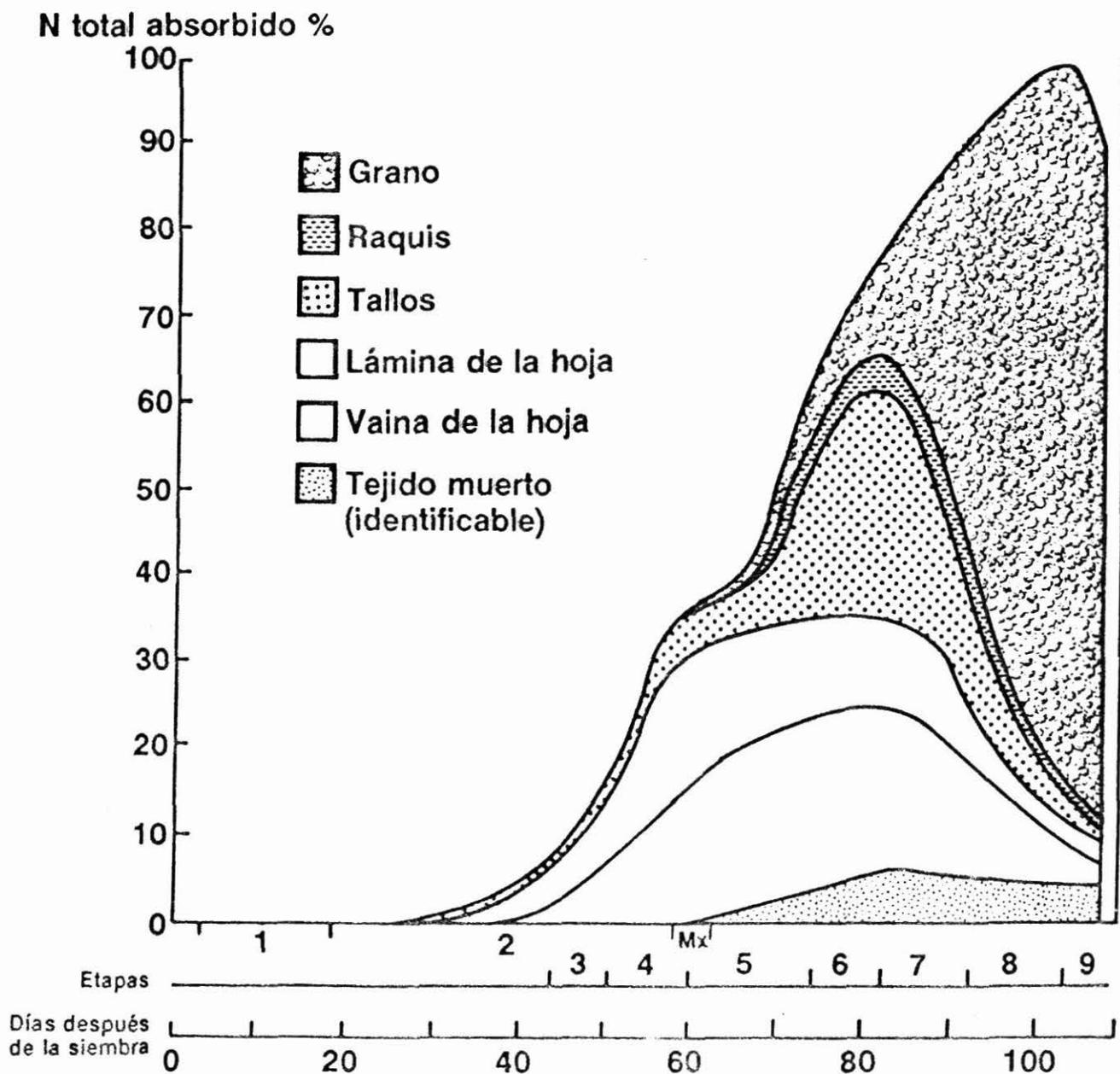
Absorción de N, P y K a través de las etapas de desarrollo de la variedad IR-36 bien fertilizada (Fernandez, 1978)



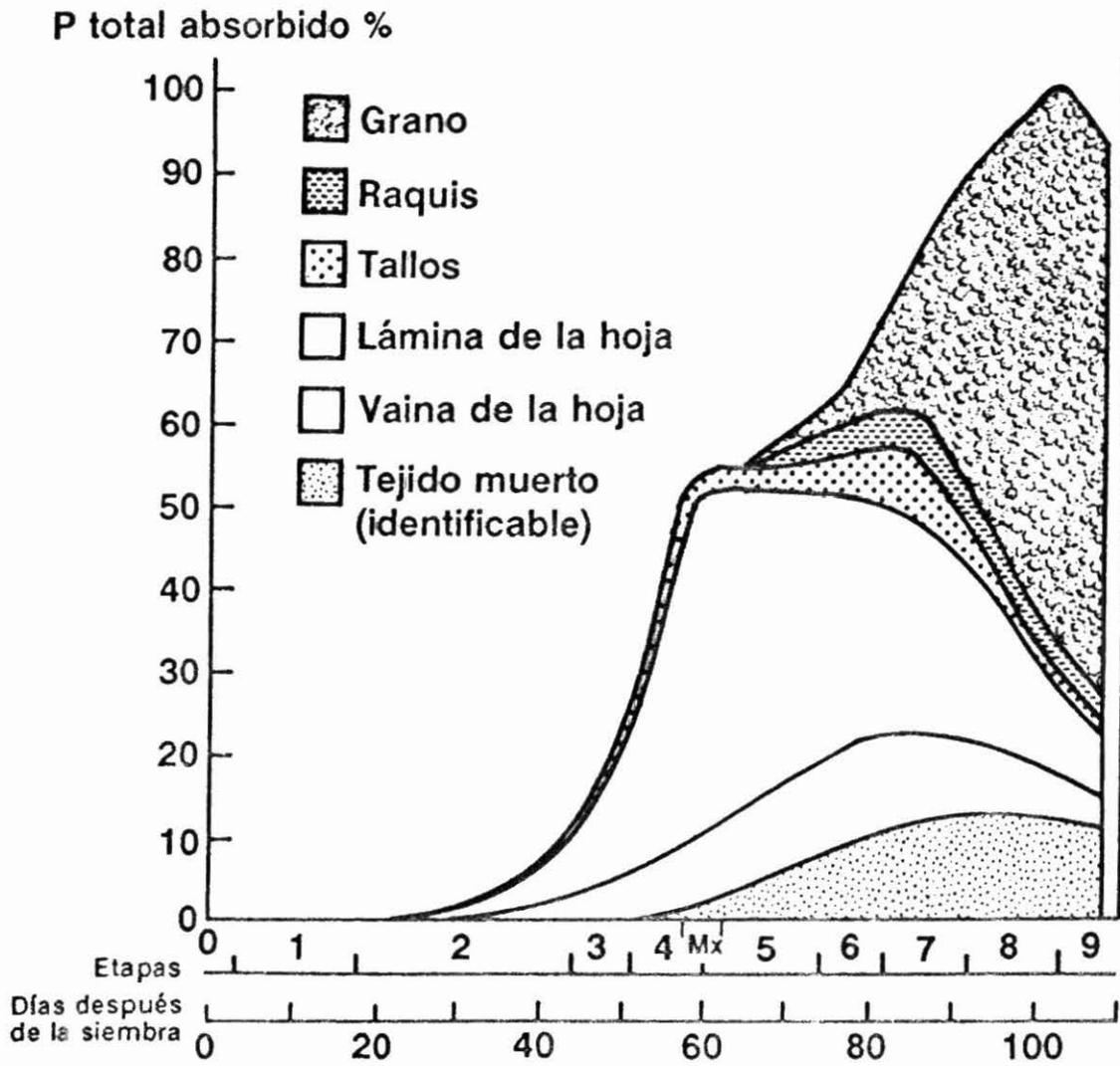
Absorción de Ca, Mg y S por la planta de arroz (Perdómo et al., 1982)



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

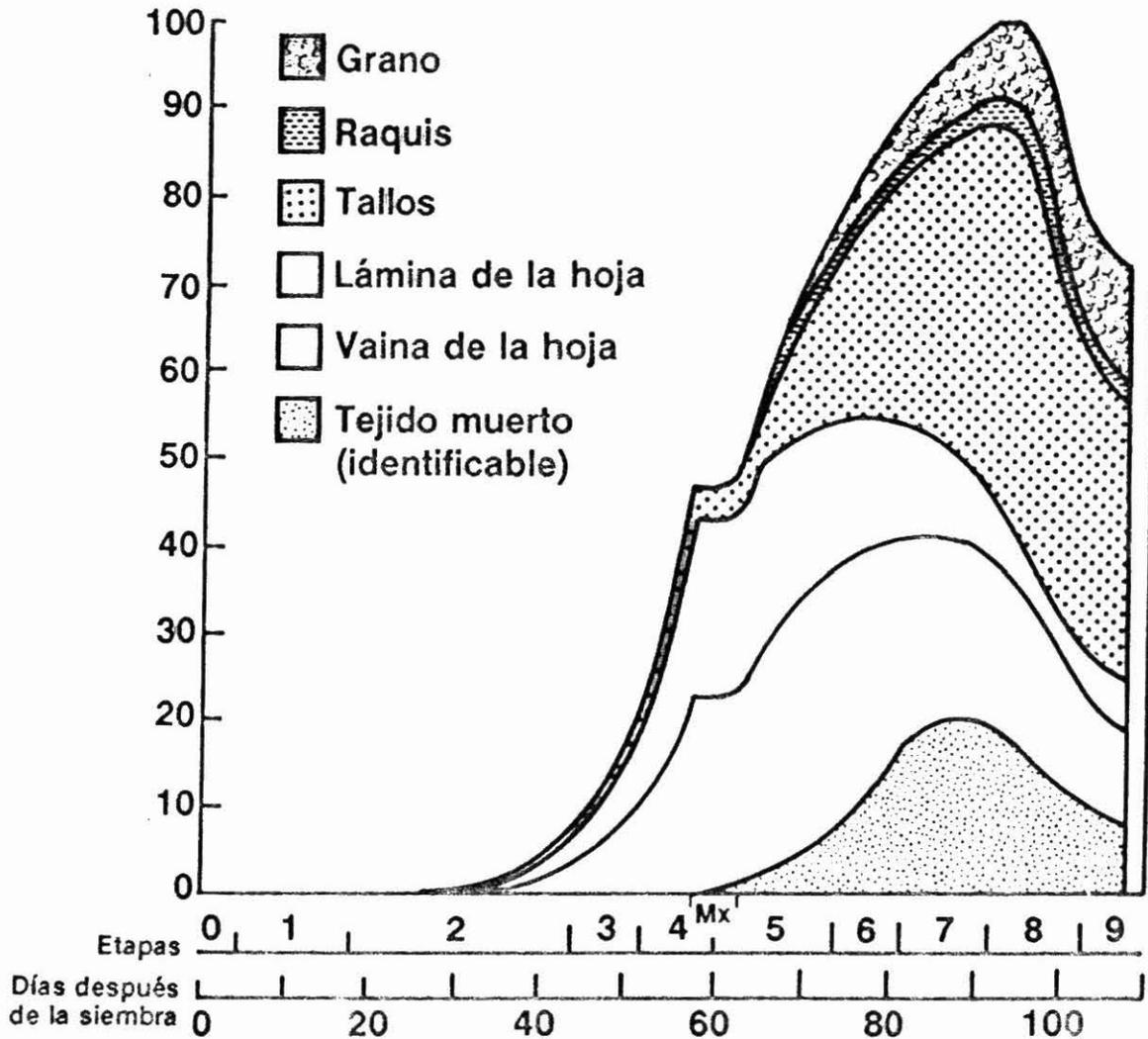


Distribución del P en una planta de arroz de la variedad IR-36 a través de las etapas de desarrollo (Fernández et al., 1978)



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

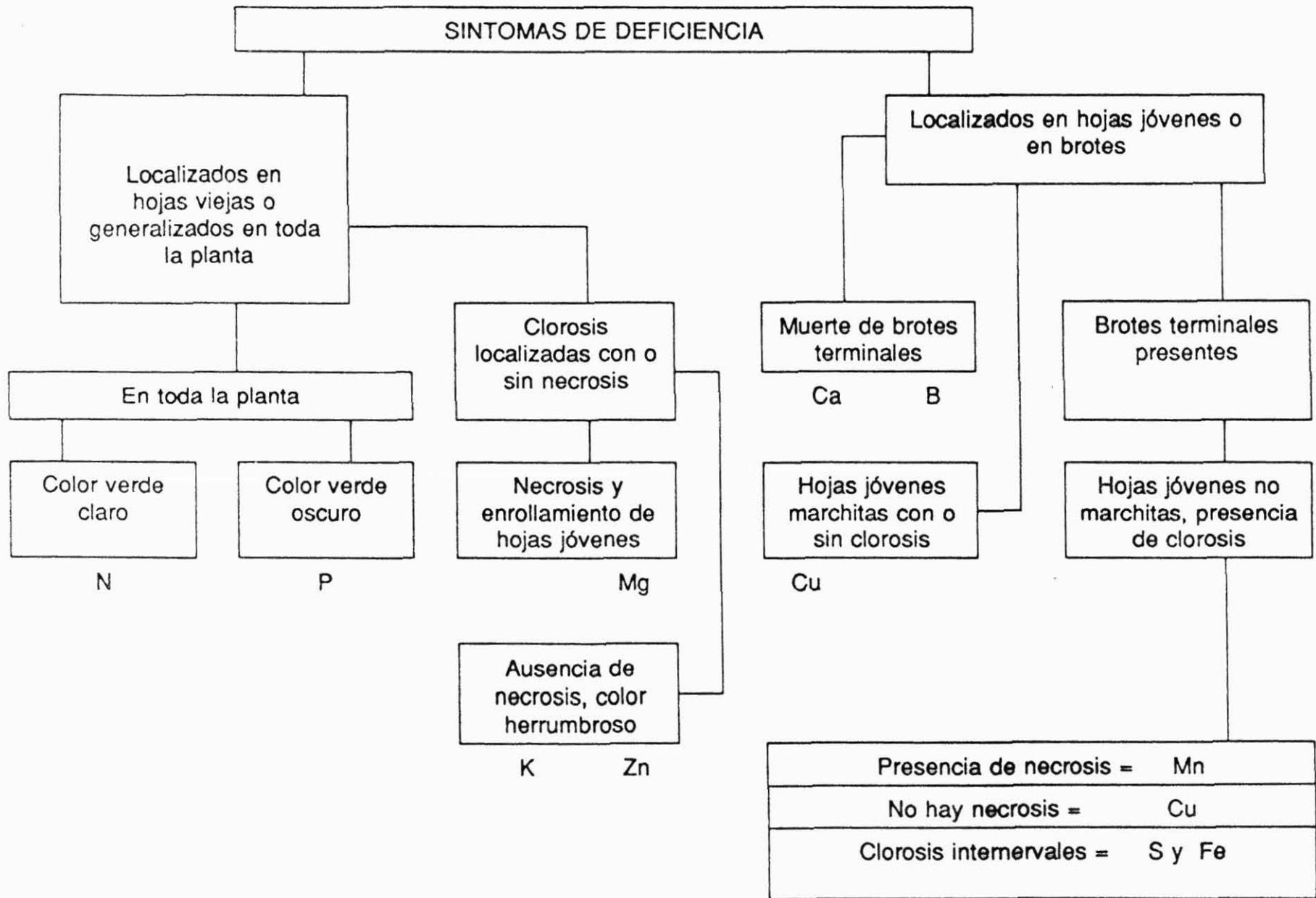
K total absorbido %



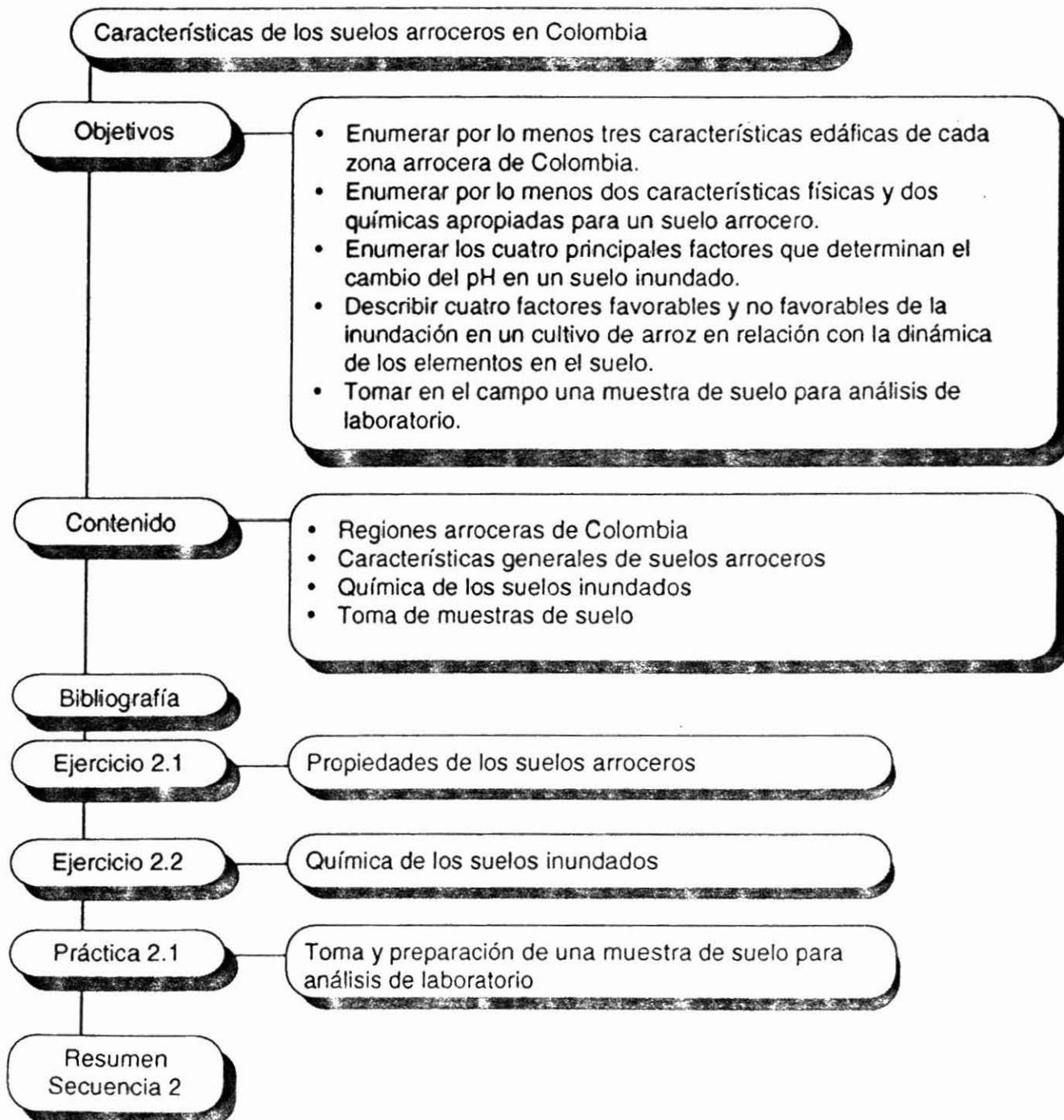
Nutrientes removidos del suelo por el arroz para producir 5 t/ha de grano

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

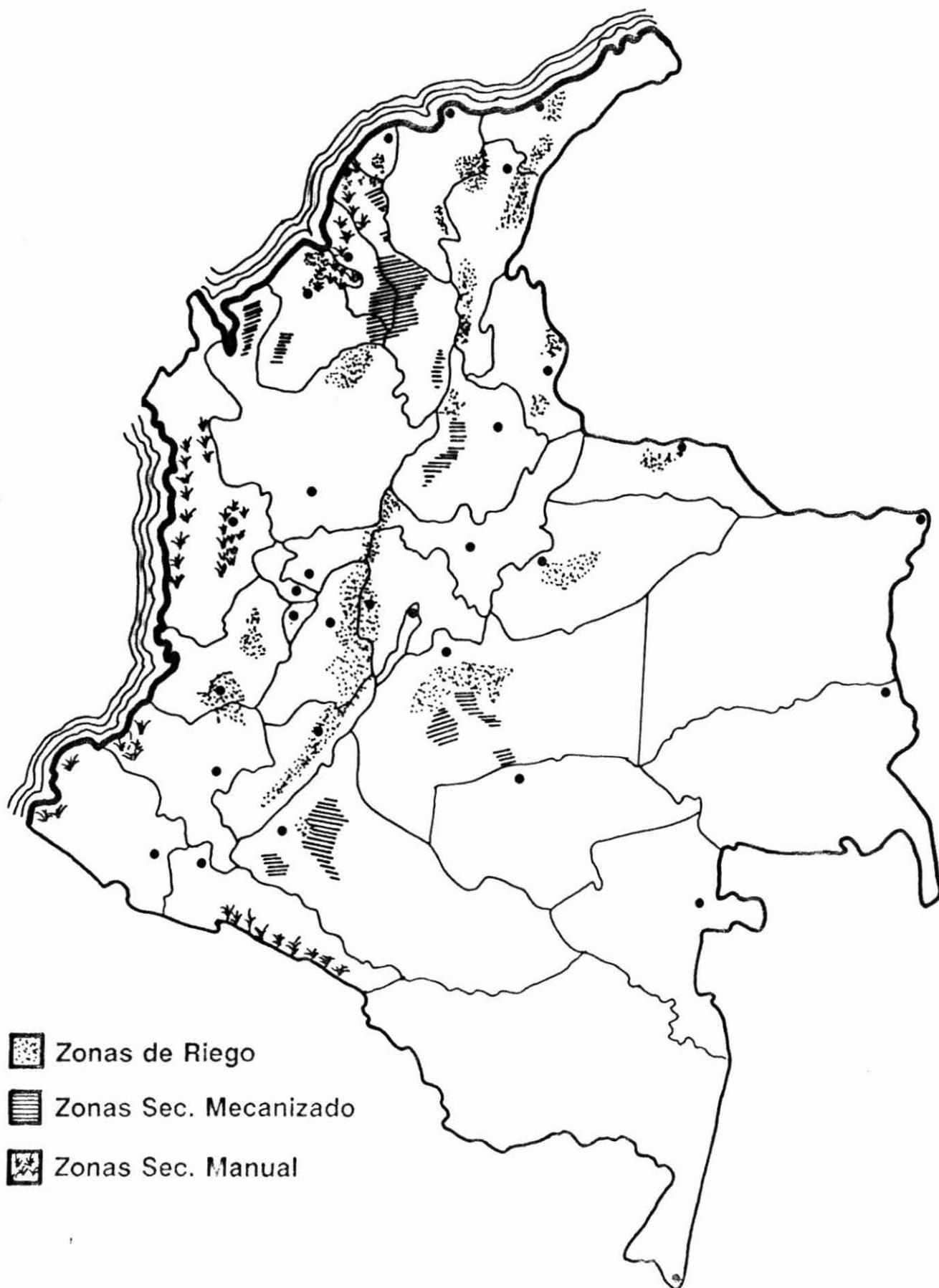
Fuente: Arroz: Investigación y producción. CIAT, 1985.



Flujograma Secuencia 2



Zonas Arroceras en Colombia



**TABLA DE DISTRIBUCION PORCENTUAL
DE pH, P, K y Ca/Mg**

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

SUELOS ARROCEROS

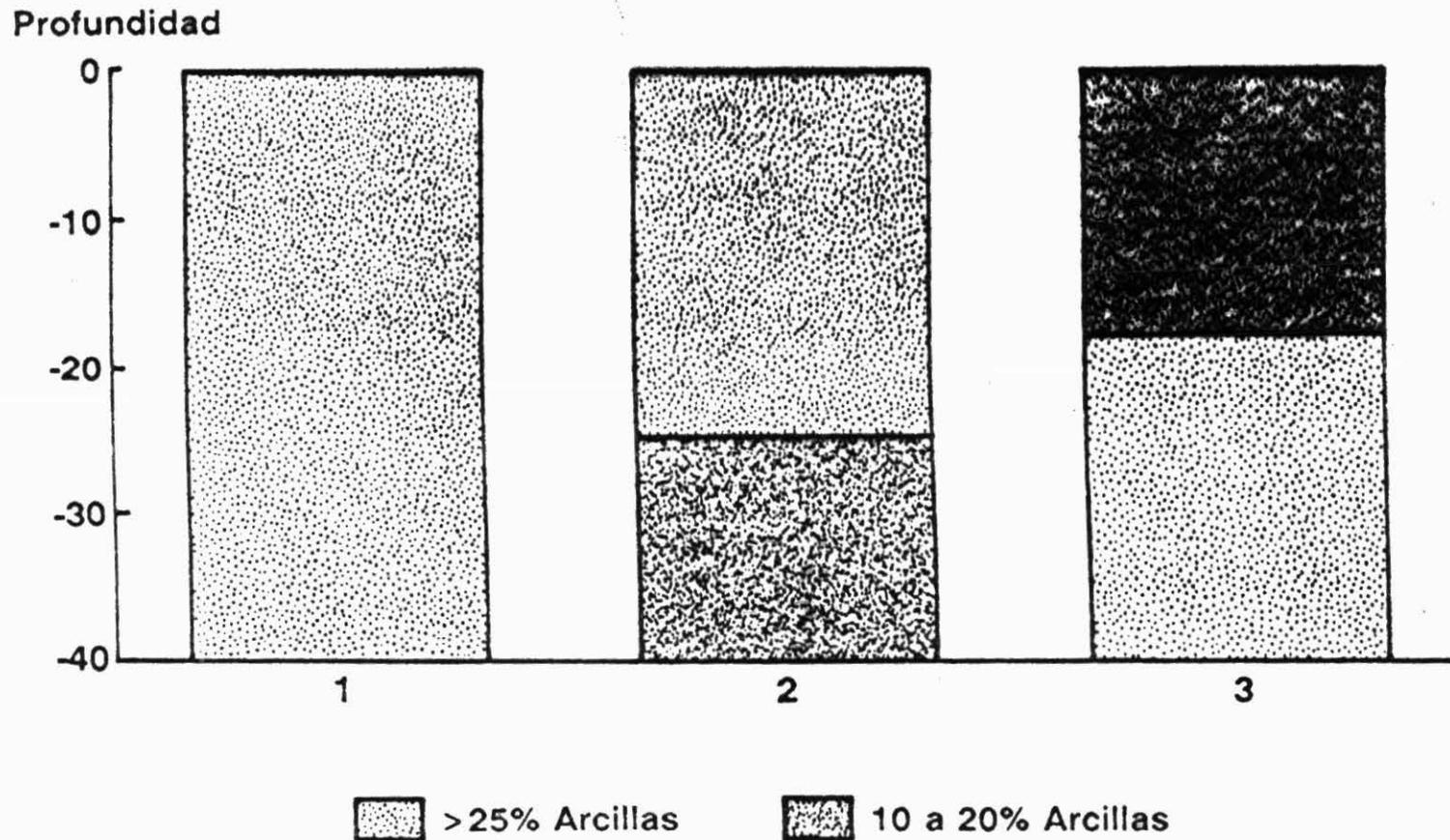
Características físicas

- Alta absorción y retención de agua (textura fina).
- Baja permeabilidad (estructura fina a media, inestable).
- Compactación moderada (densidad 1,6 - 1,8 g/cc).

Características químicas favorables

- Contenido bajo de aluminio, sodio y sales solubles.
- Contenido medio de materia orgánica, hierro y manganeso.
- Alta capacidad de suministro de nutrientes.

Perfiles de Texturas para Suelos Arroceros



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

QUIMICA DE SUELOS INUNDADOS

Efectos primarios

- Difusión de oxígeno
- Producción de gases
- Capas oxidada y reducida

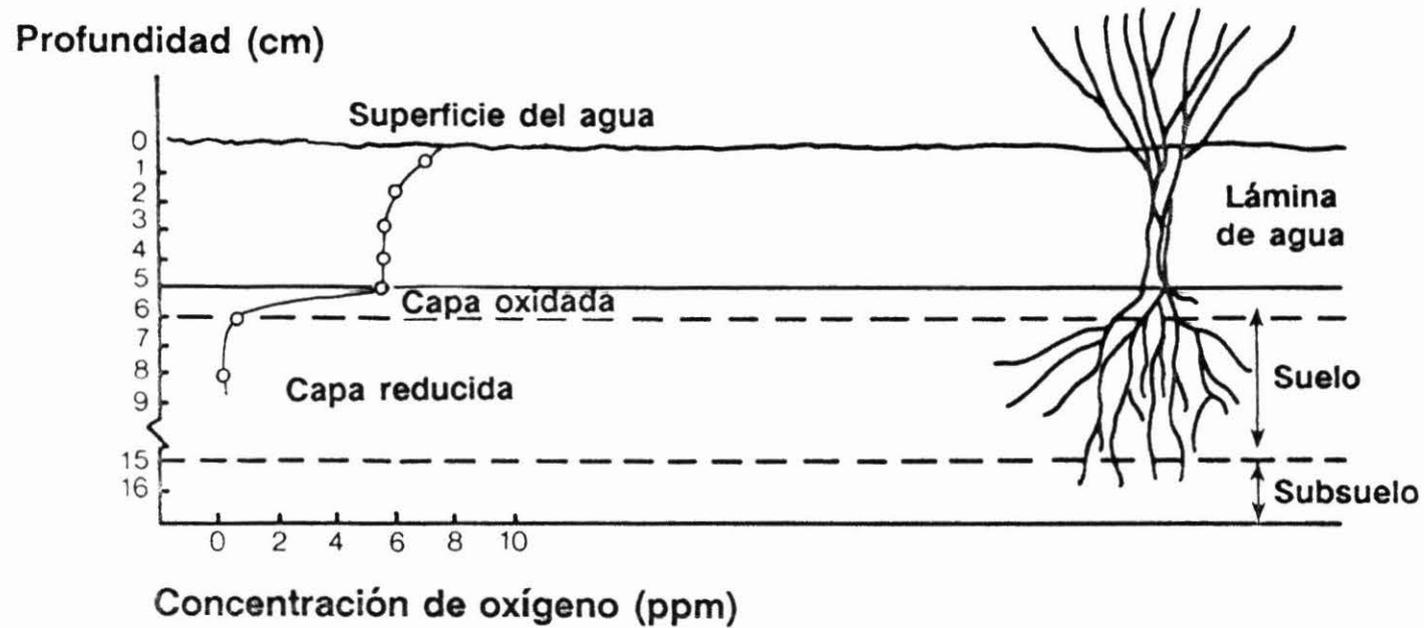
Cambios fisicoquímicos

- Variación del pH
- Disminución del potencial redox
- Aumento en la conductividad eléctrica

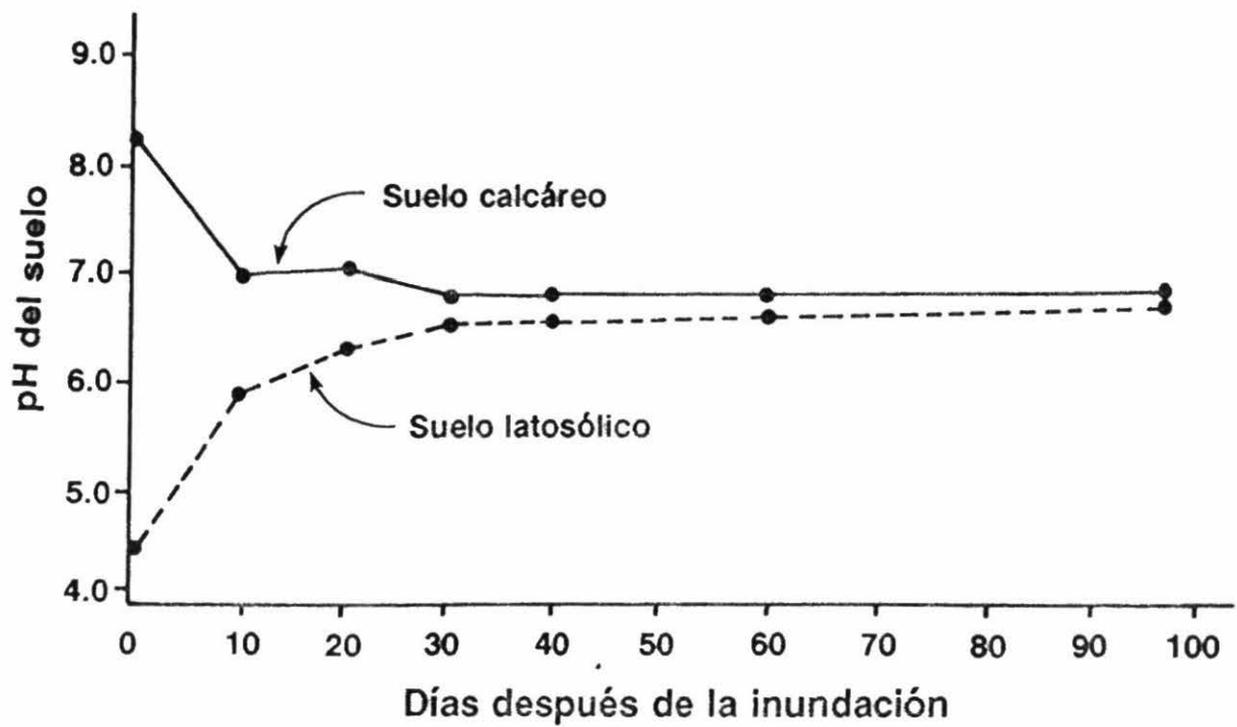
Cambios químicos

- Transformaciones del nitrógeno
- Transformaciones del hierro y manganeso
- Incremento de la solubilidad del fosforo

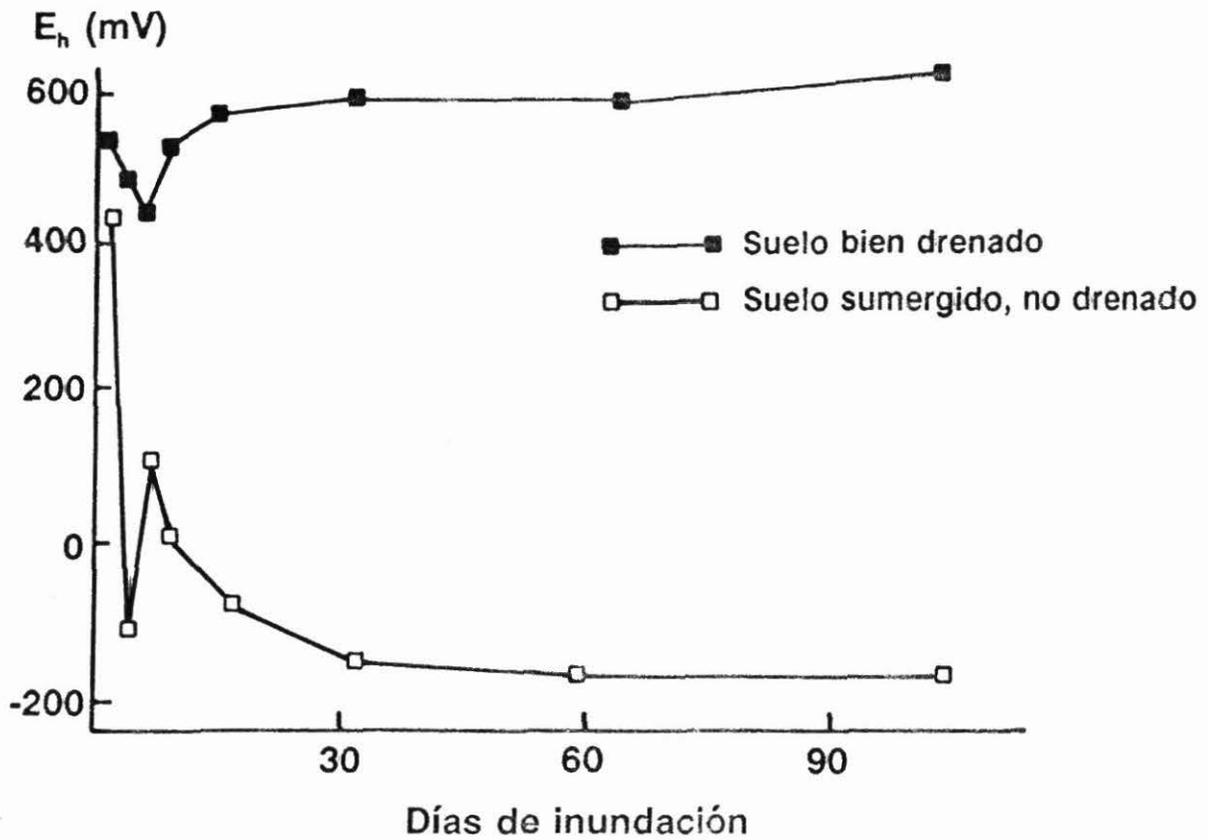
Concentración de oxígeno en las capas oxidadas y reducida de un suelo inundado



Cambios del pH de dos suelos bajo inundación constante



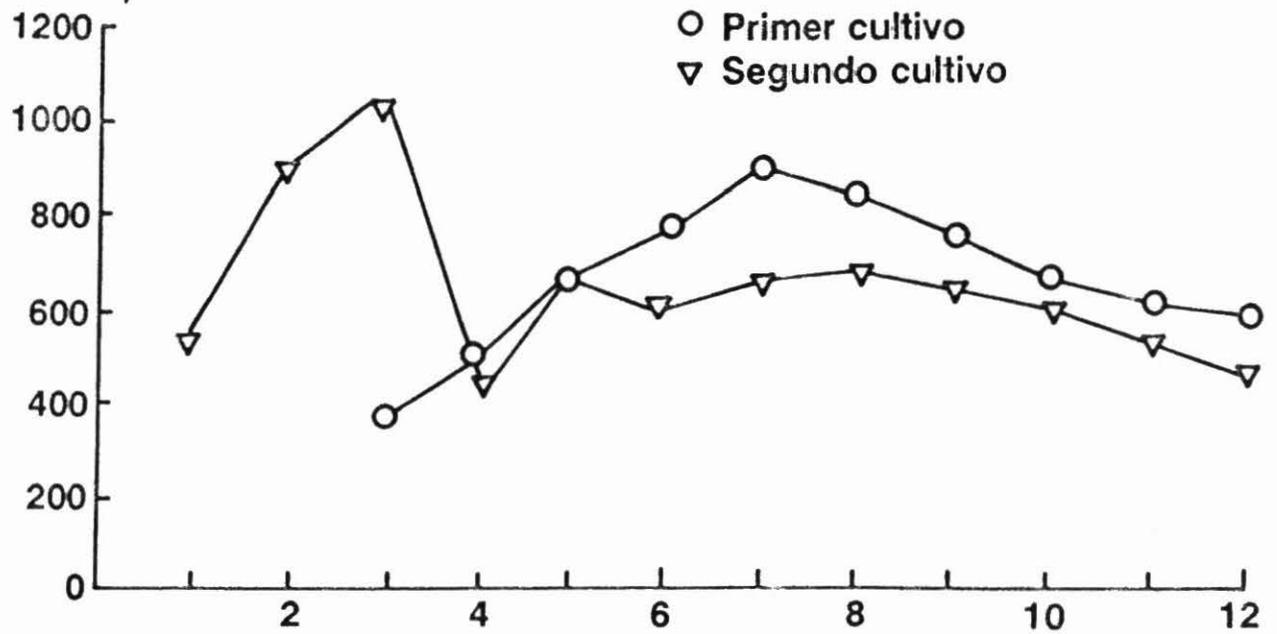
Cambios con el tiempo del potencial redox de un suelo bien drenado y de otro inundado (Ponnamperuma, F.M., 1985)



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

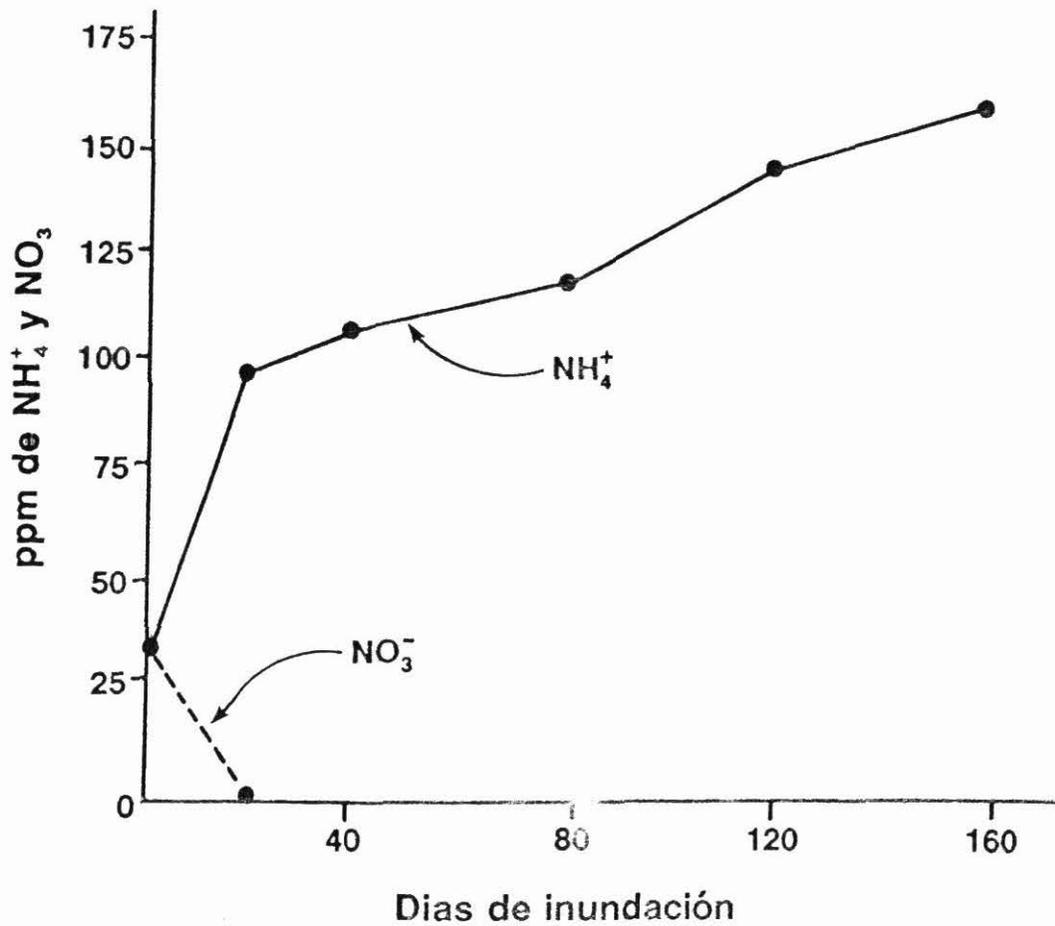
Conductividad en la solución

Mhos/cm²

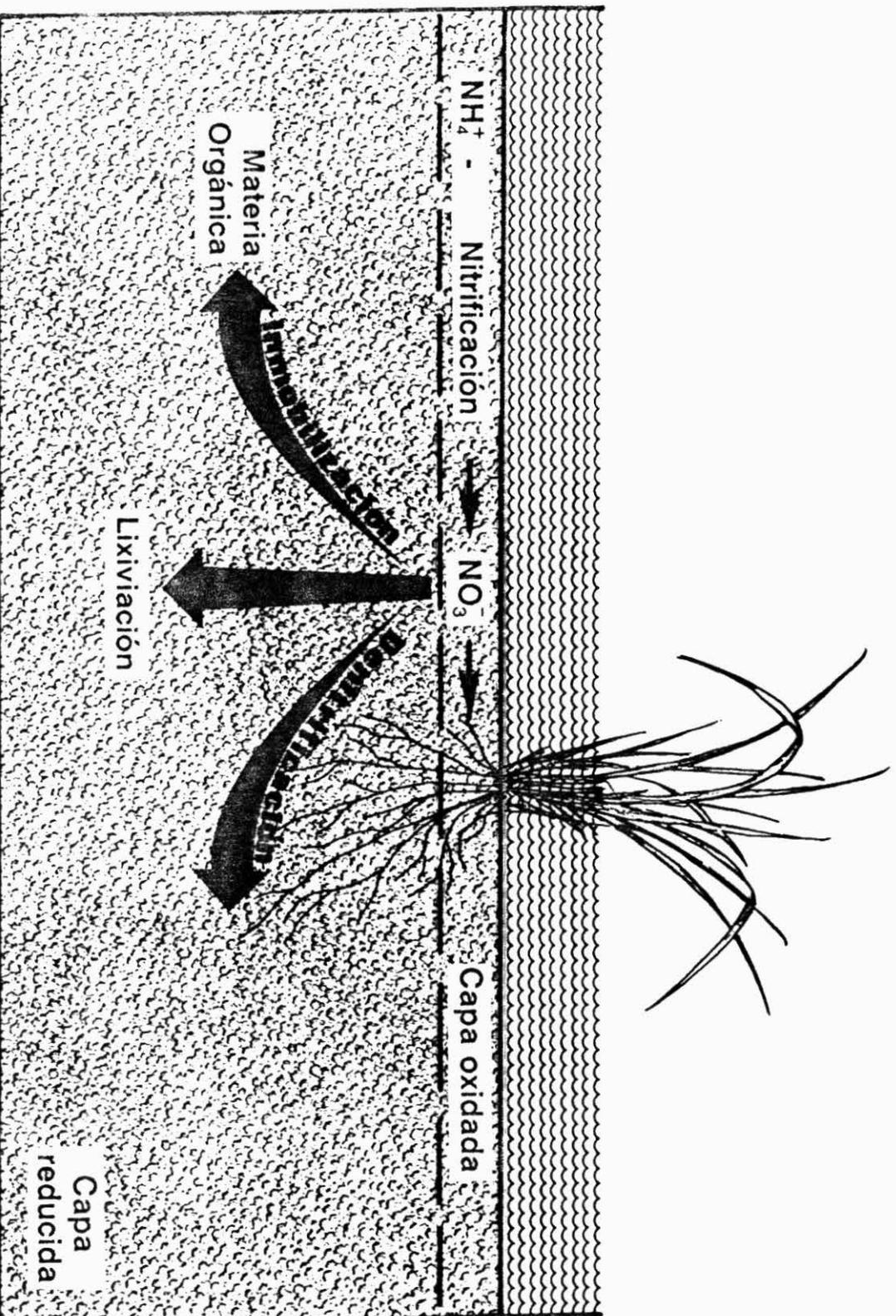


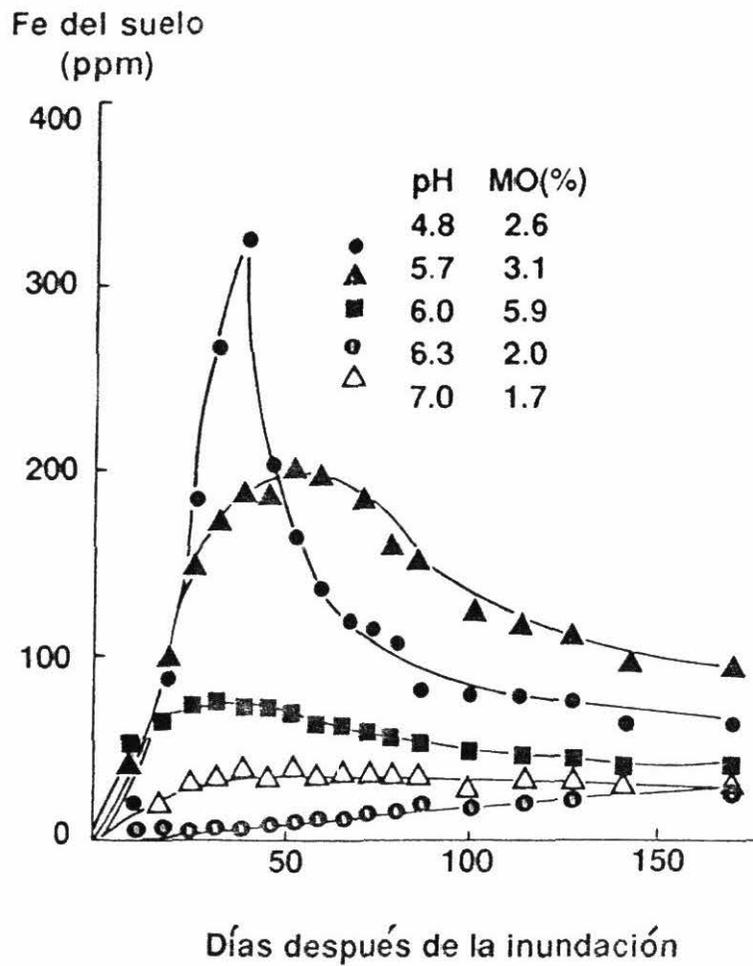
Semanas después de la inundación

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



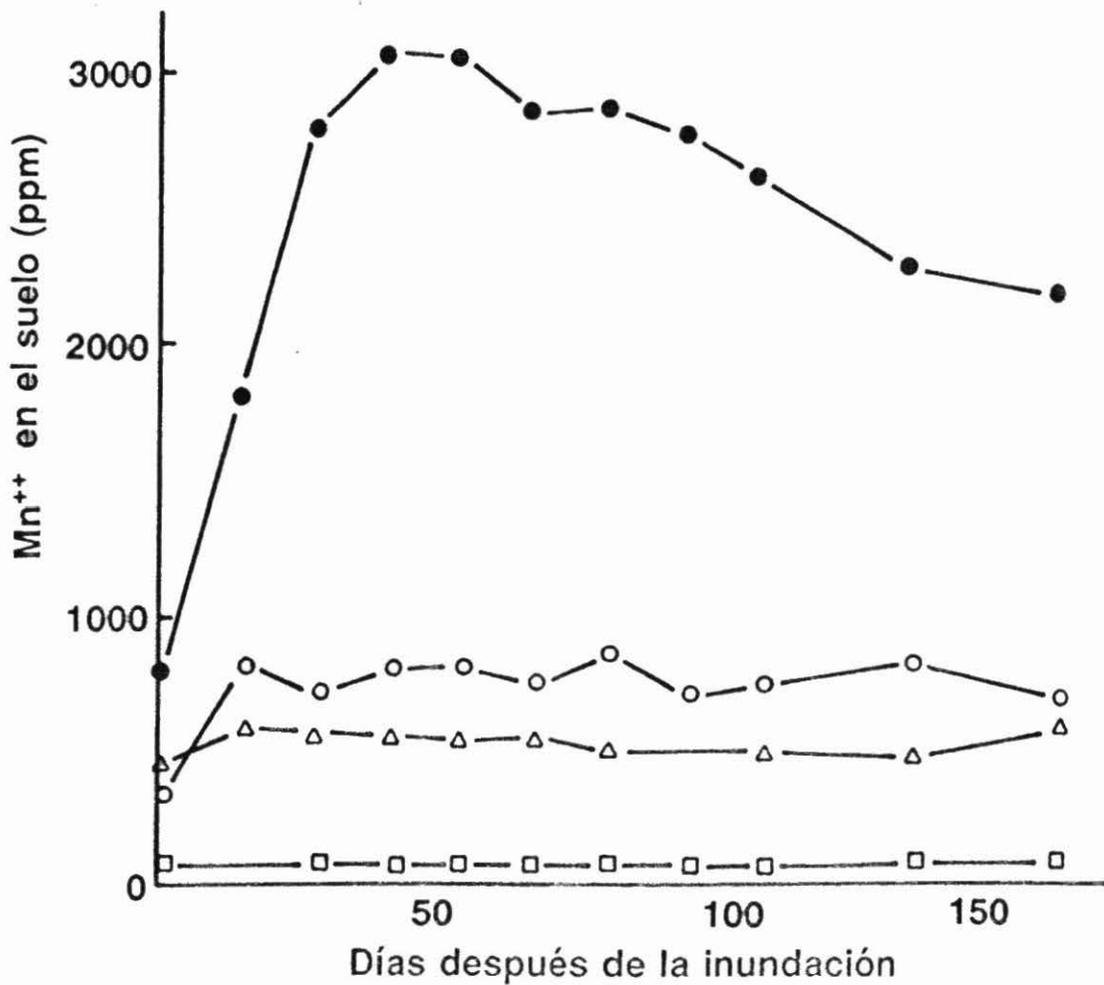
Suelo inundado y caminos del nitrógeno



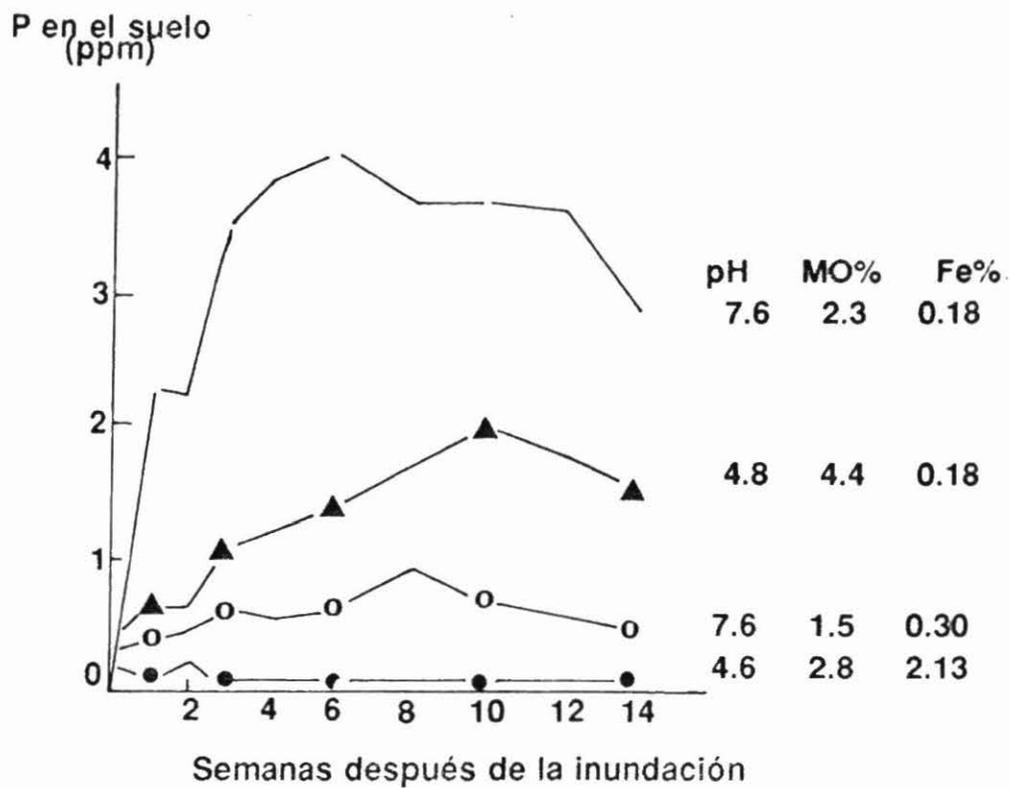


Cambios en la concentración de Fe^{+2} en la solución de varios suelos después de la inundación

Efectos de la inundación en la concentración de manganeso soluble, en varios suelos (Ponnamperuma, 1955).



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

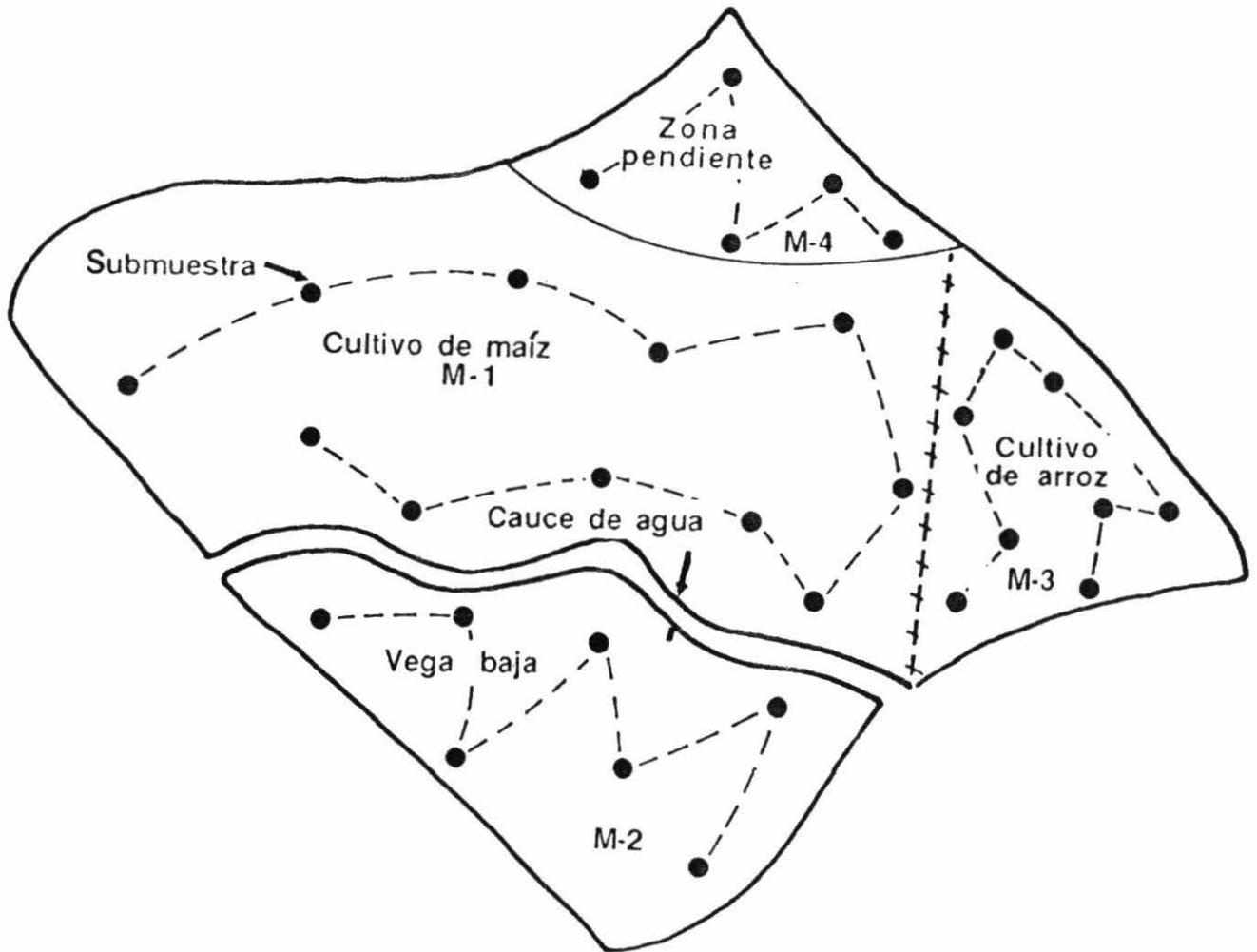


**Cambios en la concentración de P en la solución
de varios suelos después de la inundación**

MUESTREO DE SUELOS

Requisitos:

1. Identificación: geográfica, finca, lote, sector, profundidad.
2. Representativa: submuestras y unidades.
3. Homogénea: suelo, terreno, profundidad, manejo y mezcla.
4. No contaminada: materiales o suelo extraño.
5. Cantidad de muestra: 0.5 - 1 kg.
6. Información técnica: uso, manejo, fertilización, rendimiento, cultivo, problemas.
7. Enviar muestra con suficiente anterioridad a la siembra.



Ejemplo de la división de una finca en áreas y recolección de submuestras

Flujograma Secuencia 3

Análisis de suelos y manejo de la fertilización en arroz

Objetivos

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

Contenido

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

Bibliografía

Ejercicios 3.1

Eficiencia de los fertilizantes

Ejercicios 3.2

Fertilización nitrogenada

Ejercicios 3.3

Fertilización fosfórica

Ejercicios 3.4

Formulación de recomendaciones de fertilización

Resumen Secuencia 3

ANALISIS DE SUELOS

Fundamentos

- Solución extractora apropiada
- Expresa capacidad de suministro de los nutrimentos
- Indica probabilidad de respuesta
- Requiere establecimiento de niveles críticos: valor límite entre alta y baja probabilidad de respuesta

Utilidad

- Conocer elementos limitantes de la producción (déficit o exceso)
- Determinar fertilización adecuada y/o uso de correctivos
- Racionalizar el uso de fertilizantes

Eficiencia en el uso de fertilizantes

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

Eficiencia del nitrógeno

Formas

- N-orgánico
- NH^+4
- NH^-3

Manejo

- Riego inmediato o retrazado
- Aplicaciones tempranas
- Dosis altas y baja CIC
- Nitratos

Factores respuesta

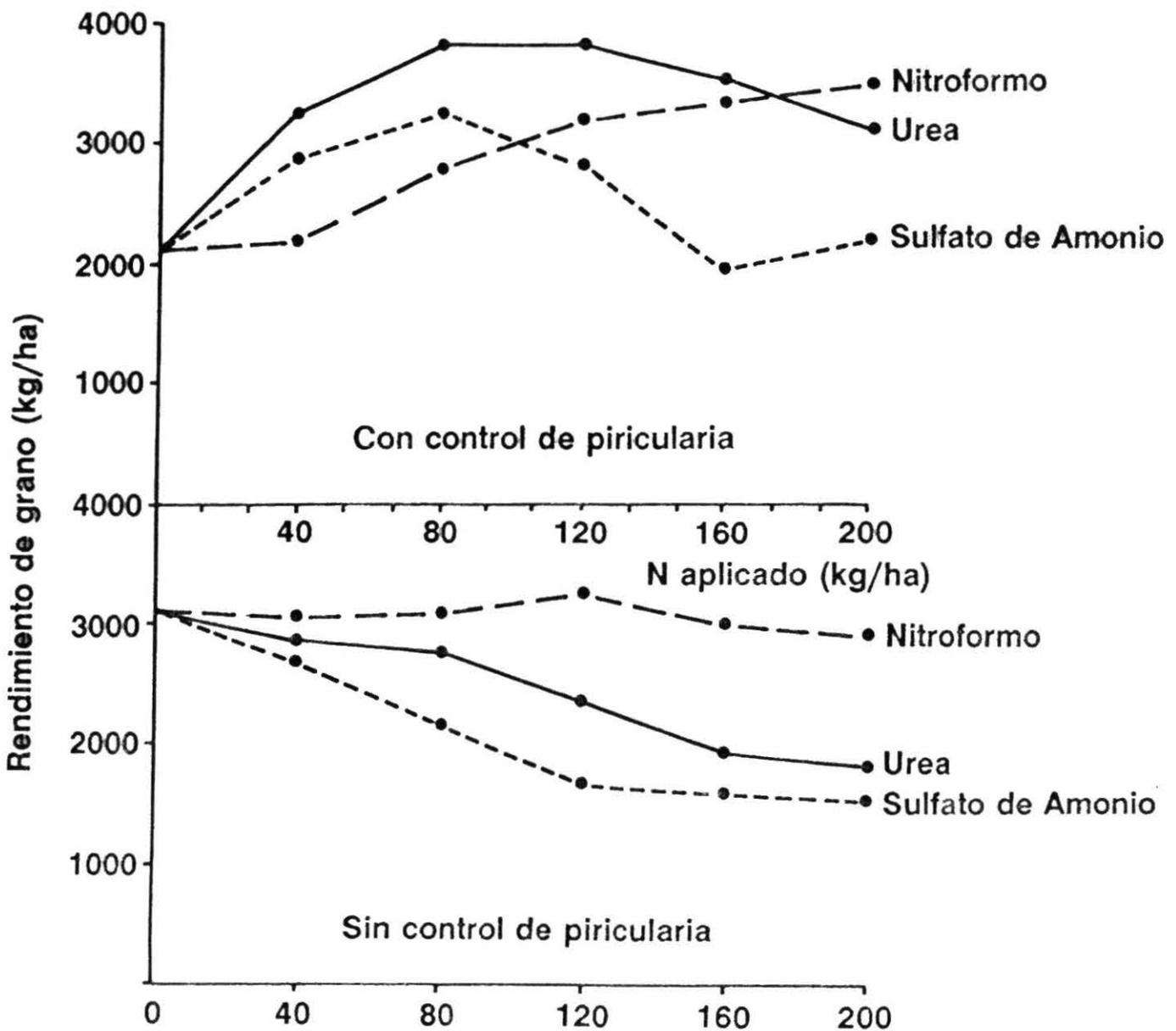
- Sustancias nocivas
- Deficiencia otros nutrimentos (P,K,Zn,Cu)
- Malezas e insectos
- Variedades
- Sistemas de cultivos (riego, seco)

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

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

¹ CIAT, 1974

Efecto de fuentes y dosis de nitrógeno sobre el rendimiento de grano de la variedad CICA 9 en condiciones de riego en suelos de los Llanos Orientales



DOSIS MEDIAS DE NITROGENO EN ZONAS ARROCERAS

| | |
|--------------------------------------|----------------------|
| Orinoquía y Caquetá | 60 - 120 kg/ha de N |
| Norte de Santander | 100 - 150 kg/ha de N |
| Valle del Cauca y Costa Atlántica | 100 - 180 kg/ha de N |
| Tolima y Huila | 150 - 200 kg/ha de N |

RECOMENDACION DE NITROGENO EN ARROZ

1. **Dosis por regiones y agroecosistemas**
Factores: suelo, clima, variedad, manejo, condiciones fitosanitarias

2. **Mayor respuesta**
 - Riego "corrido" o por "mojes"
 - Percolación alta
 - Buen manejo del cultivo
 - Baja materia orgánica

3. **Menor respuesta**
 - Condiciones adversas
 - Incidencia de enfermedades
 - Ocurrencia de volcamiento
 - Deficiencia de K, S, Zn, P ó Mg

4. **Epocas de aplicación**

5. **Fuentes y métodos de aplicación**

EFICIENCIA DEL FOSFORO

Fijación

Formas insolubles y adsorbidas

- Arcillas caolinita y alofana (suelos ácidos)
- Hidróxidos de Fe y Al
- Solubilidad según pH (<5.7 ó 7.0)

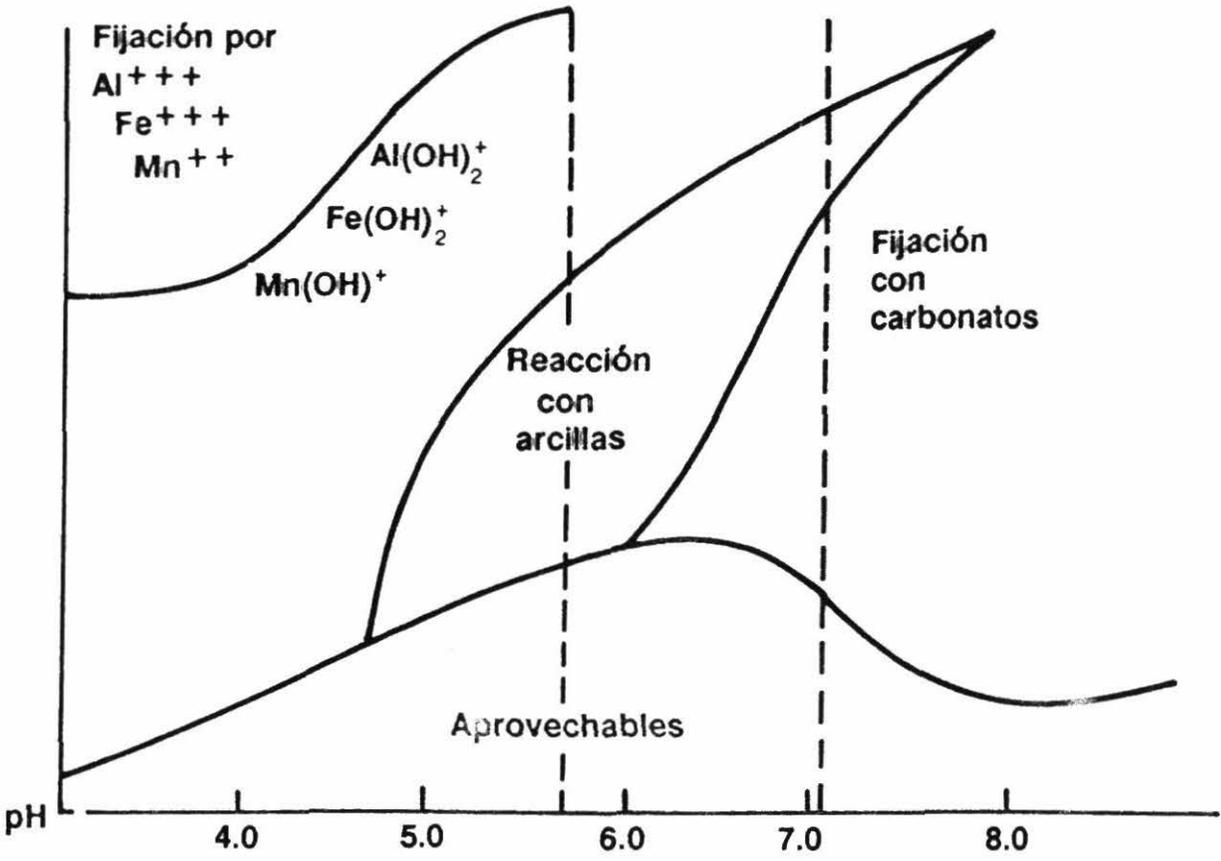
Sistemas de producción

- Riego: mayor disponibilidad
- Secano: mayor fijación

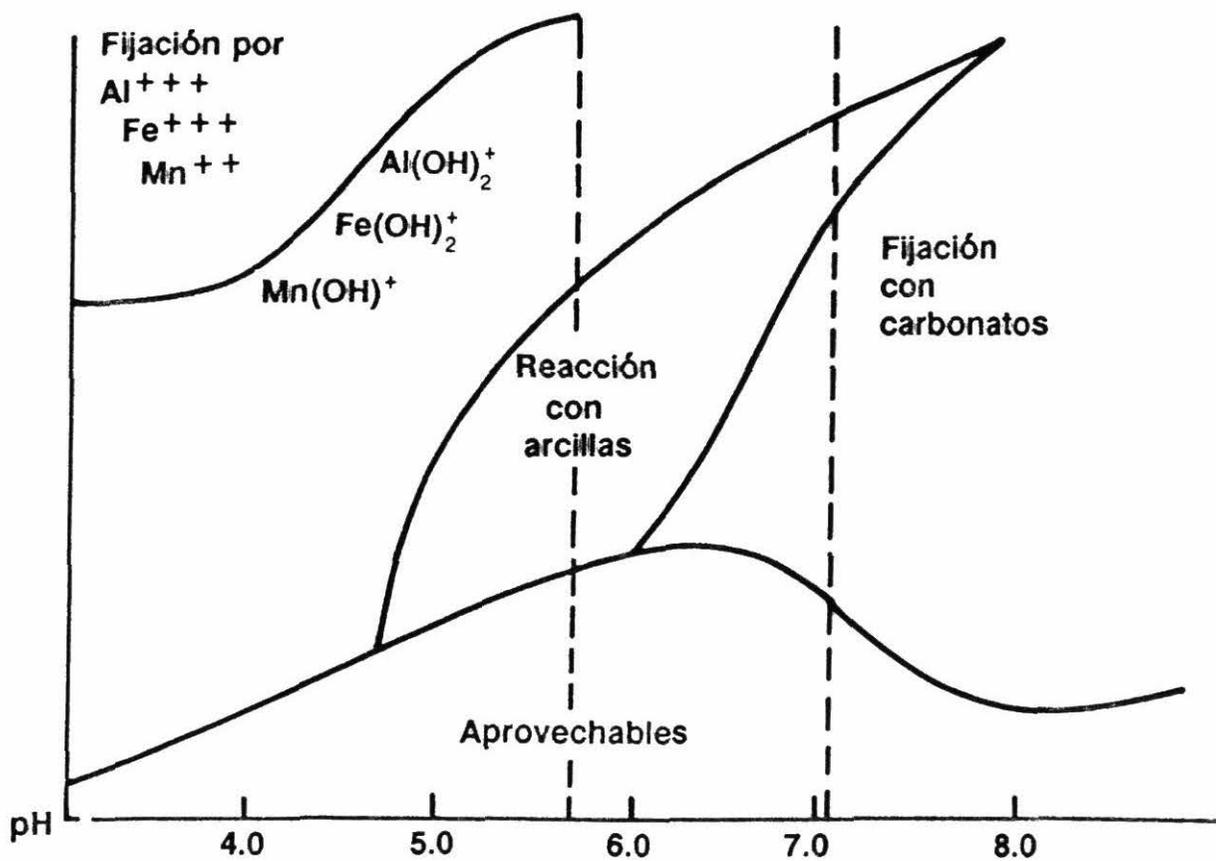
Manejo de la fertilización

- Epocas y fuentes

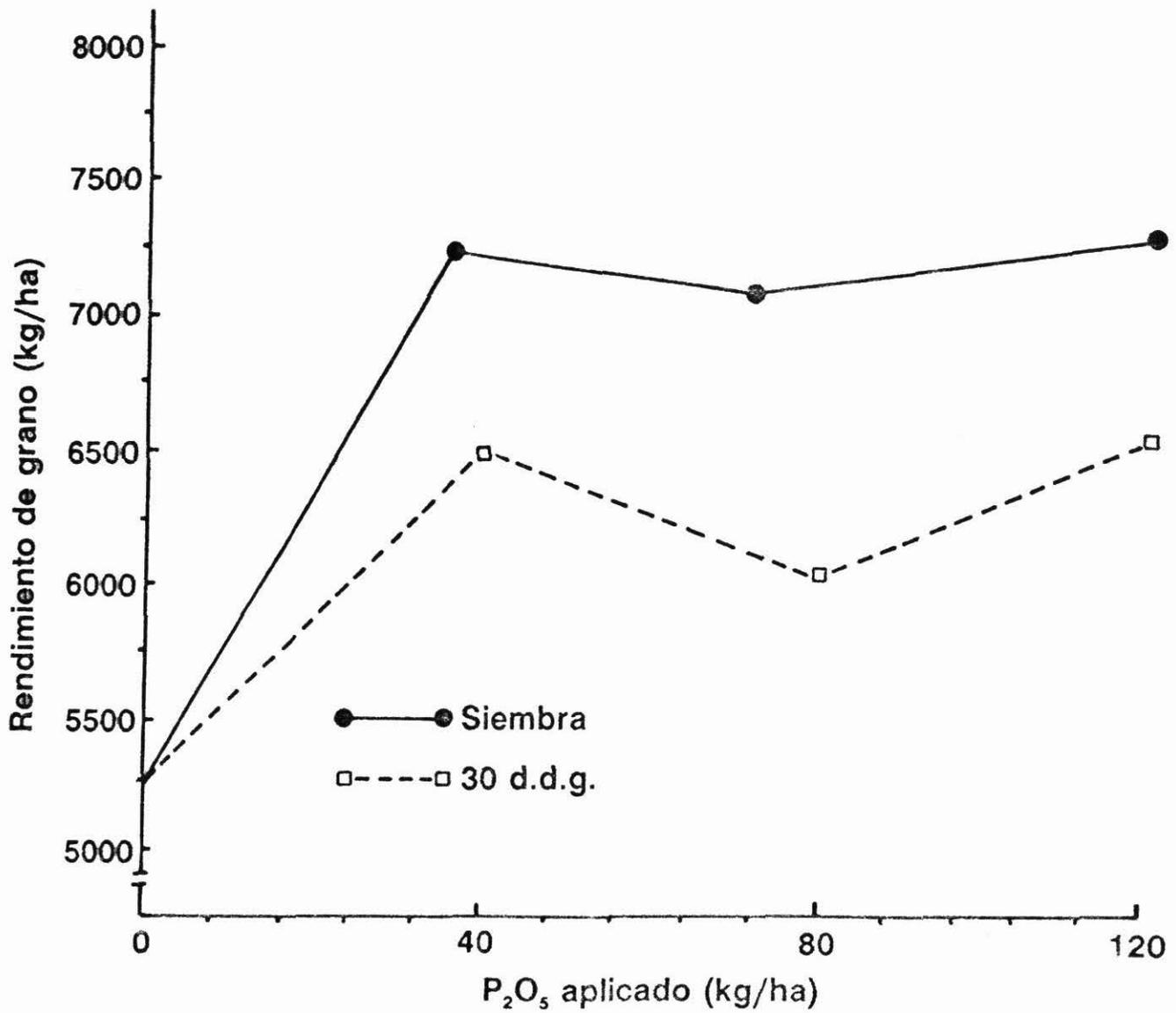
Disponibilidad de fósforo en el suelo según su pH



Disponibilidad de fósforo en el suelo según su pH



Efecto de la época y dosis de aplicación de fósforo sobre el rendimiento del grano de la variedad CICA 8 en condiciones de riego en suelos de los Llanos Orientales



RECOMENDACIONES DE FOSFORO EN ARROZ

1. **Dosis por regiones y agroecosistemas**
Factores: suelo, variedad, manejo, condiciones fitosanitarias.
2. **Mayor respuesta**
 - Valor menor de fósforo
 - Acidez o alcalinidad
 - Fe y Ca activos muy altos
 - Interrupción o deficit de agua
 - Materia orgánica baja
 - Fertilizantes de baja solubilidad
3. **Menor respuesta**
 - Condiciones contrarias
 - Deficiencia de N, Zn, Cu y Mg
4. **Epocas de aplicación**
5. **Fuentes y métodos de aplicación**

EFICIENCIA DEL POTASIO

1. Fijación por arcillas 2:1
2. Bloqueo por Ca y Mg
3. Lixiviación y escorrentía
 - Baja retención
 - Alta percolación
 - Escorrentía

RECOMENDACIONES DE POTASIO EN ARROZ

1. **Dosis por regiones y agroecosistemas**

Factores: suelo, manejo, condiciones fitosanitarias.

2. **Mayor respuesta**

- Relación $(Ca + Mg)/K$ mayor de 50
- Valor menor de K
- Incremento en dosis de N
- Lixiviación o escorrentías altas
- Enfermedades o volcamiento
- Fe y Mn muy altos
- Interrupción o deficit de agua
- Exportación del tamo

3. **Menor respuesta**

- Condiciónes contrarias
- Deficiencia de N, Mg, Zn, Mn y B

4. **Epocas de aplicación**

5. **Fuentes y métodos de aplicación**

RECOMENDACIONES DE CALCIO EN ARROZ

1. Dosis generales aproximadas

Factores: suelo, encalamiento.

2. Mayor respuesta

- Relación Ca/Mg menor de 1
- Valor menor de Ca

3. Menor respuesta

- Condiciones contrarias
- Deficiencia de K, Mg, B, Zn y P

4. Epocas de aplicación

5. Fuentes y métodos de aplicación

RECOMENDACIONES DE MAGNESIO EN ARROZ

1. **Dosis generales aproximadas**
Factores: suelo, variedad.
2. **Mayor respuesta**
 - Relación Ca/Mg > 6
 - Valor menor de Mg
 - Dosis muy altas de Ca y/o K
3. **Menor respuesta**
 - Condiciones contrarias
 - Deficiencia de K, Ca, N, Zn y P
4. **Epocas de aplicación**
5. **Fuentes y métodos de aplicación**

RECOMENDACIONES DE AZUFRE EN ARROZ

1. Dosis generales aproximadas

Factores: suelo.

2. Mayor respuesta

- Lixiviación o escorrentía altas
- Materia orgánica baja
- Condiciones de sequía
- Dosis altas de N

3. Menor respuesta

- Condiciones contrarias
- Deficiencia de N

4. Épocas de aplicación

5. Fuentes y métodos de aplicación

RECOMENDACIONES DE MENORES EN ARROZ

1. Dosis generales aproximadas

Factores: suelo, ambiente.

2. Mayor respuesta

- pH mayor de 7
- Carbonatos de calcio libres
- Materia orgánica baja o muy alta (acidez)
- P, K, Ca o N muy altos
- Desequilibrio entre Fe, Mn, Zn, Cu
- Suelos gruesos lavados (Zn, B, Cu)
- Abonamiento orgánico fuerte (B, Cu, Mn)
- Condiciones de sequía (B)
- Luminosidad (Mn, B)

3. Epocas y sistema de aplicación

4. Fuentes y métodos de aplicación

Efecto de la fertilización foliar en Oryzica 1 en condiciones de riego en suelos de la zona centro

| Tratamiento | Dosis P.C./ha | Rendimiento (t/ha)* | |
|----------------------|----------------|---------------------|----------------------|
| | | Huila ^{1/} | Tolima ^{2/} |
| Wuxal | 12 lt | 7.3 a | 5.4 a |
| Elkach | 8 lt | 7.6 a | 5.7 a |
| Nutrimins | 8 lt | 7.6 a | 6.1 a |
| Multimineral | 1 lt | 7.7 a | 5.6 a |
| Zinc | 1 lt | 7.5 a | 5.9 a |
| Cosmocel | 8 kg | 7.3 a | 7.1 a |
| Fosfacel | 45 kg | 7.8 a | 5.6 a |
| Microcoljab - 12 | 8 lt | 7.8 a | 6.3 a |
| Coljab - 1 | 8.6 kg + 12 lt | 7.5 a | - |
| Coljab - 2 | 7.6 kg + 10 lt | 7.6 a | - |
| Kelatos - 1 | 1.7 kg | 7.3 a | 6.4 a |
| Kelatos - 2 | 1.9 kg | 7.4 a | 5.7 a |
| Cosmocel + Kelatos 2 | 2 kg + 2.3 kg | 7.6 a | 6.1 a |
| Top - sul | 6 lt | 7.4 a | 6.8 a |
| Nitrofosca | 2 gl | 7.4 a | 6.2 a |
| Klip Arroz | 2 gl | 7.5 a | 6.1 a |
| Elosal | 6 lt | 7.7 a | - |
| Basfoliar combi | 2 kg | 7.6 a | - |
| Testigo | 0 | 7.6 a | 7.0 a |

* Promedios con letras iguales no son significativamente diferentes según D.M.R.T.

^{1/} Campo alegre

^{2/} Espinal

Fuente: FEDEARROZ. Informe anual 1988-1989

EVALUACION FINAL DE CONOCIMIENTOS

INFORMACION DE RETORNO

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

2. a. Potasio
b. Nitrógeno
c. Fósforo

3. a. V b. F c. V

4. 1 2 5

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

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

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

8. No, porque falta la información del análisis de suelo

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

10. a. Fertilizante a base de nitratos

11. a. Bajo seco
b. Suelo ácido
c. Soluble
d. Diques en contorno
e. Al voleo