

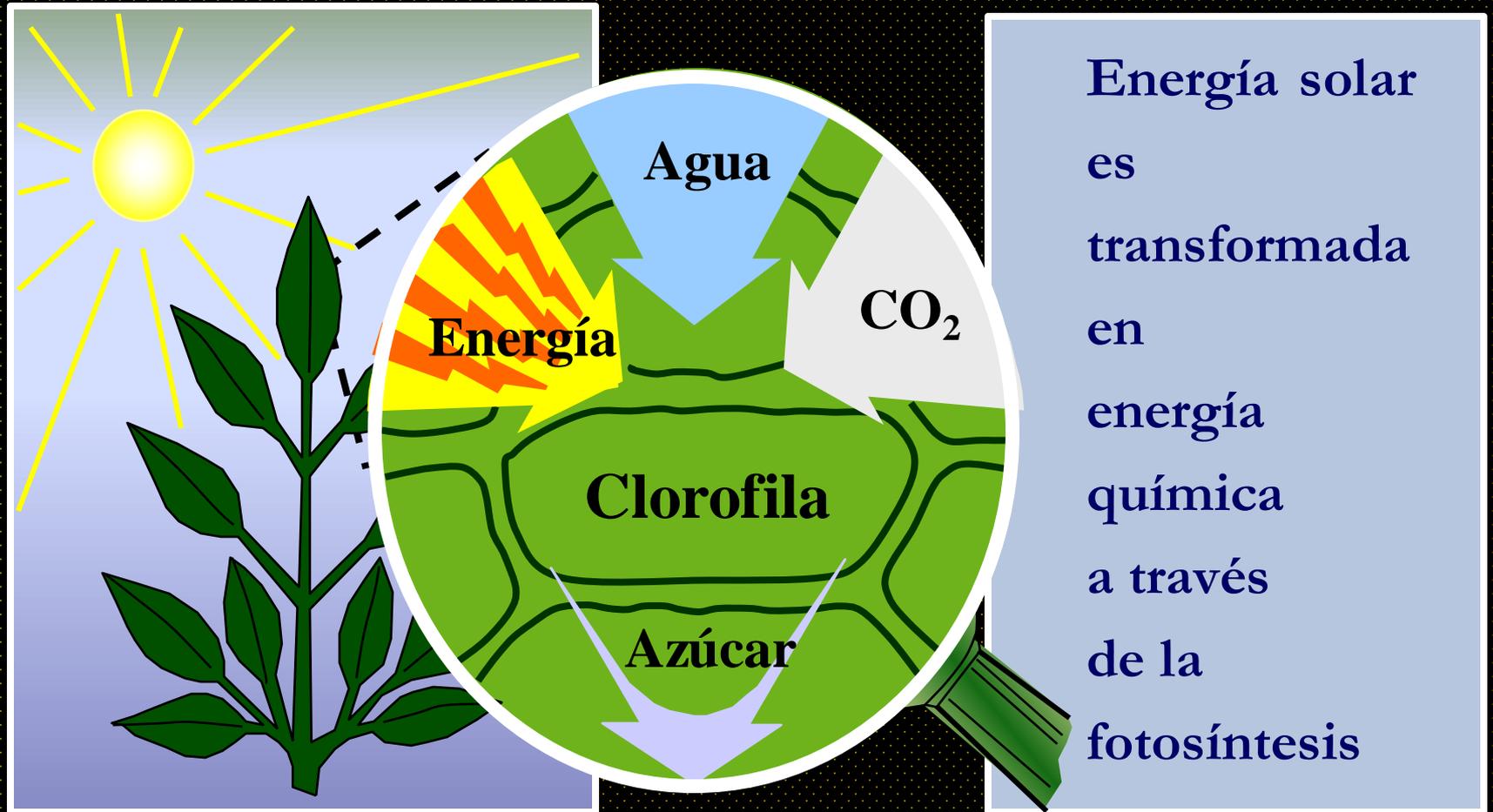
**NUTRIMENTOS
Y
NUTRICIÓN VEGETAL**

César Palacio Martínez

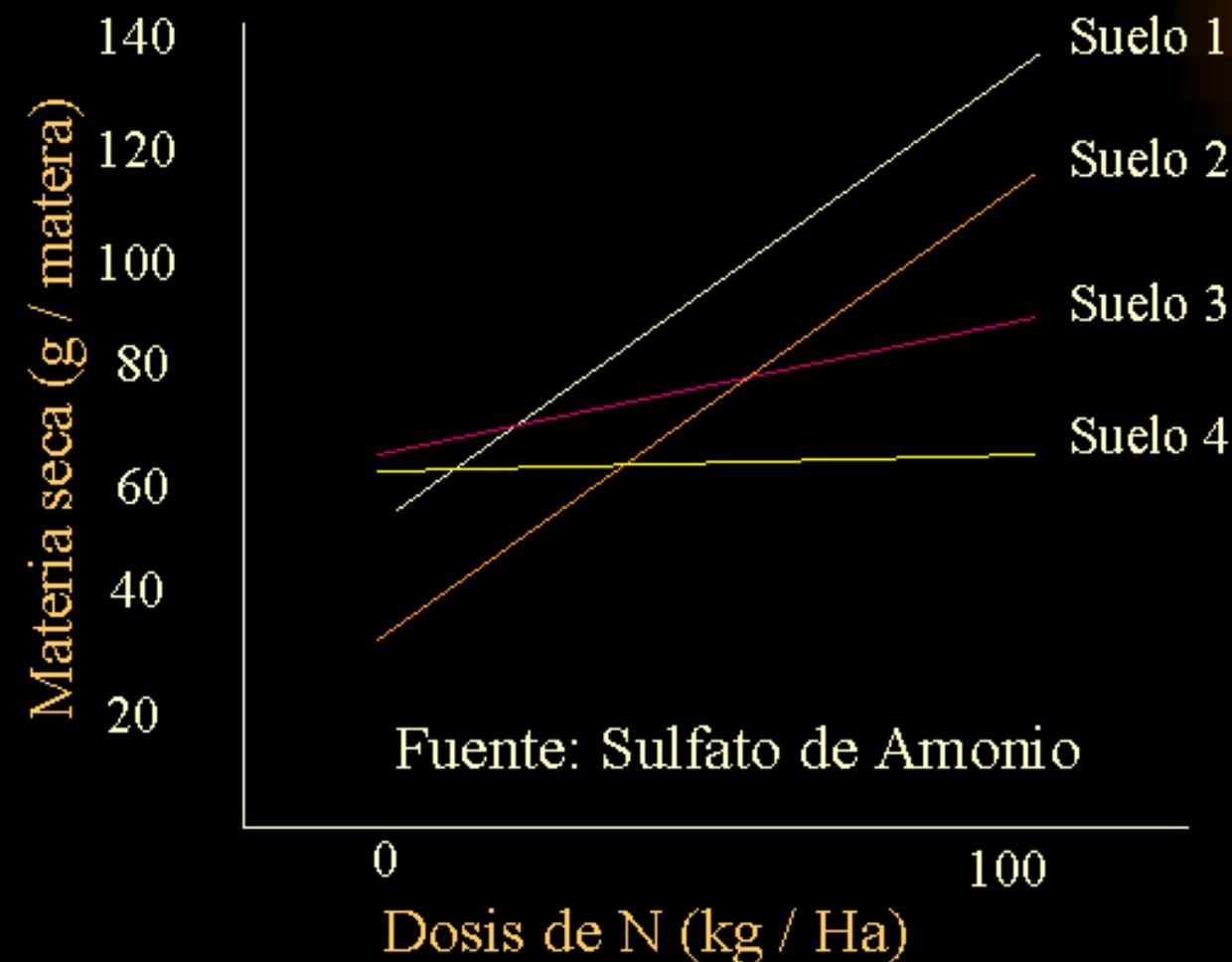
- **Introducción.**
 - **Aspectos generales.**
 - **Concepto de esencialidad.**
 - **Funciones generales.**
 - **Nutrimientos esenciales.**
 - **Conclusiones.**
-

- **Introducción.**
 - **Aspectos generales.**
 - **Concepto de esencialidad.**
 - **Funciones generales.**
 - **Nutrimientos esenciales.**
 - **Conclusiones.**
-

LAS PLANTAS CAPTAN ENERGIA DEL SOL



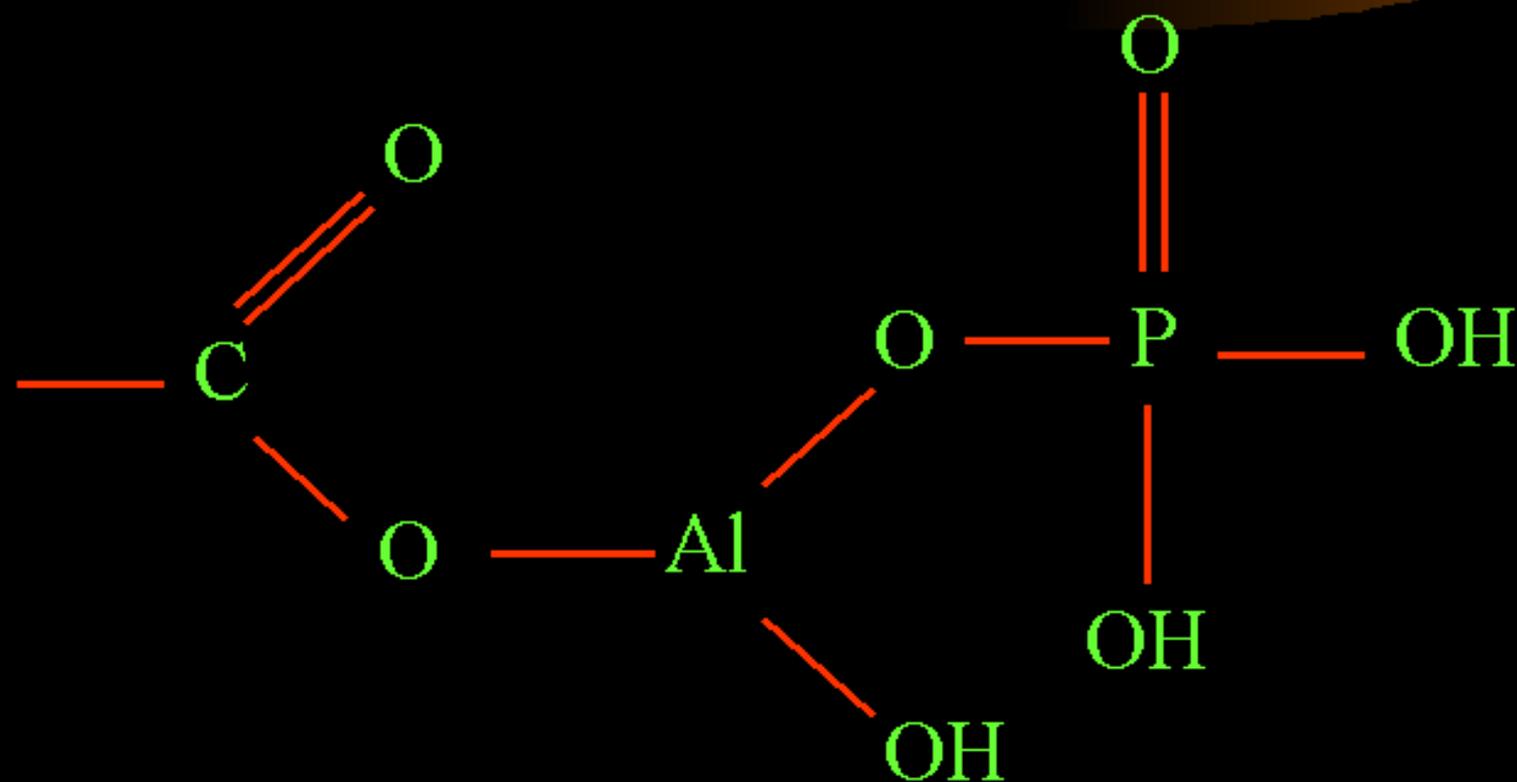
Efecto del tipo de Arcilla sobre la respuesta del arroz inundado (IR - 36) a la fertilización nitrogenada con Sulfato de Amonio
Según Bajwa, M. (1984)



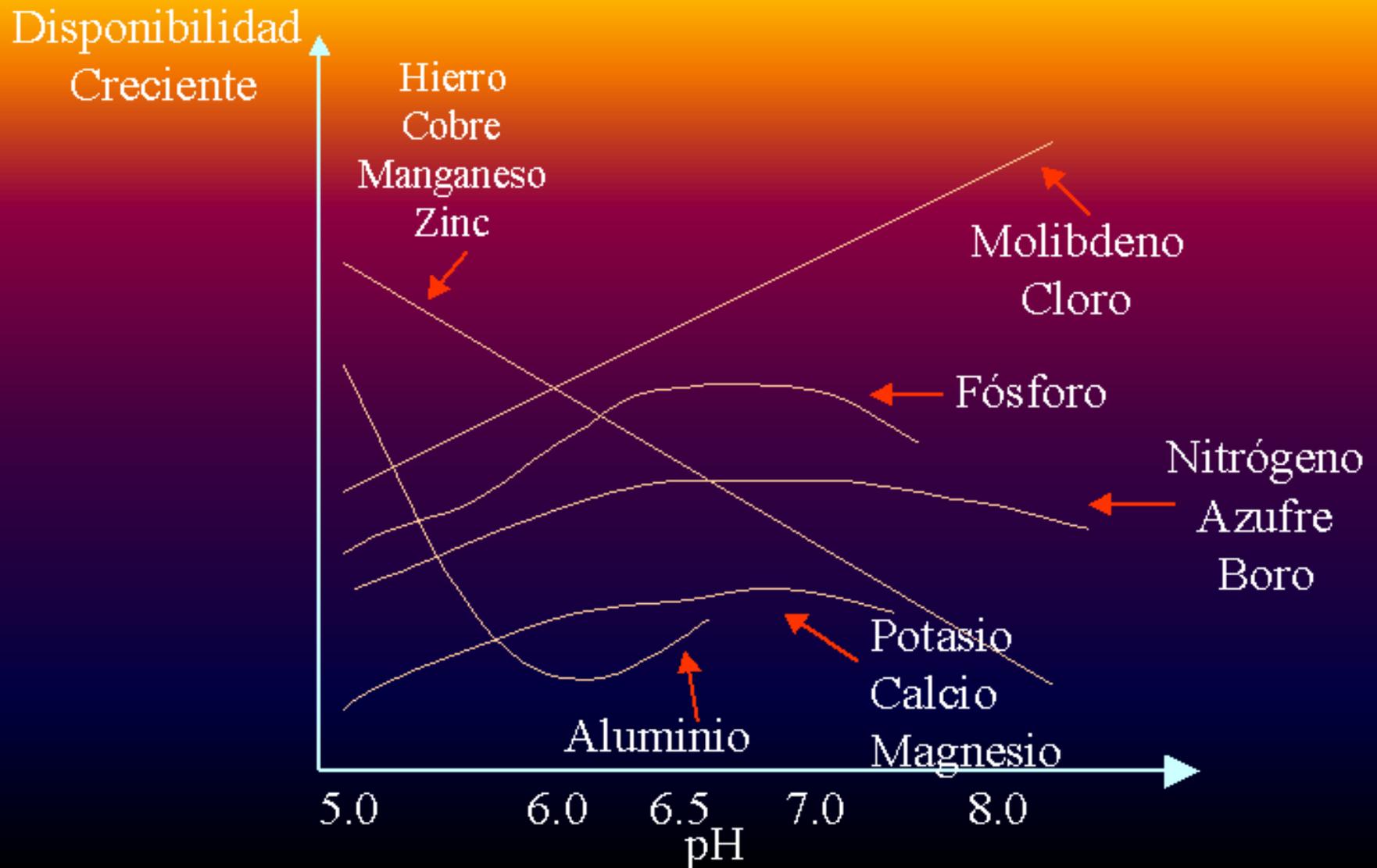
Tipo de Arcilla
1. Montmorillonita (68%)
2. Amorfa (60%)
3. Vermicalita (65%)
4. Beldelita (50%)

Suelo	Fijación NH_4^+
1	58
2	10
3	93
4	96

Representación esquemática de la fijación de P en la superficie de los complejos Humus - Al (Sollins, 1991)



Relación entre la disponibilidad de nutrientes y el pH del suelo



DEFICIENCIAS NUTRICIONALES EN SUELOS DE AMÉRICA LATINA TROPICAL *

Nutriente	Area cultivada deficiente (%)
Nitrógeno	90
Fósforo	85
Potasio	60
Azufre	55

() Según Malavolta y Paulino (1987)*



Ión

Definición: Átomo o molécula que pierde o gana electrones.

Aniones: Si adquieren carga negativa ganando electrones.

Cationes: Si adquieren carga positiva perdiendo electrones.

Cationes presentes en el suelo

En orden ascendente de magnitud de su carga:



Aniones presentes en el suelo

En orden ascendente de magnitud de su carga:



- **Introducción.**
 - **Aspectos generales.**
 - **Concepto de esencialidad.**
 - **Funciones generales.**
 - **Nutrimientos esenciales.**
 - **Conclusiones.**
-

Nutrientes - *E*sesencialidad

Nutrientes que cumplen funciones para la vida de la planta.

- 1. Que realice un efecto directo benéfico sobre la planta y no puede ser sustituido enteramente.**
- 2. En su ausencia la planta falla para completar su ciclo de vida (Semilla → Producción de semilla viable).**
- 3. Constituyente de un metabolito esencial, al menos ser requerido para la acción de una enzima esencial.**
- 4. Es esencial para todas las plantas superiores.**

Nutrientos - *E*sesencialidad

N

S

Mo

O

P

B

Fe

Cl

K

Zn

H

Ca

Cu

C

Mg

Mn

Ni

Nutrientos - **C**lasificaciones

Mayores:

N

P

K

Secundarios:

Mg

S

Ca

Menores:

Zn

Cu

Fe

B

Mn

Mo

Cl

Ni

Nutrimientos - *B*enéficos

Na

Sodio

Si

Silicio

Co

Cobalto

V

Vanadio

I

Yodo

Nutrientos - *O*tros

Se

Selenio

Cd

Cadmio

Cr

Cromo

Pb

Plomo

Hg

Mercurio

Al

Aluminio

- **Introducción.**
 - **Aspectos generales.**
 - **Concepto de esencialidad.**
 - **Funciones generales.**
 - **Nutrimientos esenciales.**
 - **Conclusiones.**
-

FUNCIONES GENERALES

- HACEN PARTE DE COMPUESTOS ORGÁNICOS ESENCIALES COMO aa, amidas, proteínas, ácidos nucleicos, etc:

N

P

S

FUNCIONES GENERALES

- **NECESARIOS PARA EL ALMACENAMIENTO DE ENERGÍA Y LA INTEGRIDAD ESTRUCTURAL:**

B

P

Si

Ca

Mg

FUNCIONES GENERALES

- PARTICIPAN EN LA REGULACIÓN DEL POTENCIAL HÍDRICO O AJUSTE OSMÓTICO DE LAS CÉLULAS:

K

Ca

Mg

Cl

Na

FUNCIONES GENERALES

- FORMAN PARTE DE ENZIMAS O SON ACTIVADORES ENZIMÁTICOS:

N

P

K

Ca

Mg

S

Fe

Mn

Cu

Zn

B

Mo

Cl

FUNCIONES GENERALES

- PARTICIPAN EN PROCESOS DE TRANSFERENCIA DE ELECTRONES:

Fe

Mn

Cu

Zn

Mo

Ni

FUNCIONES GENERALES

- **NECESARIOS PARA EL BALANCE ELECTROQUÍMICO DE LAS CÉLULAS:**

Principales cationes: K^+ Mg^{2+}

Ca^{2+} Na^+

Principales aniones: NO_3^- $H_2PO_4^-$

SO_4^{2-} Cl^-

- **Introducción.**
 - **Aspectos generales.**
 - **Concepto de esencialidad.**
 - **Funciones generales.**
 - **Nutrimentos esenciales.**
 - **Conclusiones.**
-

N
NITROGENO
N
N

FUNCIÓN DEL N EN LAS PLANTAS

- **Componente esencial de los aminoácidos que forman las proteínas.**
- **Necesario para la síntesis de clorofila.**
- * **Componente de vitaminas y sistemas energéticos.**

SÍNTOMAS DE DEFICIENCIA DE NITRÓGENO

- En general clorosis de h
ojas bajas
- Nutriente móvil dentro de la planta

Las deficiencias de N presentan los siguientes síntomas

- Crecimiento lento, plantas pequeñas.
- Menor macollamiento en cereales de grano pequeño y otras gramíneas.
- Bajo contenido de proteína, pocas hojas.
- Madurez precoz, limita el potencial de rendimiento.
- Mayor contenido de humedad en el grano de maíz a la cosecha.









Nitrógeno en café



- **Amarillamiento parejo, primero en las hojas viejas. Base de la rama y se va extendiendo hacia la punta de aquella.**
- **Se caen las hojas viejas de la rama.**
- **Frutos amarillos, crecen poco y se caen con facilidad.**

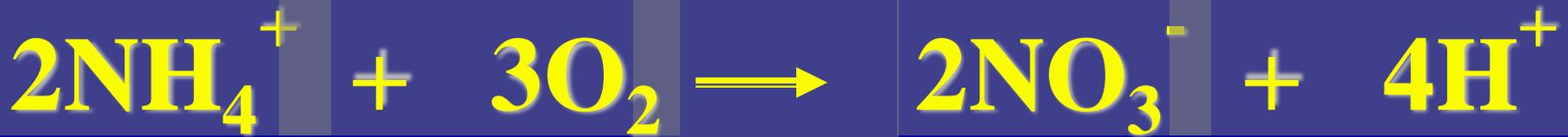


EL NITROGENO ES MU Y DINAMICO

- ▣ **Nitrificación**
- ▣ **Denitrificación**
- ▣ **Volatilización**

NITRIFICACION

microorganismos



amonio

oxígeno

nitrato

hidrógeno

DENITRIFICACION

Microorganismos

Ausencia de oxígeno



Nitrato



Nitrito



Oxido nítrico



Oxido nítrico



Oxido nitroso



Nitrógeno elemental

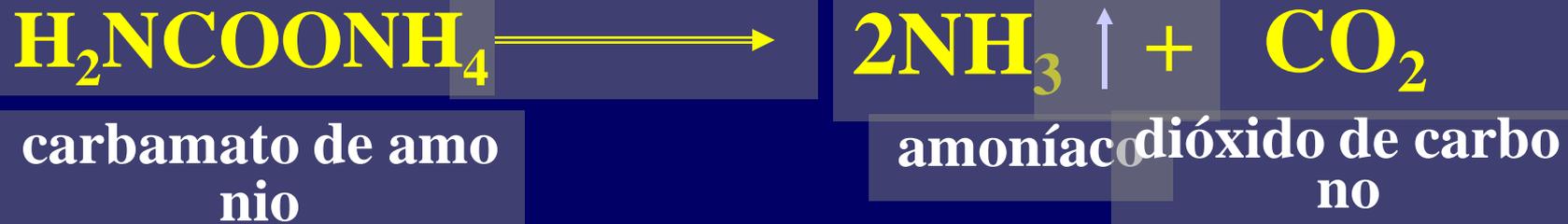


NITRIFICACION

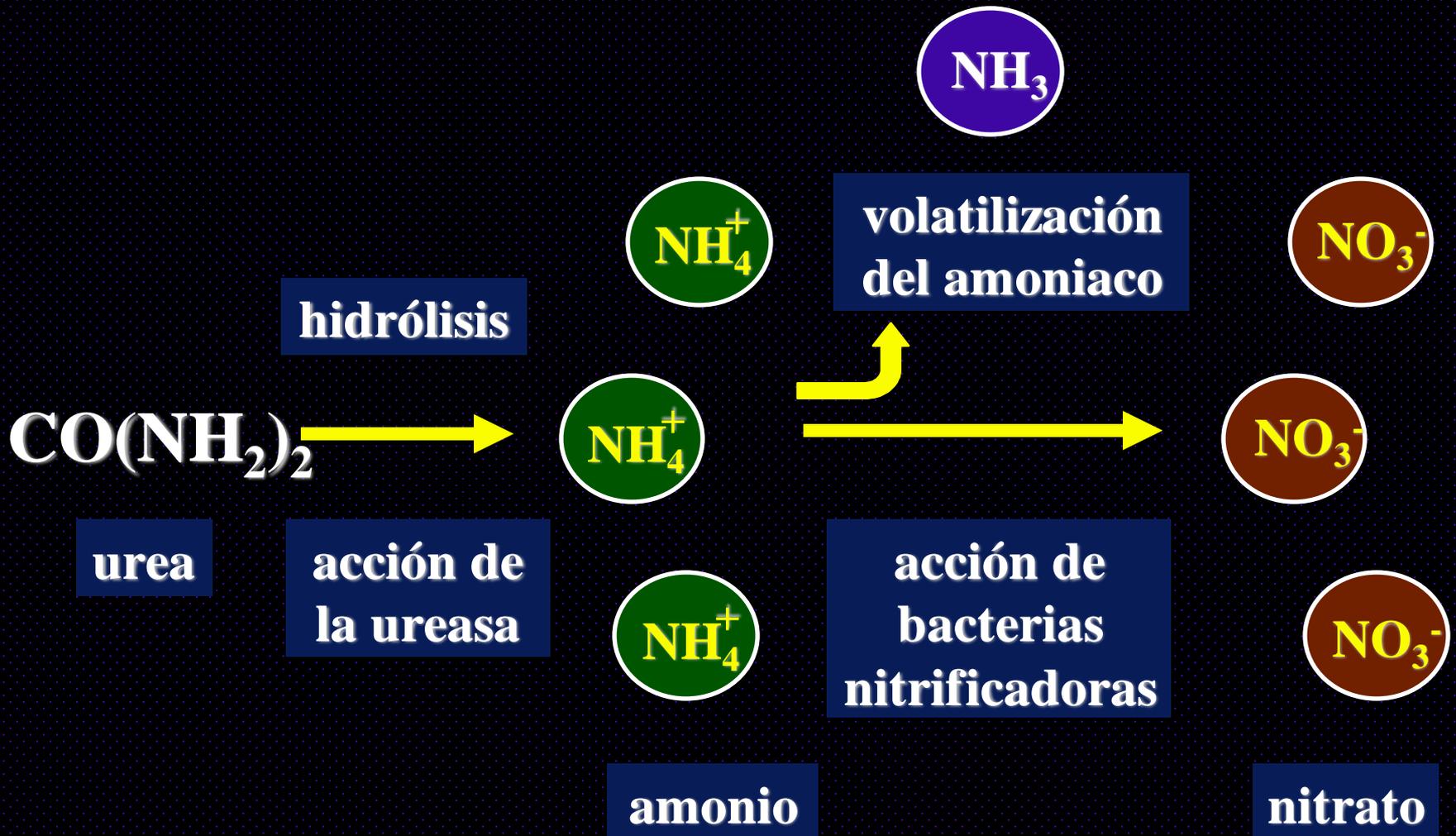


DENITRIFICACION

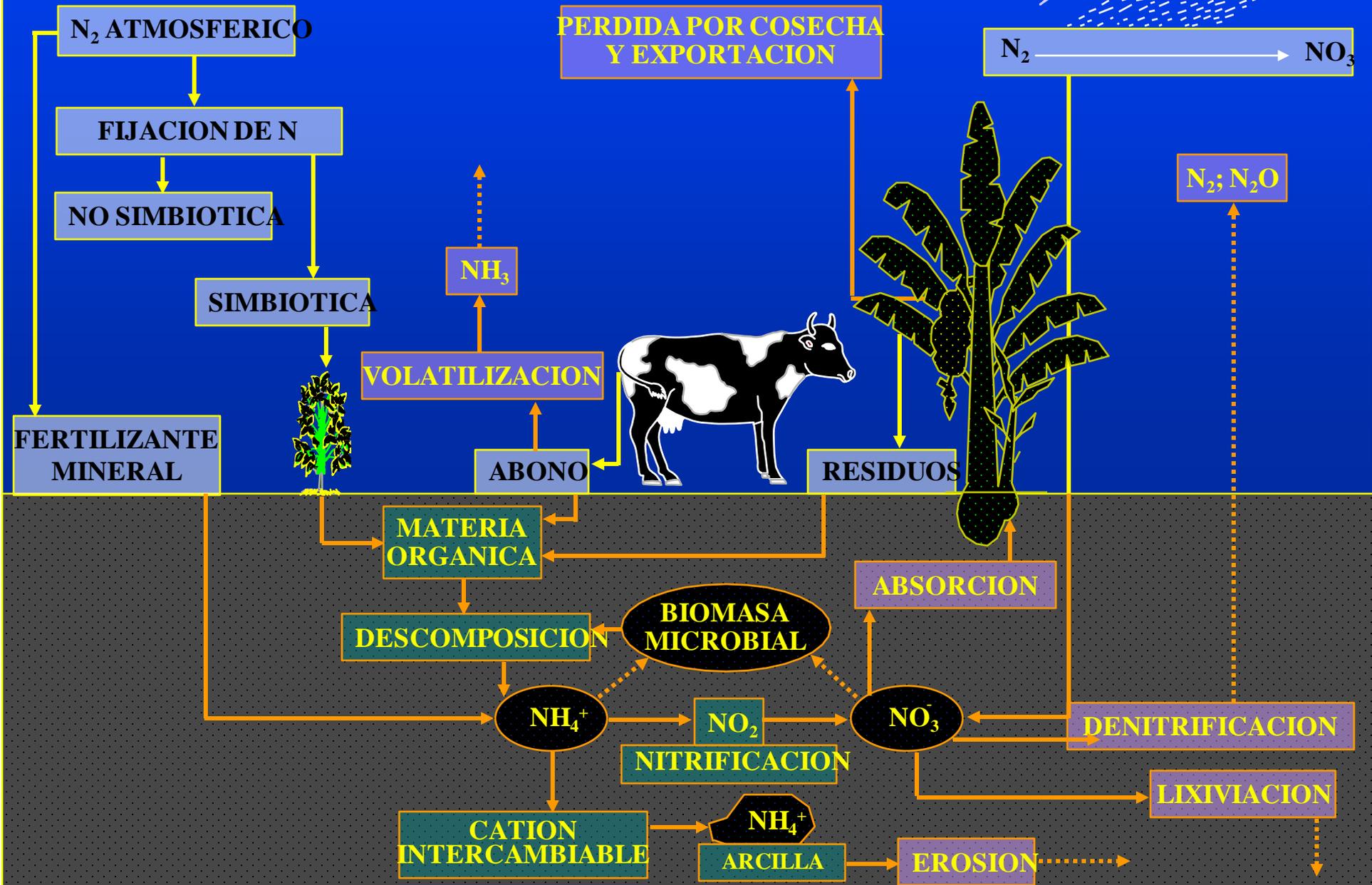
REACCIONES DE LA UREA



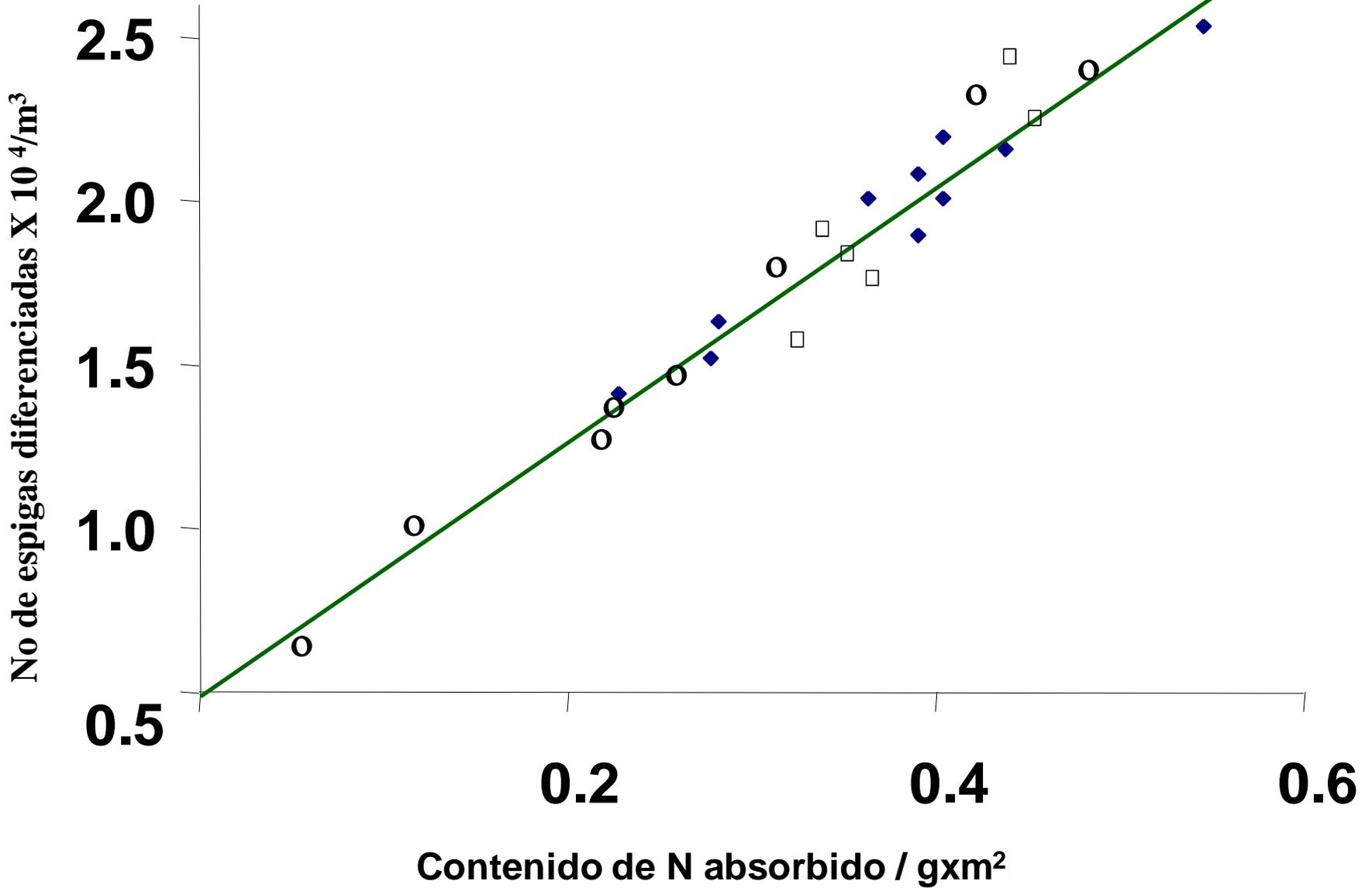
TRANSFORMACIONES DE LA UREA A EN EL SUELO



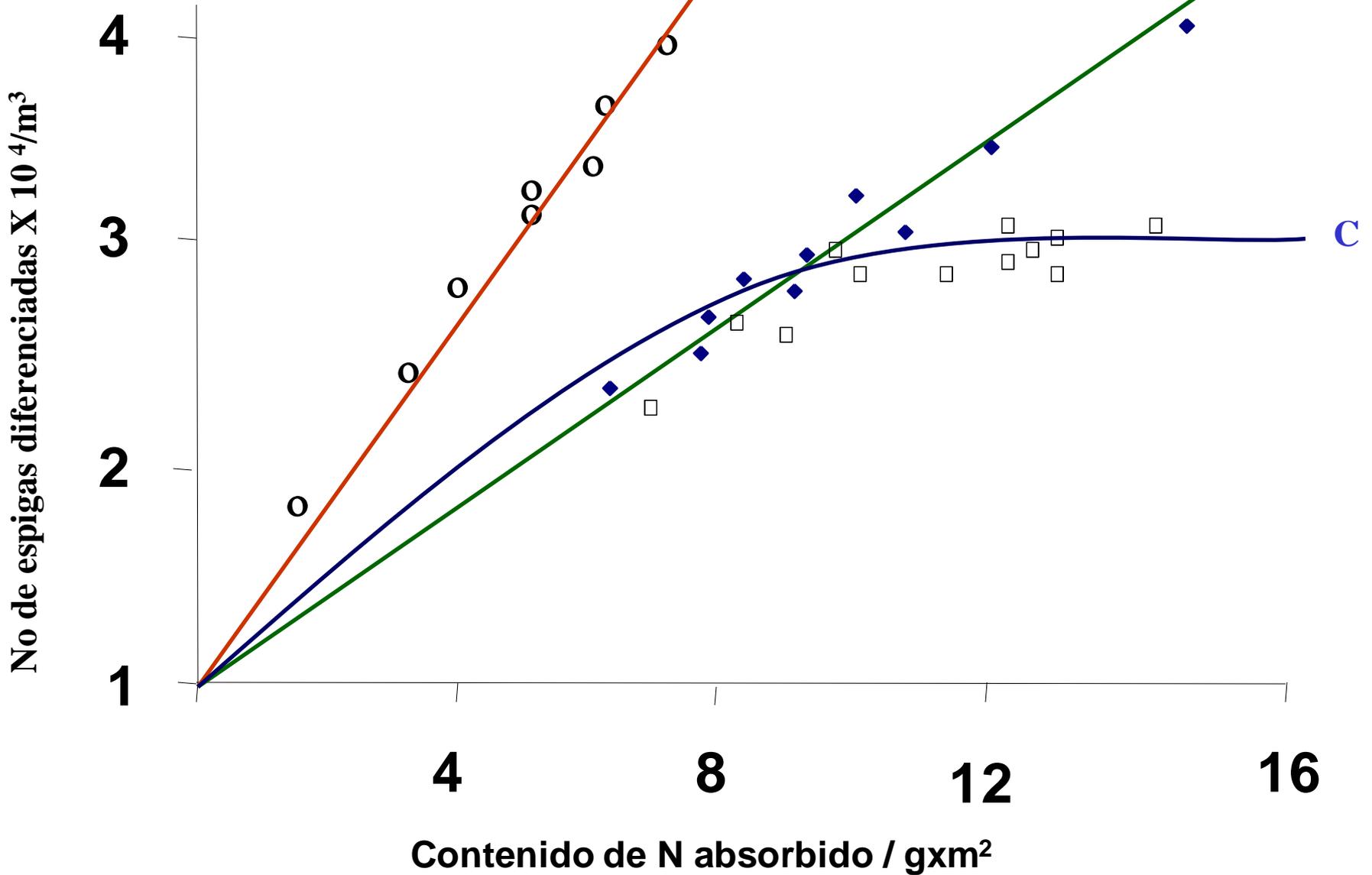
Ciclo del nitrógeno



A arroz (N 17-18 d antes de floración / No espigas Diferenciadas)



A rroz (Nitrógeno / No espigas Diferenciadas, según localidad)

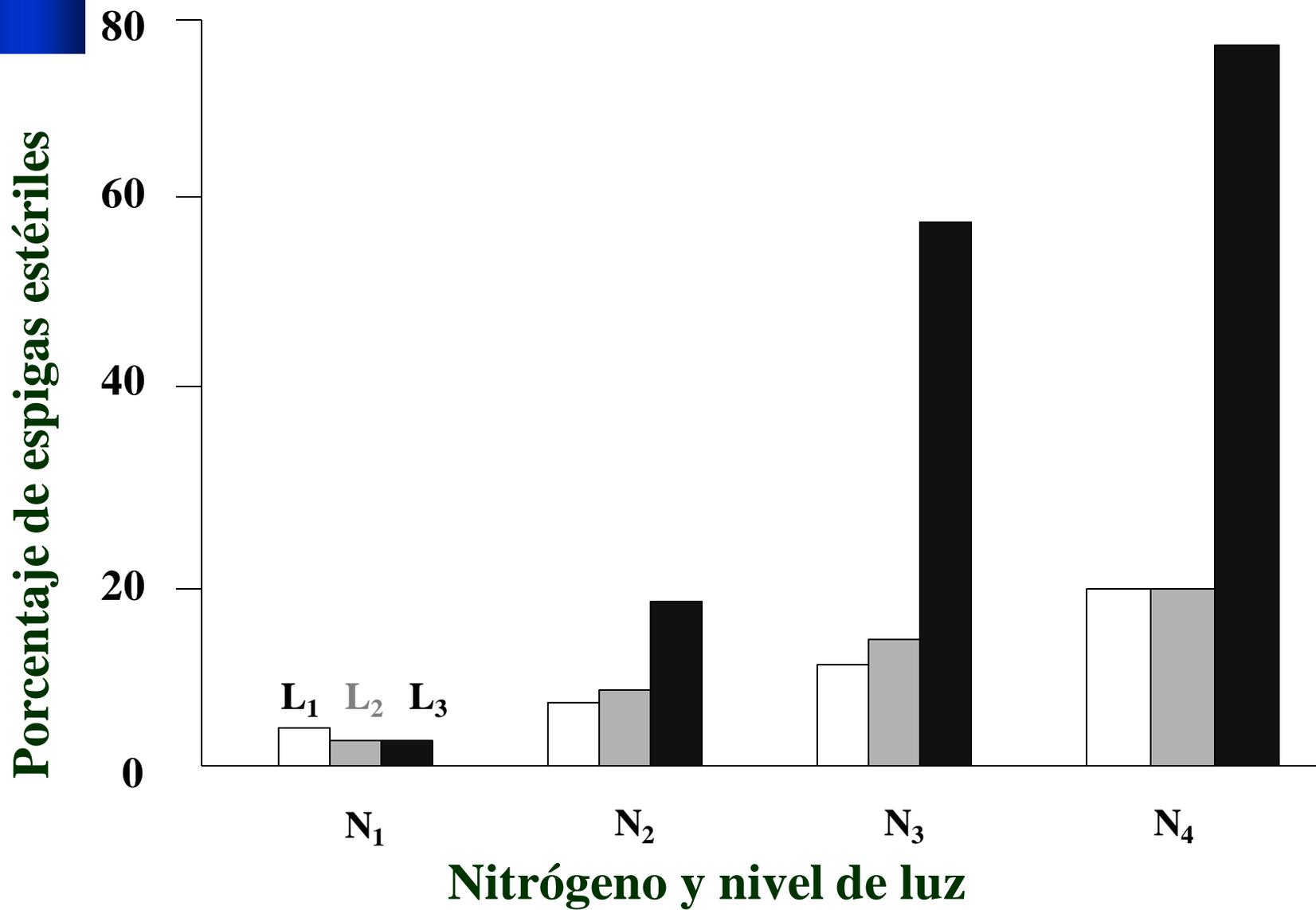


A rroz (Nitrógeno / No espigas Diferenciadas, según localidad)

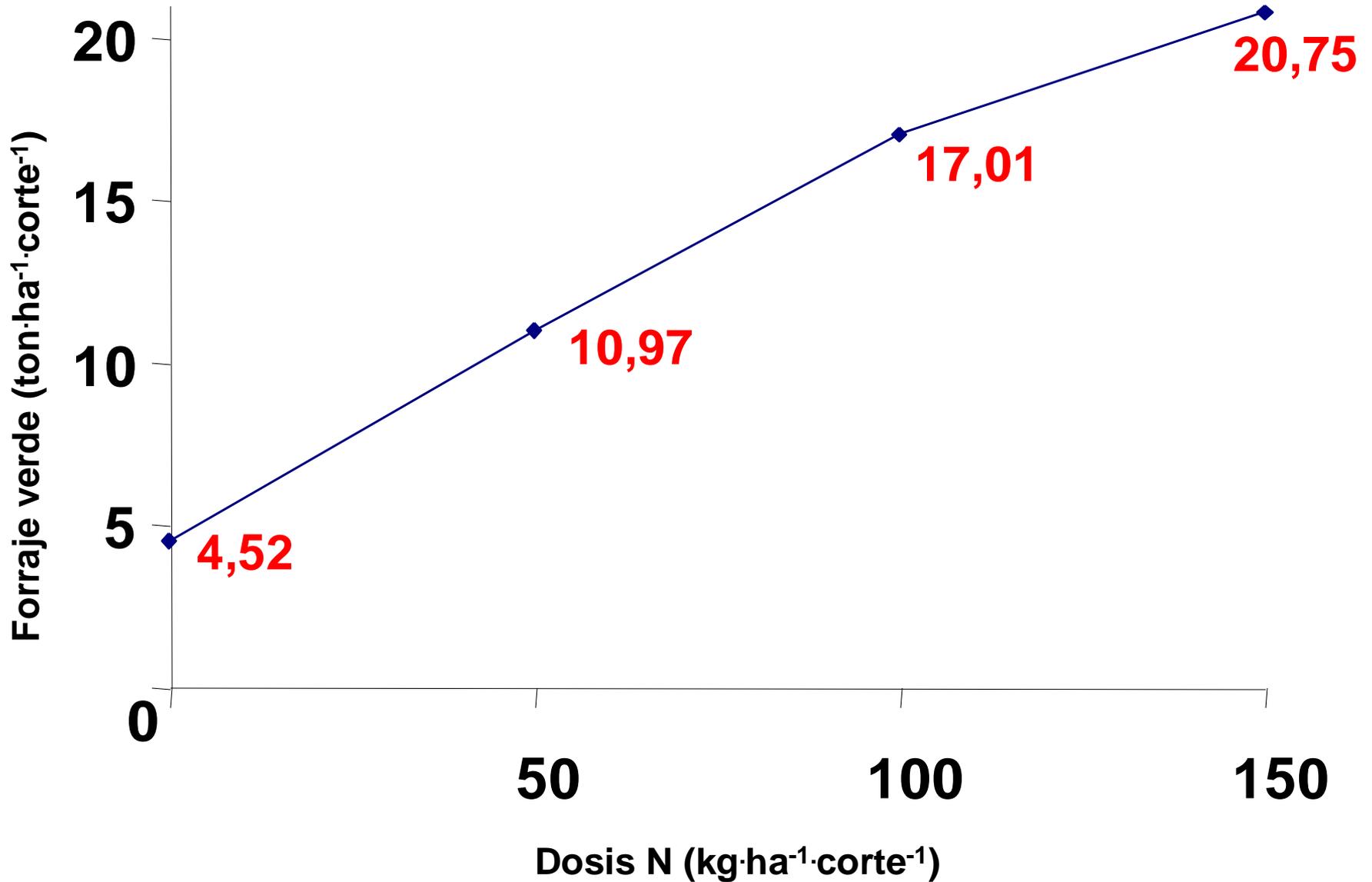
- **A un mismo nivel de nitrógeno, las plantas del norte formaron más espigas.**
- **Las plantas del Norte contienen más nitrógeno y pasan su etapa de iniciación de espigas bajo temperaturas más bajas que las del Sur.**
- **En las plantas del Sur tienden a tener una mayor área de hojas y menor número de espigas.**

N

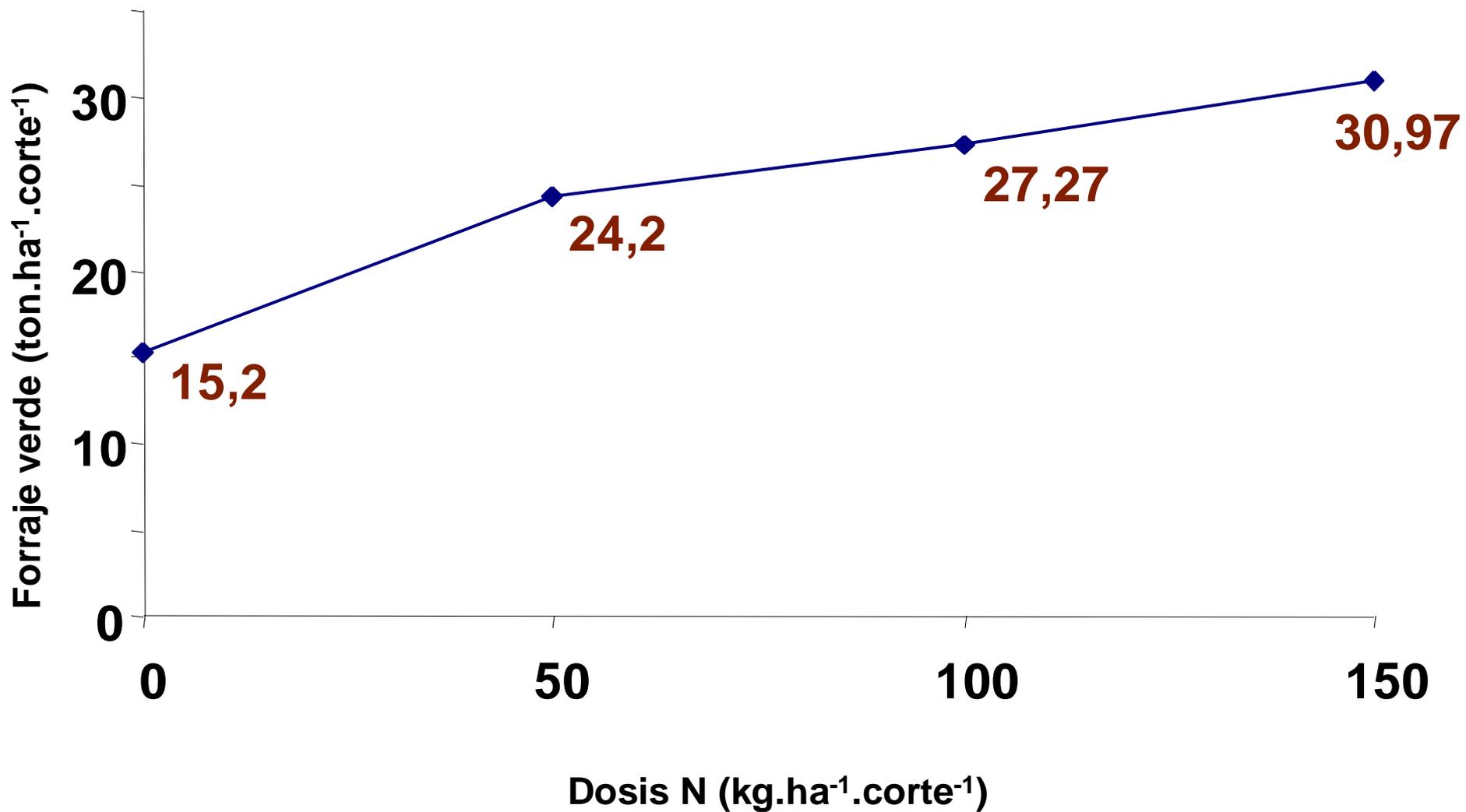
Nitrógeno - Luz - Esterilidad de espigas en arroz



Respuesta de Azul Orchero a la fertilización con N (1968)



Respuesta de Raigrás anual a la fertilización con N (1968)



M

orfología del arroz en relación al nitrógeno

La longitud y la fortaleza del tallo son factores importantes en la resistencia al volcamiento y son muy sensibles a la disponibilidad de nitrógeno.

Hojas cortas, rectas y de medio ancho están asociadas con una gran capacidad de rendimiento y sensibilidad al nitrógeno.



M

orfología del arroz en relación al nitrógeno

Los niveles de nitrógeno en el suelo influyen en el número de panículas por metro cuadrado y en un grado menor, el número de espiguillas por panícula y el número de granos formados.

Unas variedades responden más a las aplicaciones de nitrógeno que otras.



FÓSFORO

Papel del P en las plantas

- **Fotosíntesis y respiración.**
- **Transferencia y almacenamiento de energía (ATP).**
- **División y alargamiento celular.**
- **Transferencia de características hereditarias.**
- **Formación de la semilla.**
- **Resistencia a bajas temperaturas.**

SÍNTOMAS DE DEFICIENCIA DE FÓSFORO

- **P elemento móvil de la planta.**
- **Se mueve fácilmente de tejido viejo o a tejido joven.**
- **Las deficiencias aparecen en las partes bajas de la planta.**

SÍNTOMAS DE DEFICIENCIA DE FÓSFORO

- **El primer signo es crecimiento lento.**
- **En algunos cultivos como el maíz aparece un color púrpura asociado con acumulación de azúcares.**
- **La deficiencia retrasa la madurez.**
- **Síntomas usualmente difíciles de observar en algunos cultivos.**

Deficiencia de P

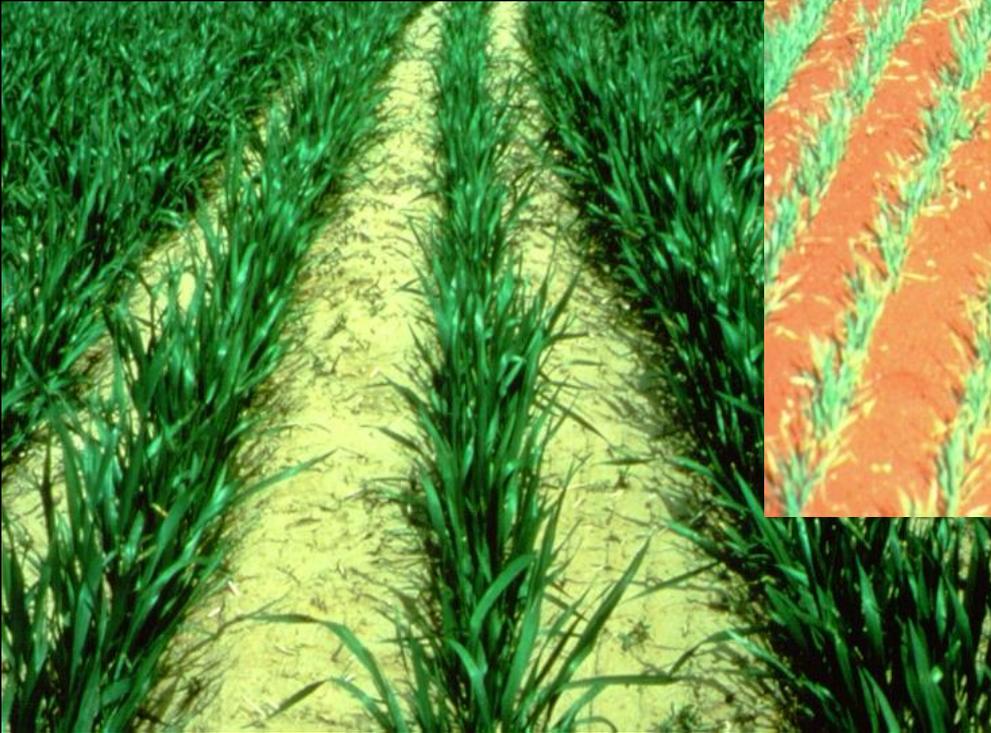


Color púrpura en las hojas y tallos



Respuesta del arroz al P

Deficiencia de P



Crecimiento muy lento

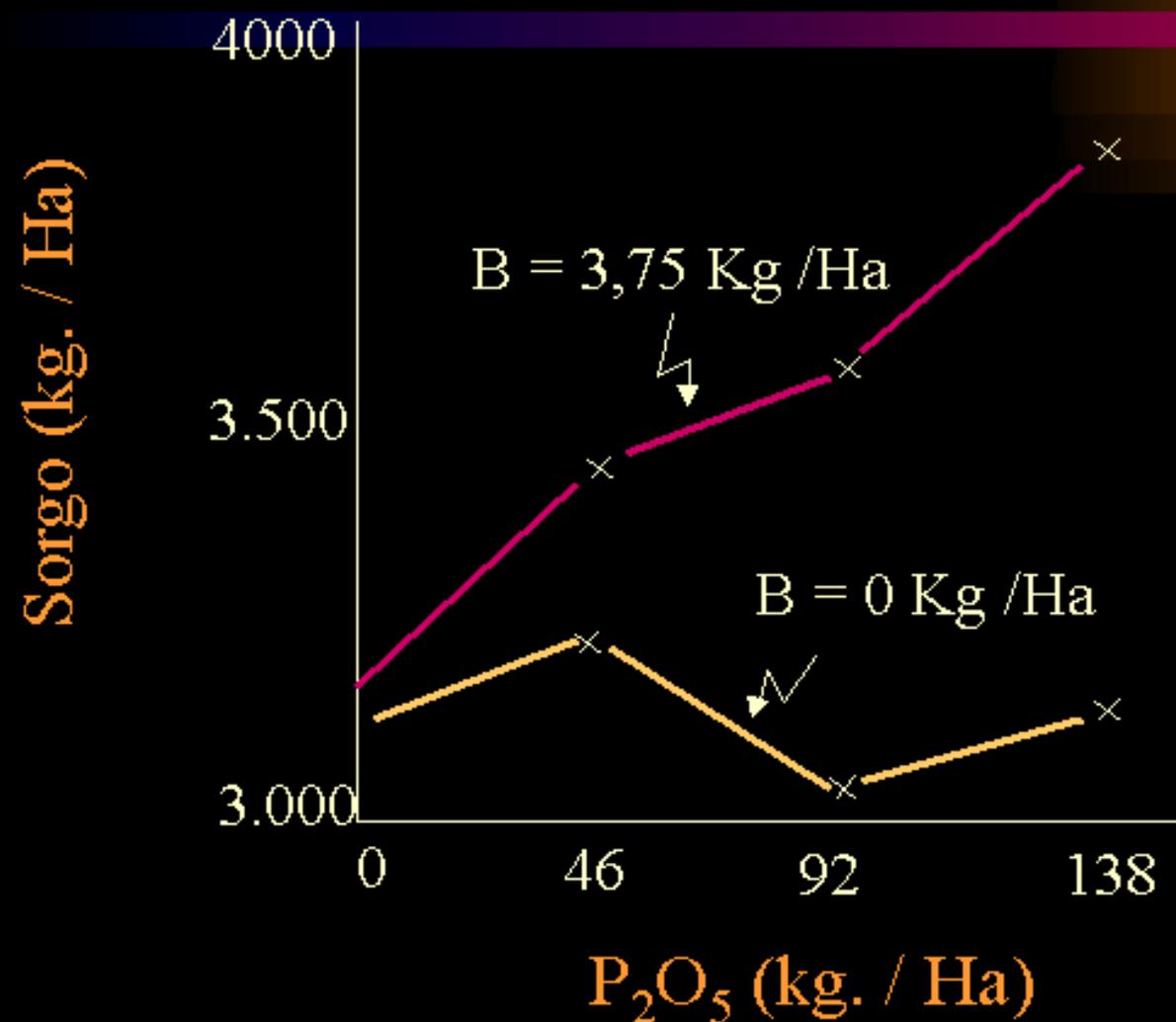
Generalmente Hojas viejas

**Fósforo en
café**



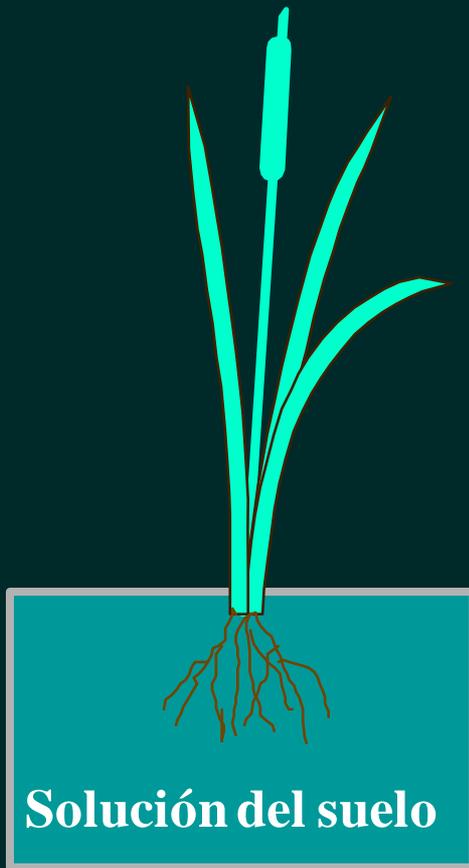
- **Hojas con manchas amarillas en las cuales hay coloraciones rojas.**
- **Casos severos: caída total de las hojas de las ramas que tienen frutos en maduración.**

Respuesta del Sorgo al Fósforo y al boro. Serie Guadualito, Palmira (V)



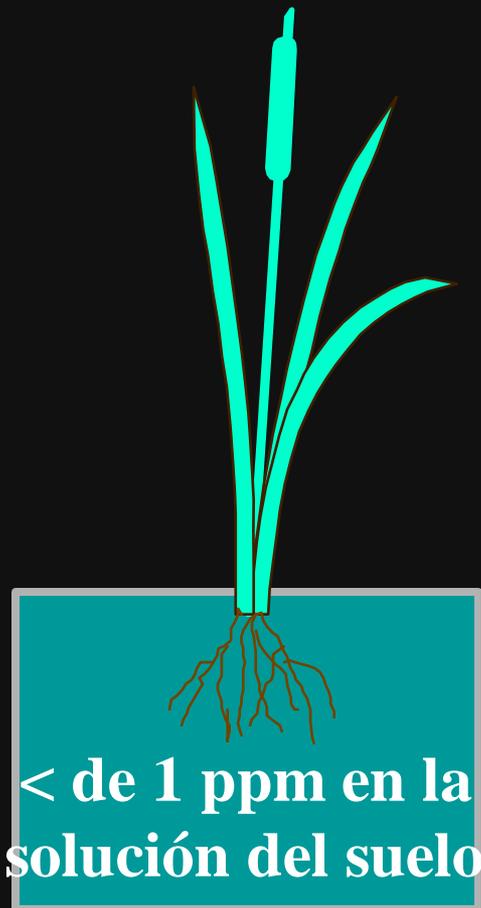
Según Ramírez (1984)

Las plantas toman el P de la solución del suelo en forma de ortofosfatos



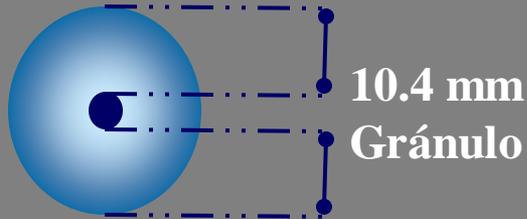
- Ortofosfato primario H_2PO_4^-
- Ortofosfato secundario $\text{HPO}_4^{=}$

Absorción de P por las plantas

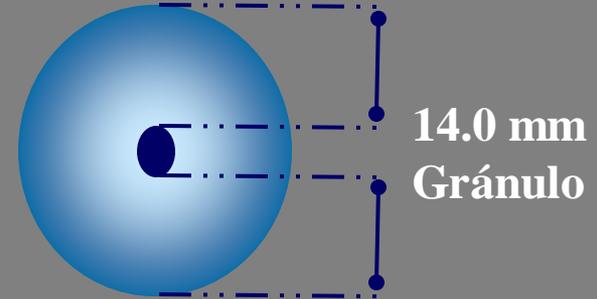


- **P en la solución ...**
 - **Debe reponerse muchas veces durante el ciclo del cultivo.**
- **Esta reposición es la base de una buena nutrición con P.**

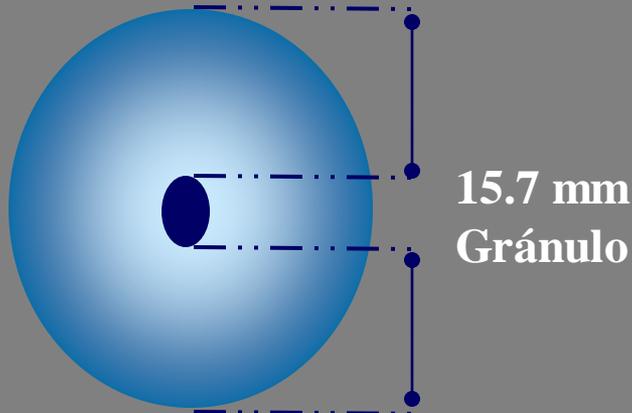
Difusión de un gránulo de superfosfato triple en suelo húmedo



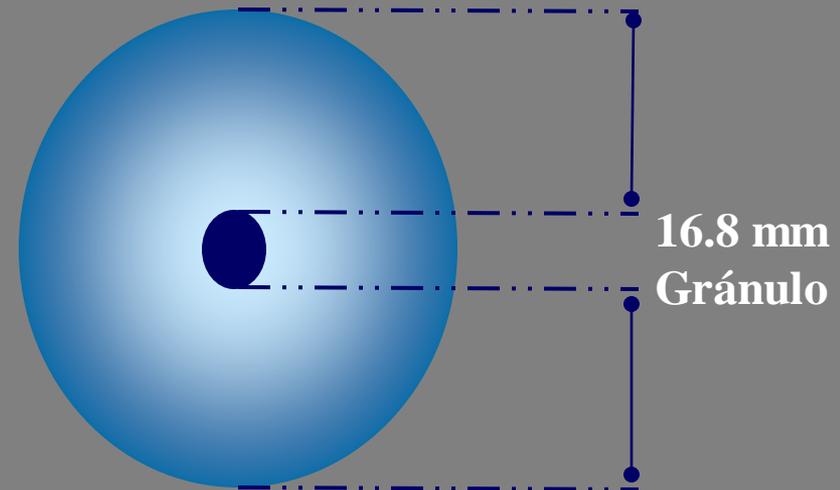
2 días de aplicado



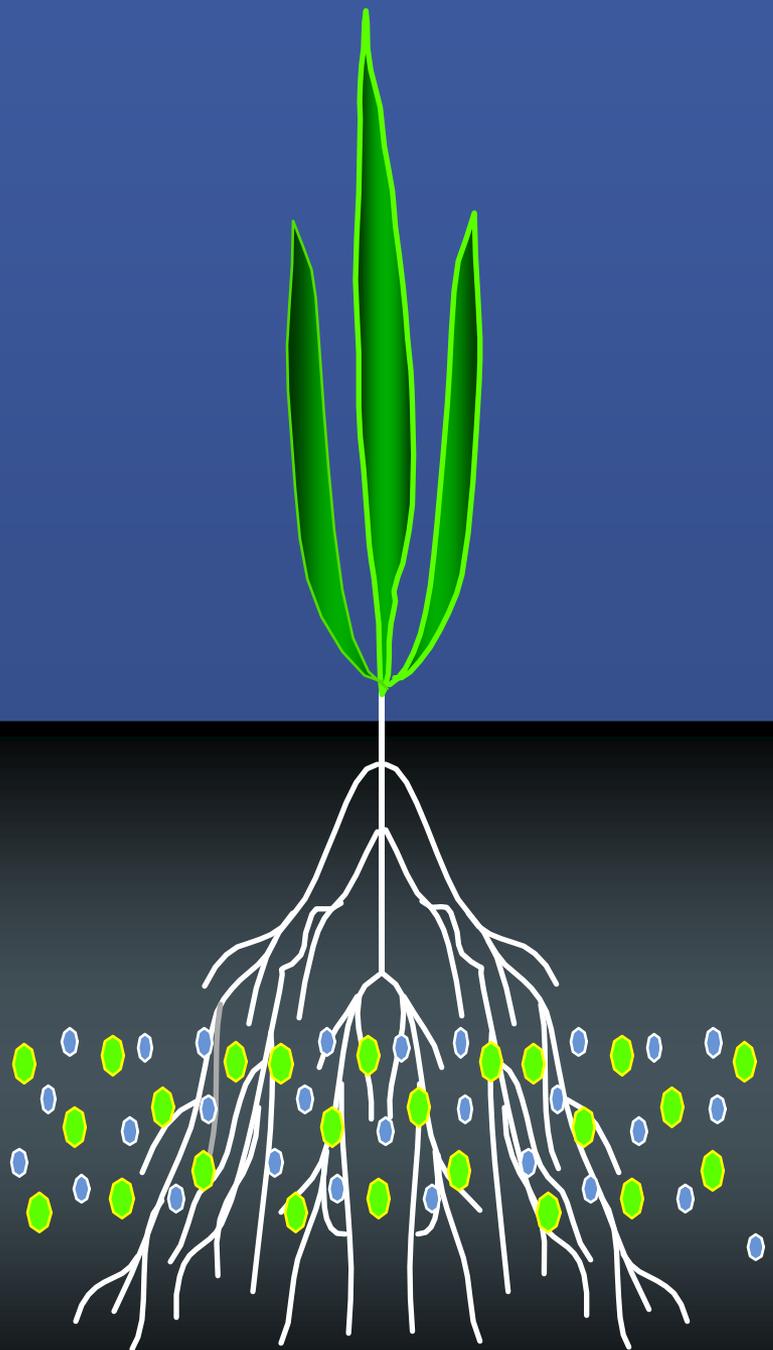
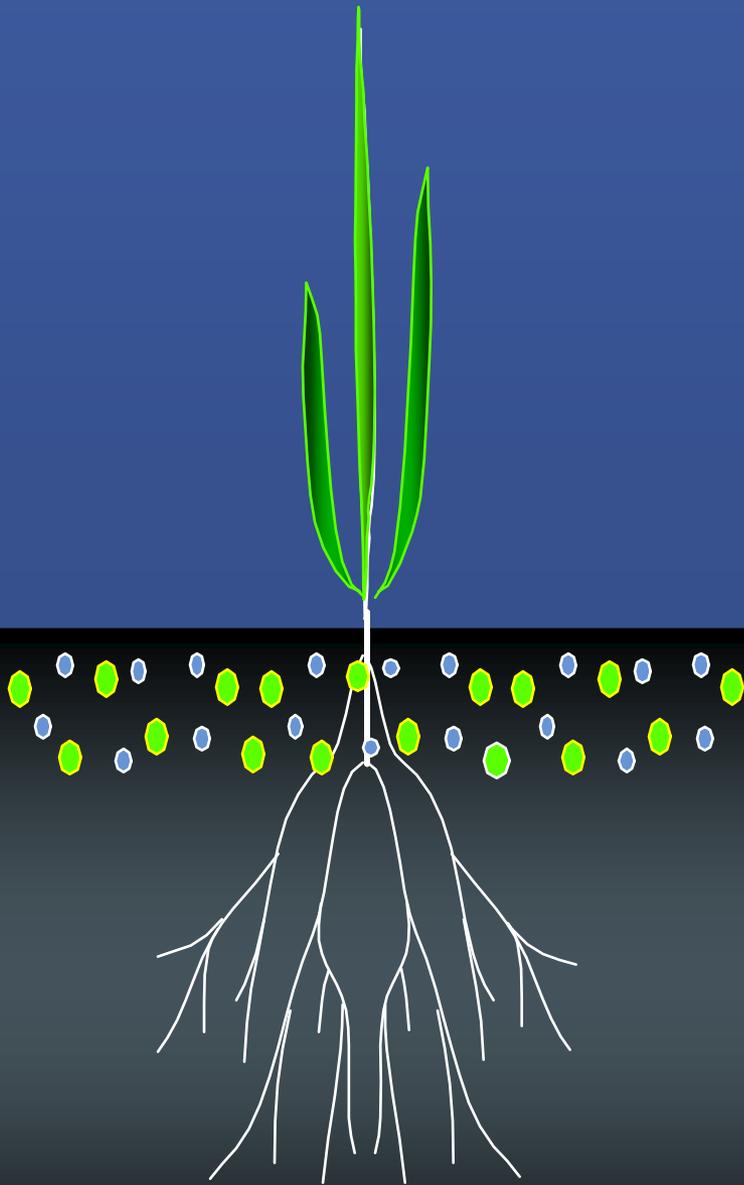
7 días de aplicado



14 días de aplicado



28 días de aplicado





20 BR vs 20 B

Voleo

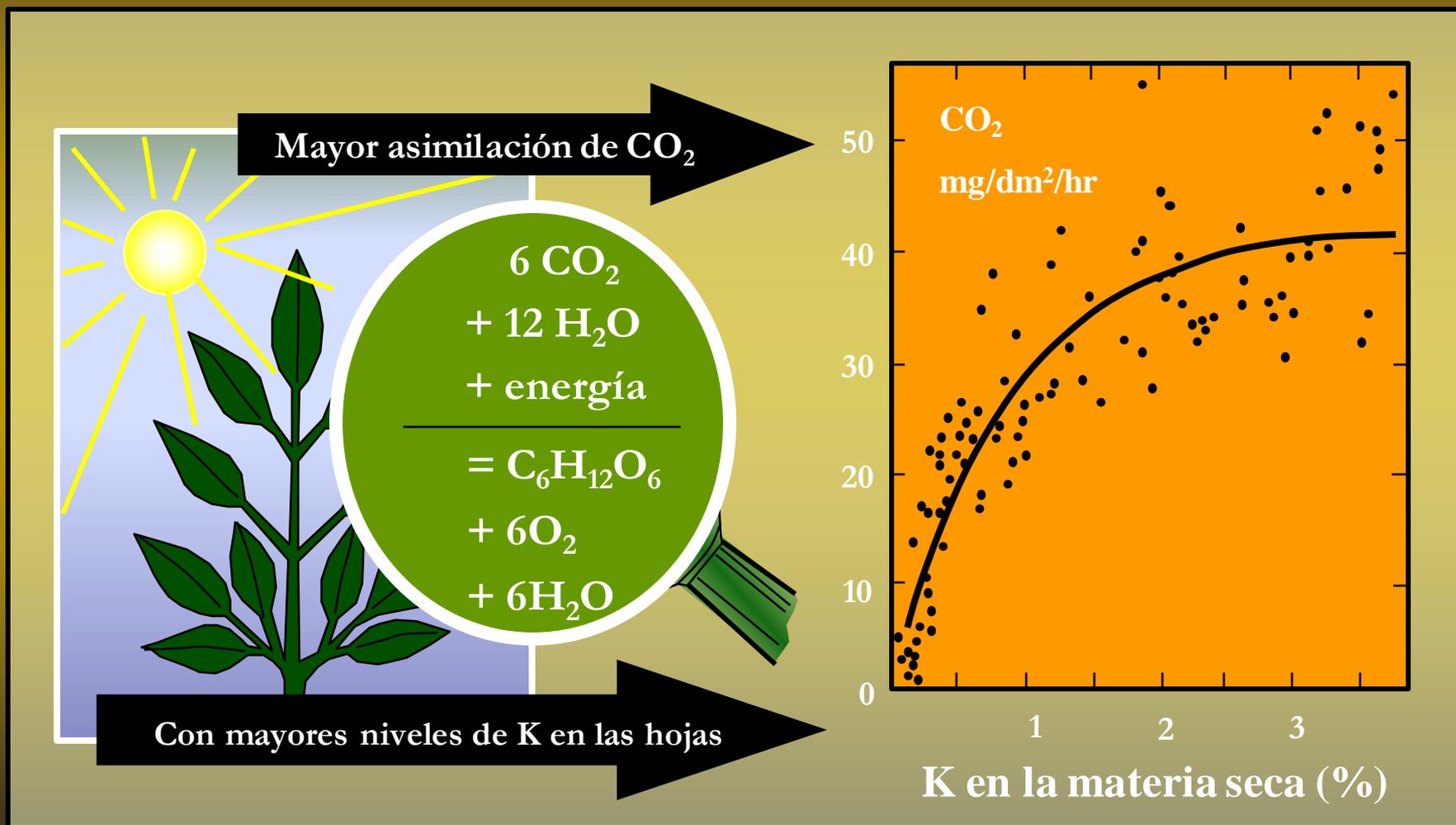
Banda

POTASIO

Funciones del K en las plantas

- **Absorbido por las plantas como K^+ .**
- **No forma compuestos orgánicos dentro de la planta.**
- **Es vital para la fotosíntesis y síntesis de proteínas.**
- **Está asociado con otras funciones metabólicas.**

EL POTASIO FOMENTA LA FOTOSÍNTESIS

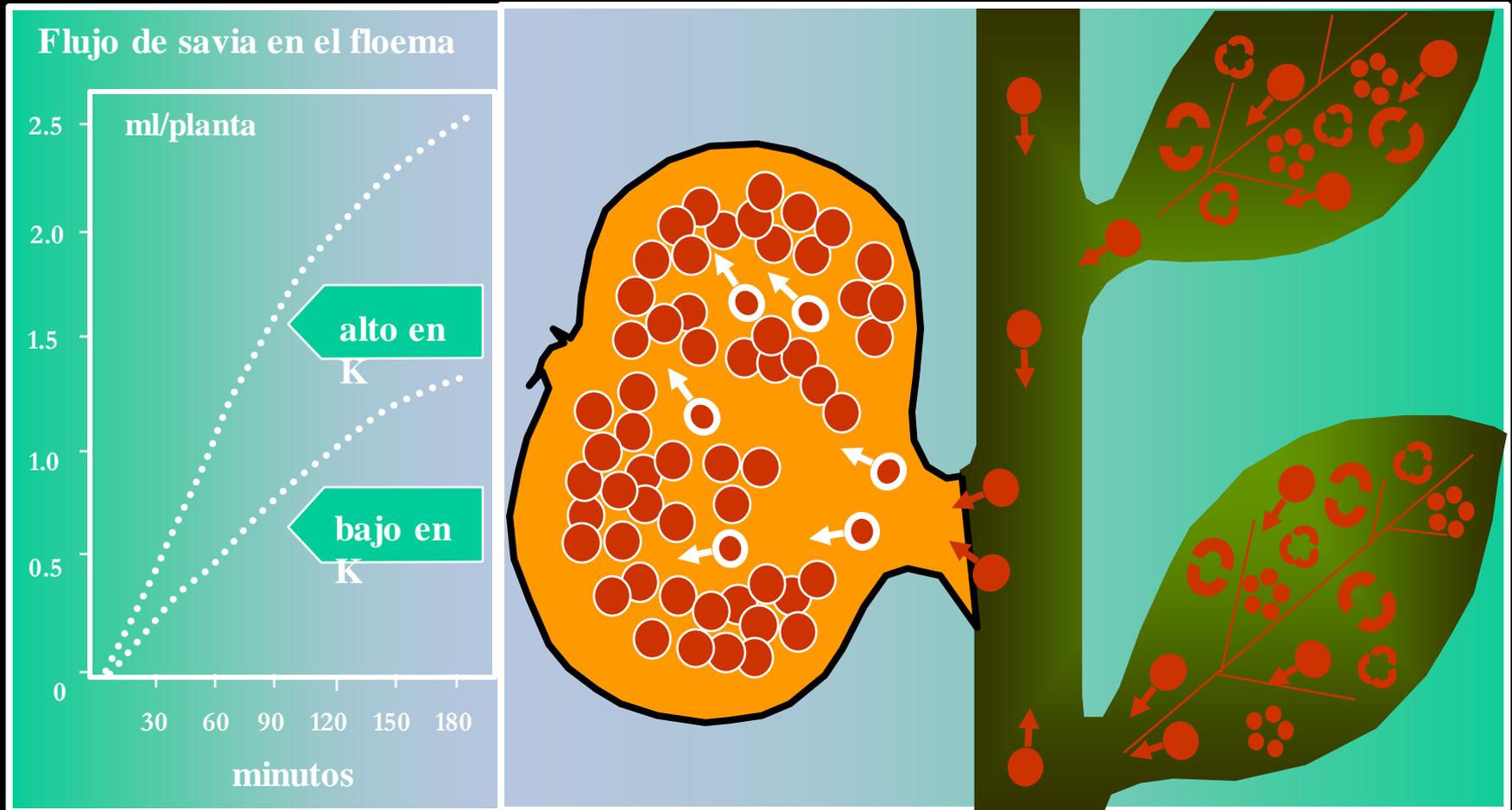


Funciones del K en las plantas

Síntesis de almidones

- **El K activa la enzima que regula síntesis de almidones.**
 - *Con la deficiencia de K declinan los niveles de almidones y se acumulan los de carbohidratos solubles y N.*
 - *Con alto K los almidones se mueven eficientemente de las zonas de formación a los órganos de almacenamiento.*

El potasio acelera el flujo de productos asimilados



Funciones del K en las plantas

Resistencia a enfermedades

- \uparrow de N, \downarrow de K, o su Σ : **reducen la resistencia de los cultivos a las enfermedades.**
- **La adecuada nutrición con K incrementa la resistencia a muchas y variadas enfermedades.**

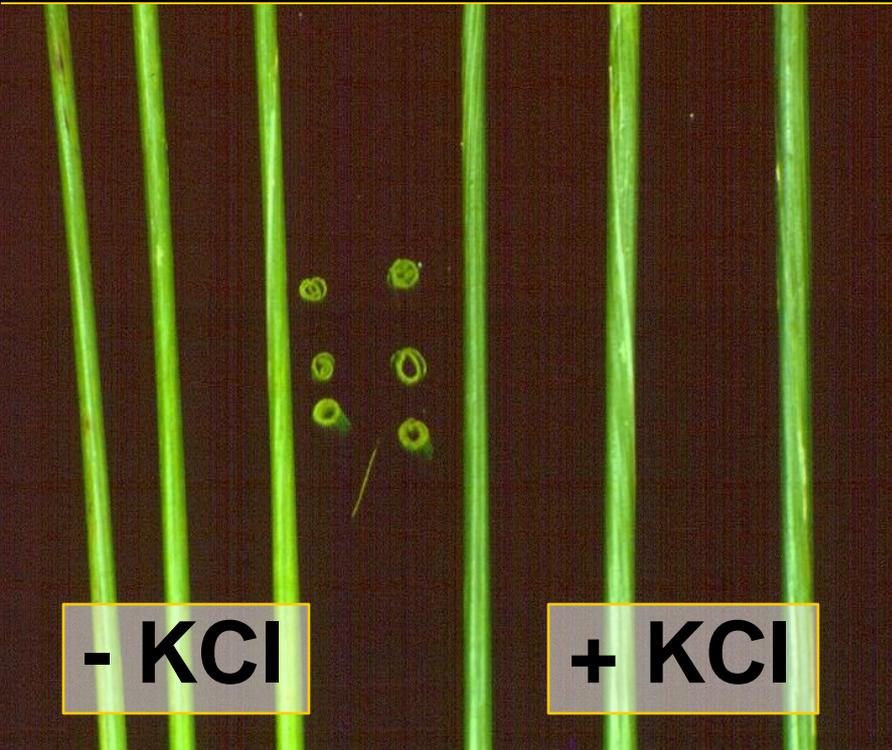
Funciones del K en las plantas

Resistencia del tallo

- Incrementos el grosor y resistencia de los tallos en los cereales.



Tallos débiles y volcamiento.



- KCl

+ KCl

Síntomas de deficiencia de K

- **Hambre escondida...** limita el crecimiento antes que el cultivo presente síntomas visuales de deficiencia.
- **Primeros síntomas:**
 - **Clorosis y quemados de las puntas y filos de las hojas.**
 - **Aparece primero en las hojas viejas.**

Síntomas de deficiencia de K

- **Otros síntomas:**

- **Las plantas crecen en forma lenta y poco uniforme.**
- **Raíces poco desarrolladas, tallos débiles, semillas arrugadas, menor tolerancia a las enfermedades.**



Deficiencia de K en maíz



Quemado de los fillos de las hojas viejas

Potasio en café



- **Amarillamiento que luego se vuelve de color pardo oscuro.**
- **Casos severos: mueren las partes de las hojas donde había manchas, quedan de color gris y se produce pérdida de hojas**

Deficiencia de K en solanáceas.

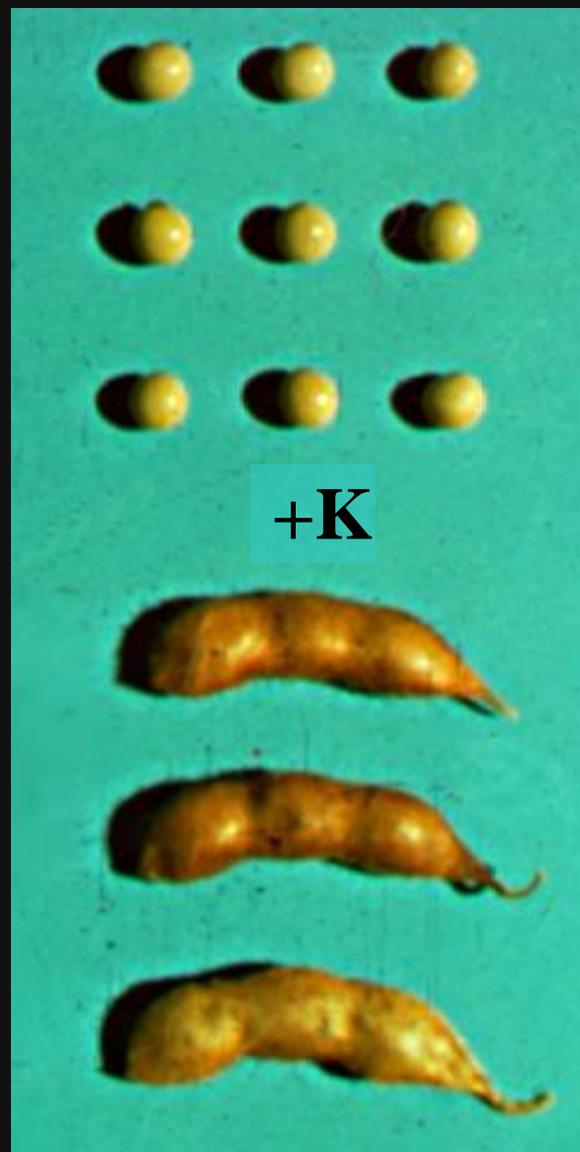
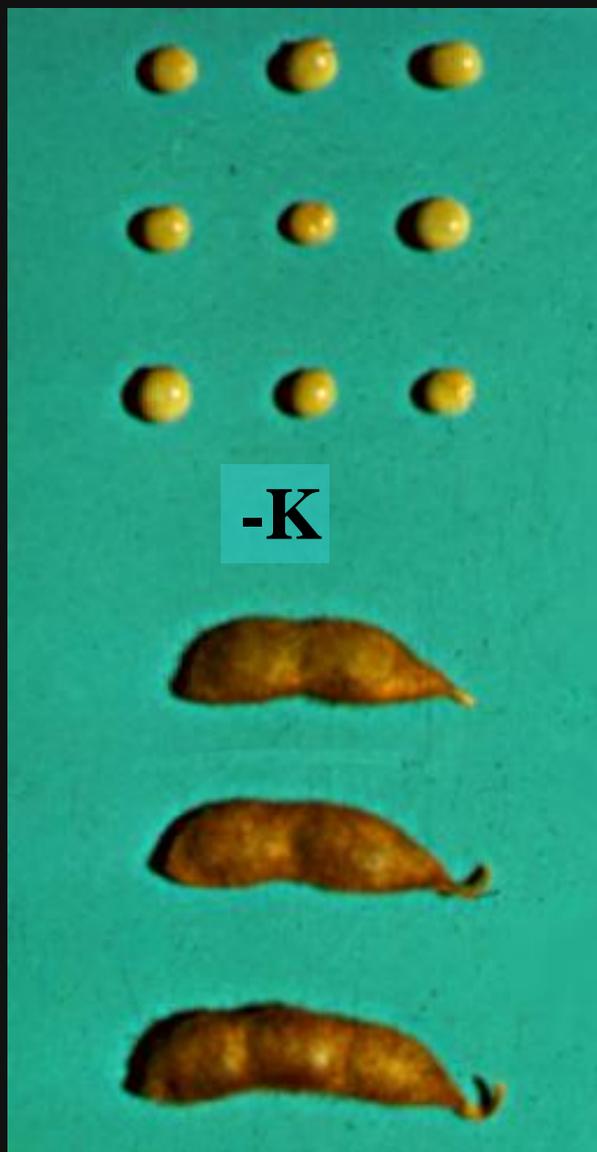


Tomate

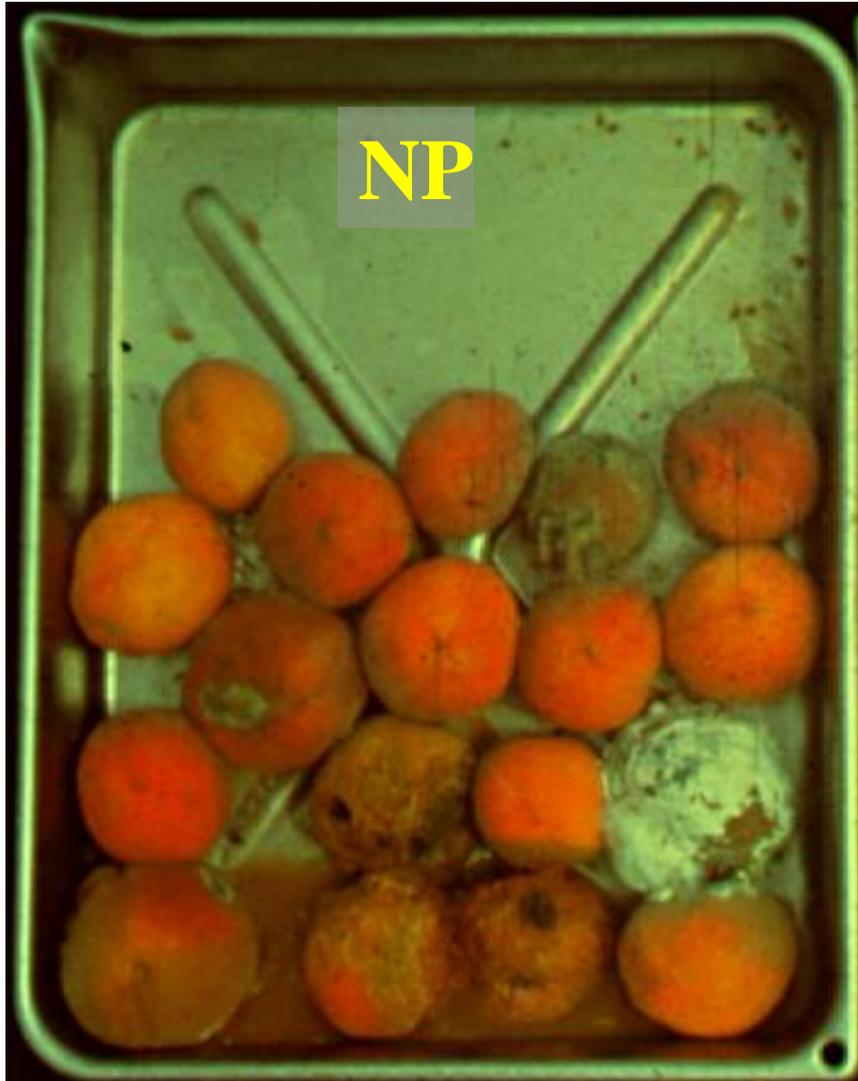


Papa

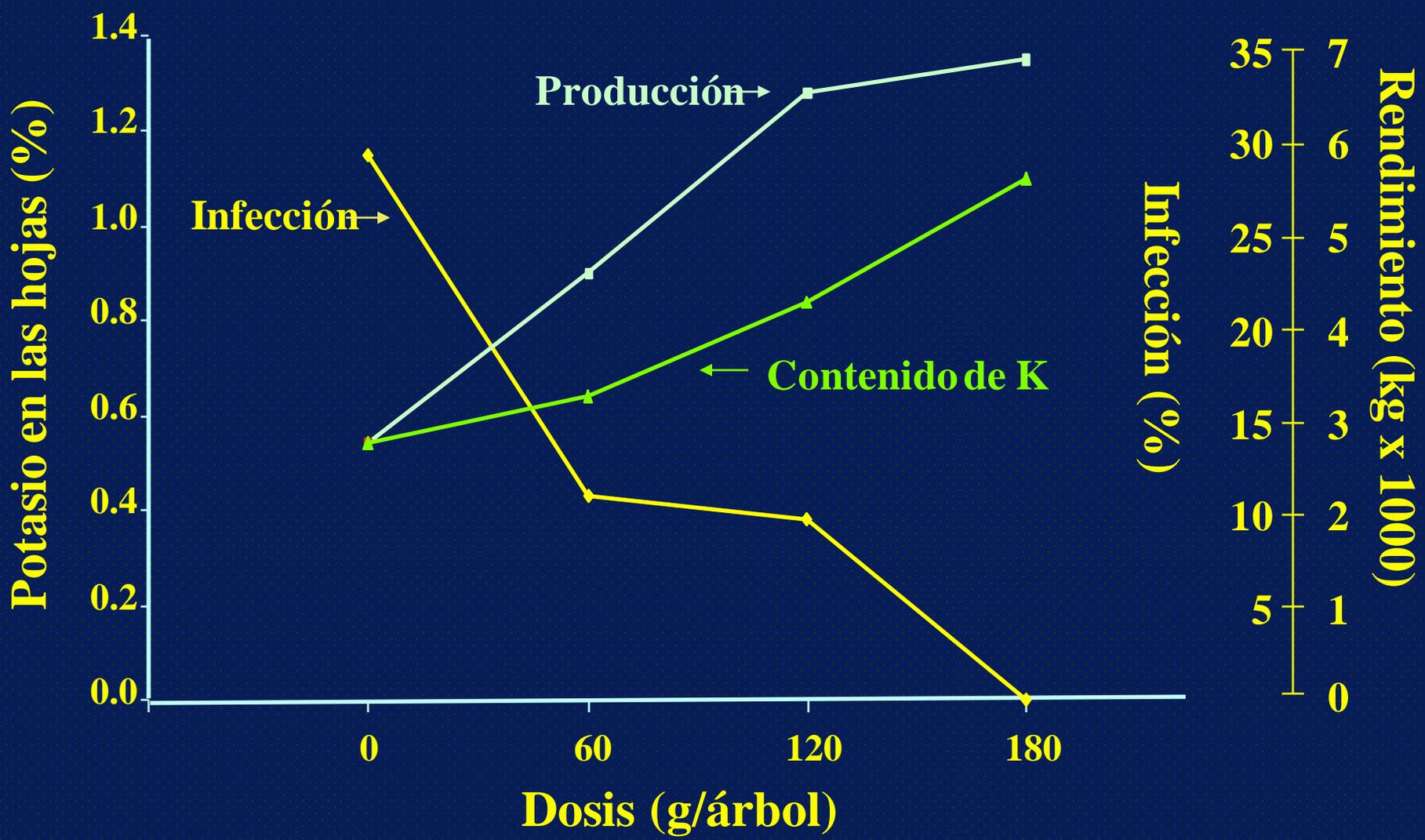
Efecto del K en la calidad del grano.



Efecto del K en la calidad del fruto



Relación entre el potasio foliar y el % de infección de *Cercospora coffeicola* en el grano de café y la producción de café



Efecto del K en la reducción de la incidencia de enfermedades

Cultivo	Enfermedad	Reducción de la incidencia %
Arroz	Rhizoctonia	26-54
	Mancha parda	30-45
	Enfermedades bacterianas	13-30
	Piricularia	80-88
Algodón	Marchitamiento del tallo y hoja roja	13
Soya	Pudrición de la vaina	48
Maíz	Pudrición del tallo	32

Chin

Disponibilidad del potasio



K disponible



M

g

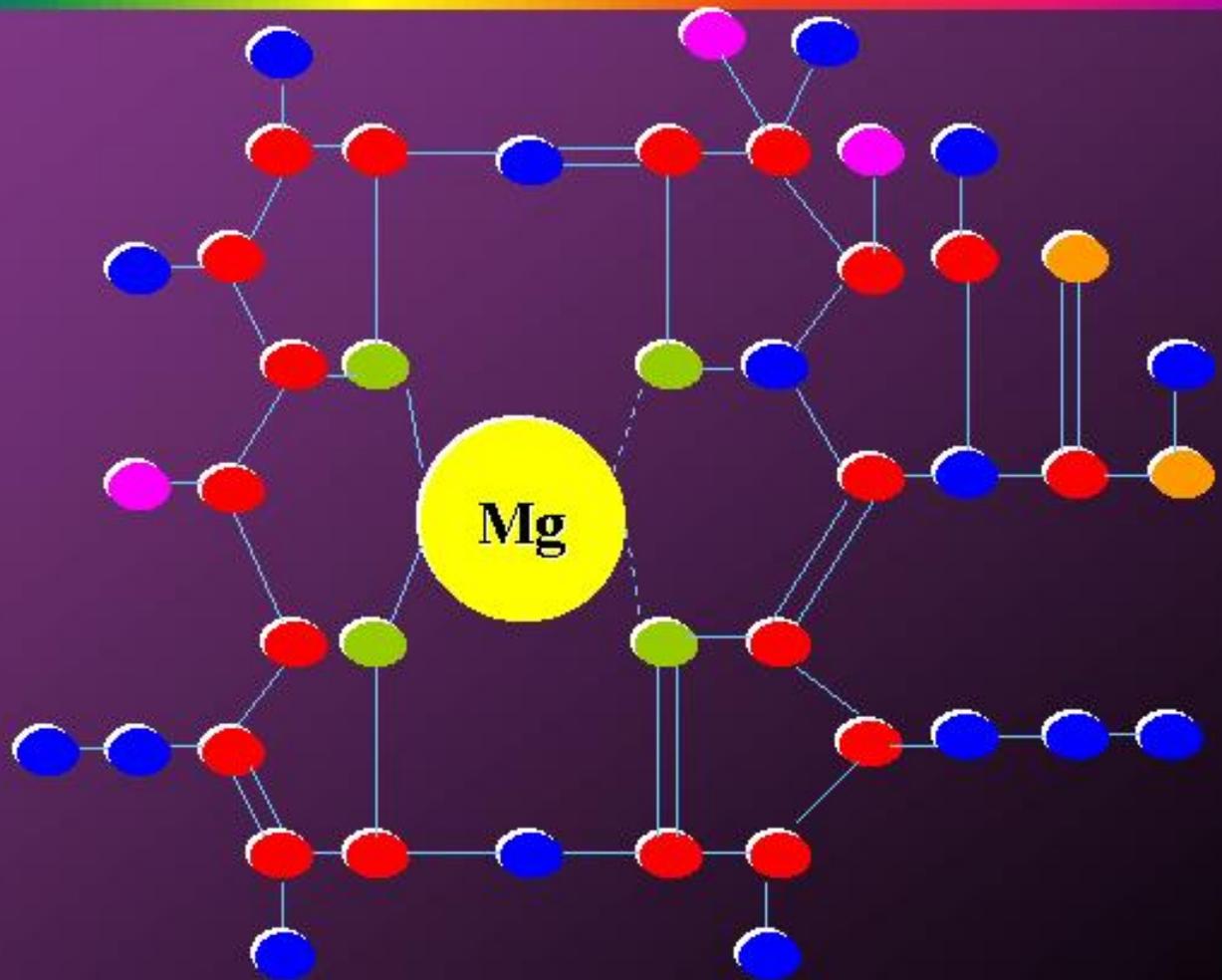
MAGNESIO

MAGNESIO EN LAS PLANTAS.

- **Es el átomo central de la molécula de clorofila (fotosíntesis).**
- **Interviene en el metabolismo del fósforo.**

CLOROFILA

Escondido en el corazón de cada molécula de clorofila hay un átomo de MAGNESIO



DEFICIENCIAS DE MAGNESIO

- **Los síntomas aparecen en las hojas viejas (nutriente móvil).**
- **Las hojas presentan un color amarillo, bronceado o rojizo, mientras que las nervaduras permanecen verdes.**

Hojas de maíz con deficiencia de Mg

Inicialmente, se afectan las hojas inferiores





Magnesio en café



- **Hojas viejas:** manchas amarillentas entre cada dos nervaduras.
- **Las nervaduras principales siempre conservan el color verde.**
- **Empieza en la base de la rama y se va extendiendo hacia la punta y ocurre pérdida de hojas.**

Deficiencia de Mg en apio



Ca
Calcio

Calcio en la planta

- Estimula el desarrollo de las raíces y de las hojas.
- Forma compuestos que son parte de las paredes celulares, fortaleciendo la estructura de la planta.
- Activación de varios sistemas de enzimas.
- Ayuda a neutralizar los ácidos orgánicos en la planta.

Síntomas de deficiencia de calcio

- **Un síntoma común de la deficiencia de Ca es un pobre crecimiento de las raíces.**
- **Las raíces que se tornan negras y se pudren.**

Síntomas de deficiencia de calcio

- Las hojas jóvenes y otros tejidos nuevos desarrollan síntomas debido a que el Ca no se trasloca dentro de la planta.
- Los filos de las hojas y los puntos de crecimiento gelatinosos.

Deficiencia de Ca



A photograph of a young tree trunk, possibly a banana tree, growing in a circular area covered with black plastic mulch. The ground is covered with a layer of brown mulch. A white rectangular label is placed near the base of the tree, containing the text "- Ca". The tree trunk shows some signs of stress or damage, with some peeling bark and small holes. The background is a sandy or dirt ground with some sparse vegetation.

- Ca

Deficiencia de Ca en café



Café - Efecto de alto nivel de acidez

Sistema radicular dañado Sistema radicular normal

o



AZURE

A large, bold, green letter 'S' is positioned in the background, centered vertically and horizontally. The word 'AZURE' is written in a bright yellow, bold, serif font, overlaid on the 'S'. The 'S' is slightly larger than the letters of 'AZURE'.

FUNCIÓN DEL S EN LAS PLANTAS

- **Síntesis de aminoácidos esenciales (cisteína, cistina, y metionina).**
- **Actividad de las enzimas proteolíticas.**
- **Formación de diferentes vitaminas.**

FUNCIÓN DEL S EN LAS PLANTAS

- **Síntesis de la clorofila.**
- **Formación de glucósidos componentes de los aceites que dan olor a las plantas.**
- **Activación de la enzima sulfurilasa del ATP.**
- **Formación de ferredoxina (FBN)**

DEFICIENCIA DE AZUFRE

- Síntomas iguales a los de N (constituyente de las proteínas).
- El azufre es inmóvil en la planta por lo tanto las deficiencias aparecen en las hojas nuevas.



La deficiencia de S – clorosis generalizada



Azufre en c afé



- **Hojas nuevas con una coloración verde amarillenta, comienza a lo largo de la nervadura principal.**
- **Árbol con S-deficiencia parece con N-deficiencia, pero con hojas de aspecto moteado recordando síntomas de Zn-deficiencia o de Fe-deficiencia**

**EL ION $\text{SO}_4^{=}$ NO ES ATRAIDO A LA
SUPERFICIE DE LOS COLOIDES Y
POR LO TANTO SE PUEDE MOVE
R FACILMENTE AL IGUAL QUE E
L NO_3^-**

BORO

Algunas funciones del boro en las plantas:



Germinación de los granos de polen.

Crecimiento del tubo polínico.

Formación de semilla y pared celular.

Algunas funciones del boro en las plantas:



Formación de proteína.

Translocación de azúcares.

Síntomas de deficiencia de boro en algunos cultivos

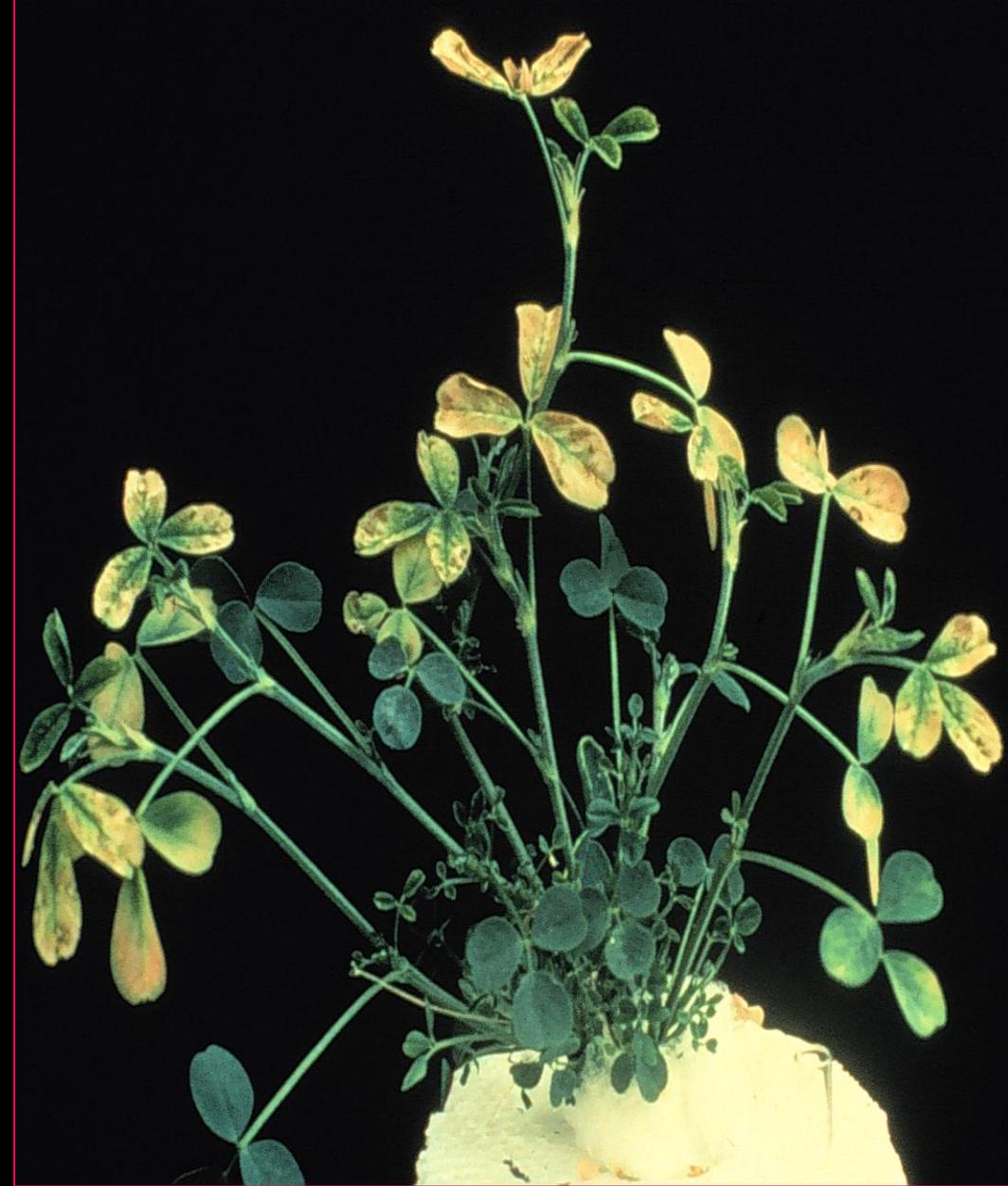
Apio	Tallo quebrado (torcido).
Maní	Semilla hueca (centro hueco).
Manzana	Corazón acorchado (fruta acorchosa).
Alfalfa	Arrosetamiento, punta amarilla, muerte de brotes.
Betabel	Corazón negro.
Algodón	Cuadros rotos, muerte de brotes, arrosetamiento.

Generalmente épocas muy secas

Boro en ca
fé



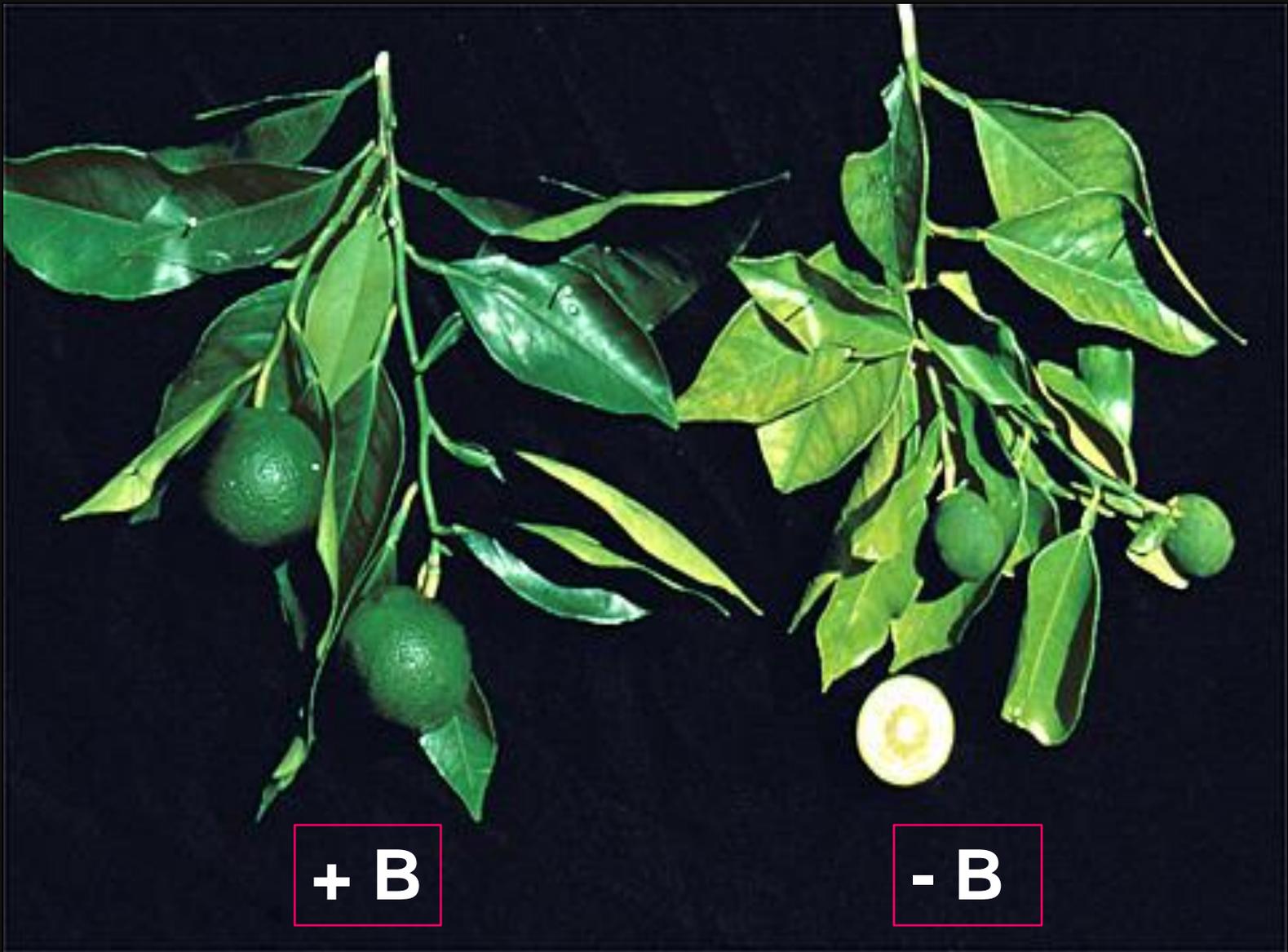
- **Hojas viejas con amarillamiento. Inicia en la punta y avanza hasta la mitad, o un poco más.**
- **Se forma un tejido corchoso sobre las nervaduras.**
- **Hojas deformadas, torcidas, arrugadas o con bordes irregulares.**
- **Puntos de color café en las hojas tiernas.**
- **Ramas muestran aspecto de abanico.**



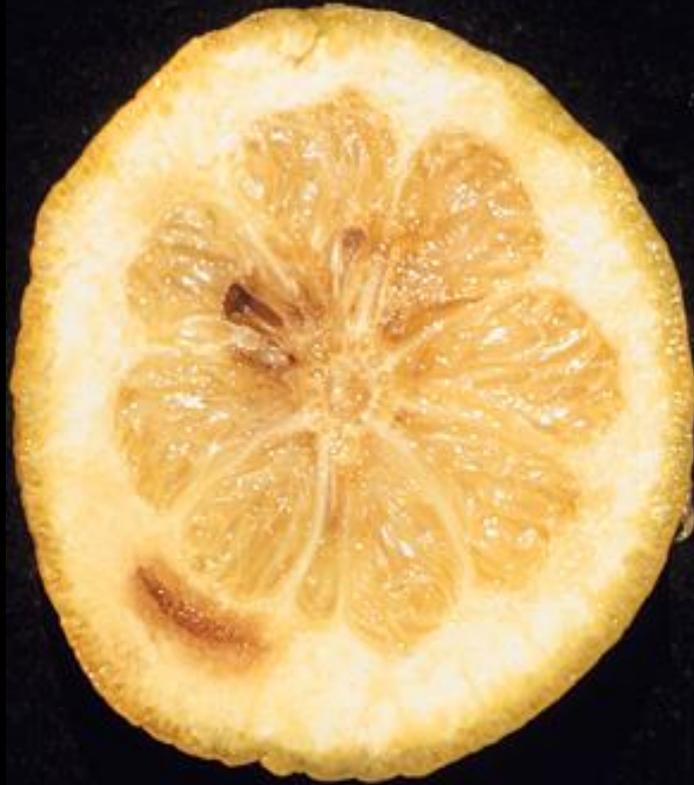
Deficiencia de B en alfalfa



En maní



Deficiencia de B en cítricos



Deficiencia de B en cítricos



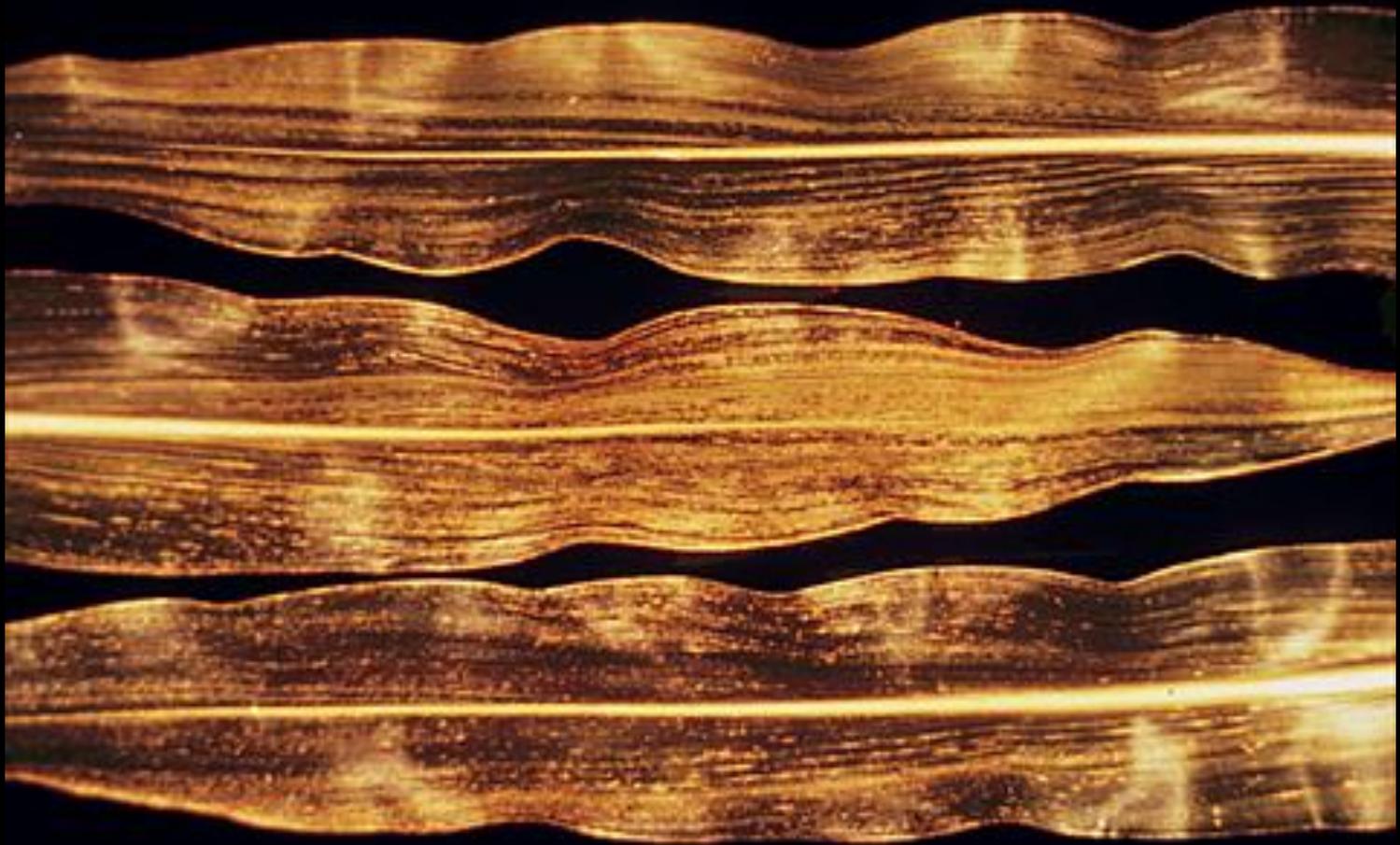
- B

Deficiencia de B en papaya



- B

En caña.



Deficiencia de B en maíz

Deficiencia de B en tomate



Deficiencia de B en papa.



COLORO

CI

Algunas funciones del cloro en las plantas

- **En reacciones energéticas de la planta, incluyendo en la descomposición química del agua, en la presencia de luz solar.**
- **Activa muchos sistemas enzimáticos.**

Algunas funciones del cloro en las plantas

- **Relacionado con el transporte de cationes dentro de la planta.**
- **Regulación de las células guardianas de los estomas, ayudando así a controlar la pérdida de agua y mantener la turgencia de las hojas**

Toxicidad de cloruro en cítricos





Toxicidad de cloruro en tabaco



Toxicidad de cloruro en uva



Toxicidad de cloruro en fresa

COBRE

Algunas funciones del cobre en las plantas

- El Cu es necesario para la formación de clorofila a.
- El Cu cataliza varias reacciones enzimáticas en las plantas.



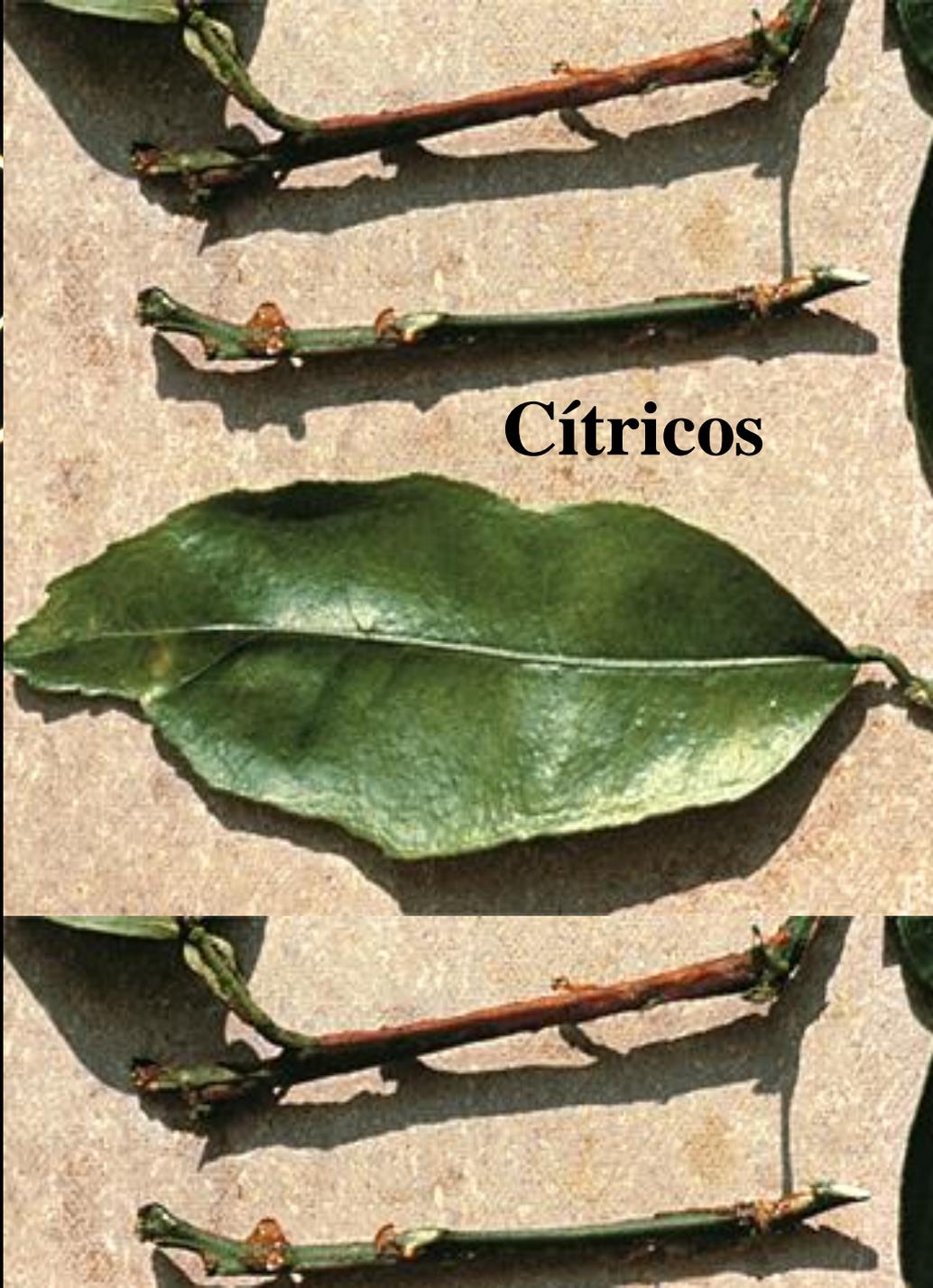
Deficiencia de Cu en cebolla

**Observe las puntas d
e las hojas.**

**Deficiencia de Cu e
n Trigo**



Cítricos





Deficiencia de Cu en papa

Hierno

Algunas funciones del hierro en las plantas

- **Necesario para la formación de clorofila.**
- **Cataliza varias reacciones enzimáticas en las plantas que actúan en los procesos de respiración.**
- **Actúa como un transportador del oxígeno**

Deficiencia de Fe en las plantas

- **Debido a que el Fe no se transloca dentro de la planta, los síntomas aparecen primero en las hojas jóvenes en la parte superior de la planta.**
- **Una deficiencia severa puede dar a toda la planta un color amarillento a blanquecino.**



Deficiencia de Fe en sorgo

Deficiencia de Fe en sorgo



Hierro en c afé



- Hojas con un color verde pálido, menos las nervaduras, que conservan el color verde normal.
- Color verde pálido pronunciado en las hojas nuevas, pero en general la planta presenta una coloración verde poco intensa.



Deficiencia de Fe en maíz



Deficiencia de Fe en papa.



**Deficiencia de Fe
en cítricos.**

Mn
Manganeso

Funciones del manganeso en la planta

- **Acelera la germinación y maduración del cultivo.**
- **Incrementa la disponibilidad de P y Ca.**

Funciones del manganeso en la planta

- **Parte del sistema enzimático.**
- **Activa muchas reacciones metabólicas.**
- **Ayuda en la síntesis de clorofila.**

Deficiencia de Mn en las plantas

- **Debido a que el Mn no se transloca dentro de la planta, los síntomas aparecen primero en las hojas jóvenes.**
- **Se observa un amarillamiento entre las venas.**
- **En algunas ocasiones aparecen una serie de puntos de color café oscuros.**

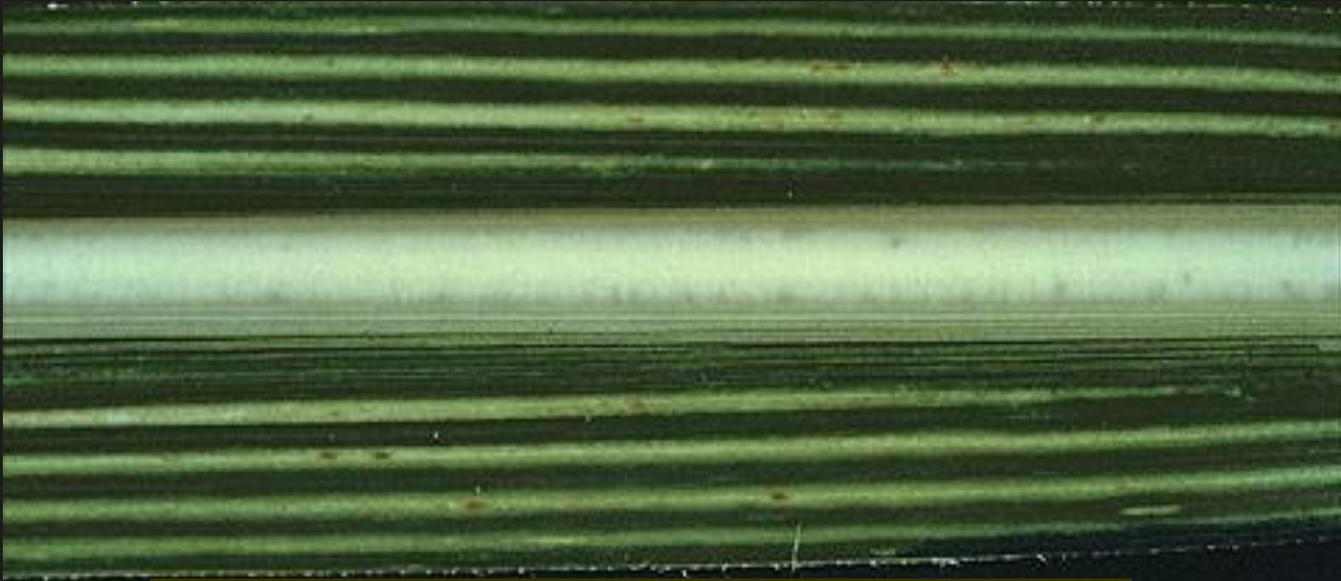
A close-up photograph of soybean leaves exhibiting symptoms of manganese deficiency. The leaves are predominantly green but show significant yellowing and chlorosis, particularly along the veins and in the interveinal spaces. The yellowing is most prominent in the lower and older leaves, while the upper, younger leaves appear greener. The overall appearance is that of a nutrient-deficient plant.

Deficiencia de Mn en soya

A close-up photograph of soybean leaves showing signs of manganese deficiency. The leaves are dark green, but the areas between the veins (interveinal) are yellowing and becoming necrotic. The veins themselves are dark green, creating a distinct pattern of yellow and brown spots between them. The leaves are attached to a central stem.

**Deficiencia de Mn
en soya**

MANGANESE
DEFICIENCY



- Mn



Deficiencia de
Mn en papa

zinc

Algunas funciones del zinc en la planta

- **Ayuda en la síntesis de los sistemas enzimáticos.**
- **Promueve funciones metabólicas.**
- **Necesario para la producción de clorofila y carbohidratos.**



En hojas jóvenes

**Deficiencia de Zn
en maíz**

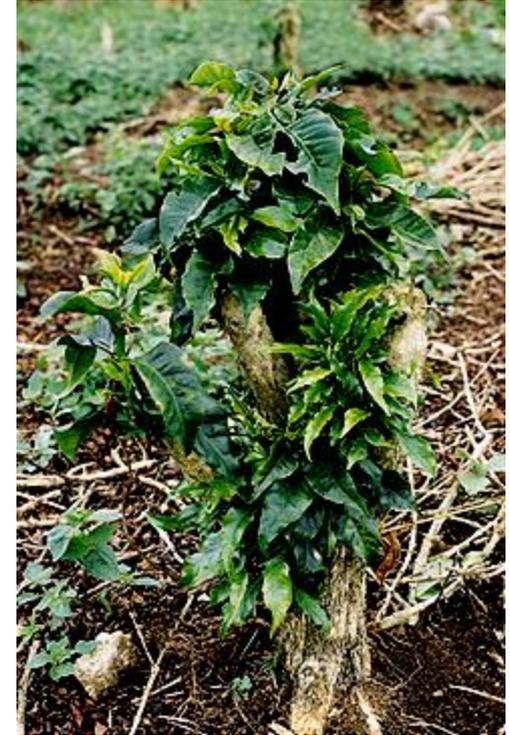




Deficiencia de Zn en cebolla

pH por encima de 4,7

Zinc en café



- Las hojas crecen poco y en forma alargada, bordes encrespados entrenudos cortos.
- Deficiencia muy visible en la punta de las ramas.
- En los “chupones” o brotes de zoca, las hojas presentan una forma acanalada con bordes amarillos.



Deficiencia de Zn en papa

Molibdeno

Algunas funciones del molibdeno en la planta

- **Requerido para sintetizar y activar la enzima nitrato - reductasa.**
- **Esta enzima reduce el nitrato a amonio dentro de la planta.**
- **Vital para el proceso de fijación simbiótica de N, llevado a cabo por la bacteria *Rhizobium*.**

Deficiencia de Mo en las plantas

- **Los síntomas se presentan como un amarillamiento general y una falta de crecimiento.**
- **La deficiencia de Mo promueve el apareamiento de síntomas de deficiencia de N en las leguminosas, debido a que la carencia de Mo no permite que las leguminosas fijen N del aire.**



Deficiencia de Mo en cebolla



Deficiencia de Mo en crisantemo



Deficiencia de Mo en cítricos



Contenido

- **Introducción.**
 - **Aspectos generales.**
 - **Concepto de esencialidad.**
 - **Funciones generales.**
 - **Nutrimientos esenciales.**
 - **Conclusiones.**
-

Conclusiones

**Los nutrimentos esenciales para las plantas es
tán involucrados en diversos procesos fisiológi
cos que repercuten en el objetivo final de la ag
ricultura: PRODUCCIÓN**

No existen nutrimentos de menor importancia.

C

onclusiones

Conocer la dinámica de los nutrientes en el suelo y las necesidades específicas de cada cultivo *permitirán* un mejor desarrollo de planes de nutrición.

Muchos procesos fisiológicos de las plantas no son posibles en ausencia o déficit de nutrientes esenciales, de allí su denominación.

C

onclusiones

Los excesos o las aplicaciones en épocas o situaciones indebidas de nutrimentos pueden afectar negativamente la producción.

Conclusiones

Las equivocaciones en el diagnóstico pueden ser costosas y hasta dolorosas

- **Conocimiento adecuado.**
- **Uso de herramientas.**

