



Universidad Autónoma  
del Estado de México

**CENTRO UNIVERSITARIO  
UAEM ZUMPANGO**



# **NUTRICIÓN MINERAL DE LAS PLANTAS**



Universidad Autónoma  
del Estado de México

# CENTRO UNIVERSITARIO UAEM ZUMPANGO



## INTRODUCCIÓN

El curso de fisiología vegetal se imparte en el tercer periodo de la Licenciatura de Ingeniero Agrónomo en Producción, para lo cual se tiene como fin crear en el estudiante las condiciones adecuadas para la comprensión, reflexión, análisis y valoración de la compleja organización de los vegetales, para poder producir y mejorar la producción vegetal.



Universidad Autónoma  
del Estado de México

## CENTRO UNIVERSITARIO UAEM ZUMPANGO



Así mismo, el estudio de la fisiología vegetal ampliará la comprensión de los fenómenos que se llevan a cabo dentro de las planta, para ello el discente comprenderá cada uno de los procesos Físico-Químicos y Biológicos que ocurran en la planta, en cada una de sus etapas (germinación, crecimiento, desarrollo, maduración, reproducción y senescencia).



Universidad Autónoma  
del Estado de México

# CENTRO UNIVERSITARIO UAEM ZUMPANGO



El propósito de este material didáctico, es que sirva de apoyo en la unidad de aprendizaje de Fisiología Vegetal tanto al docente como al discente y le permita tener más claro la importancia que juega esta Unidad de Aprendizaje en su formación y puntualice algunos conceptos Básicos que son tratados en esta área del conocimiento.



Universidad Autónoma  
del Estado de México

## CENTRO UNIVERSITARIO UAEM ZUMPANGO

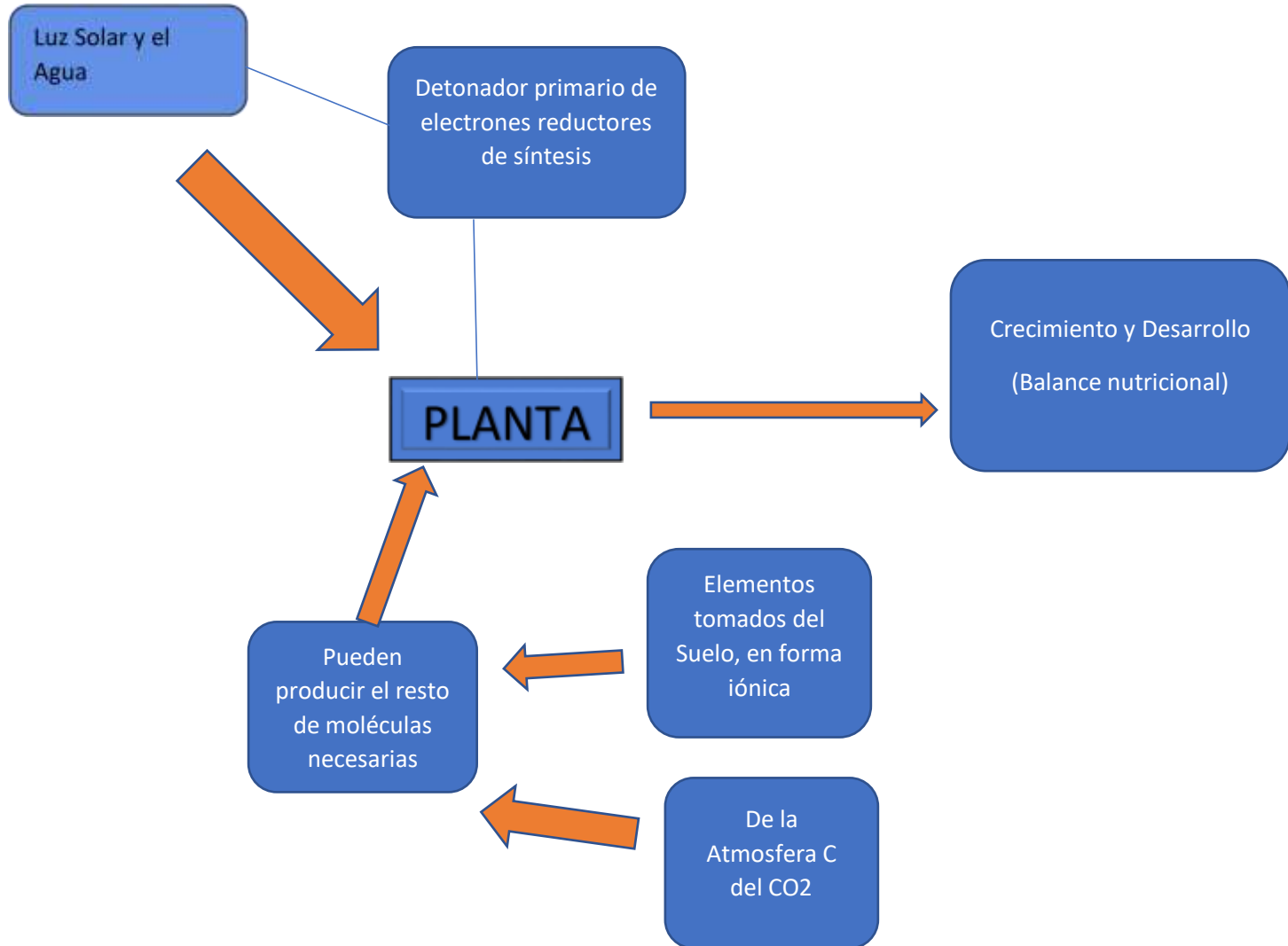


La práctica de agregar elementos minerales al suelo para mejorar el crecimiento de las plantas se ha llevado a cabo desde hace más de 2000 años. Desde el siglo pasado Justus von Liebig (1803-1873) demostró la importancia de los elementos minerales para el crecimiento vegetal y a partir de sus trabajos, la nutrición mineral fue considerada como una disciplina científica. De esta manera, a finales del siglo XIX, sobre todo en Europa, grandes cantidades de potasio, superfosfato y nitrógeno inorgánico fueron usados en la agricultura para mejorar el crecimiento y rendimiento de los cultivos. Por lo que es necesario identificar la importancia de los macroelementos y microelementos en el desarrollo de un cultivo.



Universidad Autónoma  
del Estado de México

# CENTRO UNIVERSITARIO UAEM ZUMPANGO





Universidad Autónoma  
del Estado de México

# CENTRO UNIVERSITARIO UAEM ZUMPANGO



## Clasificación de los elementos minerales

Los elementos esenciales se pueden clasificar según:

- la concentración en la planta. (Epstein, 1994)
  - Macronutrientes (>0.1%): H-C-O-N-K-Ca-Mg-P-S-Si (sólo en algunas especies)
  - Micronutrientes (<0.1%): Cl-Fe-B-Mn-Zn-Cu-Ni-Mo-Na (sólo en algunas especies)
- la función bioquímica o biológica. (Mengel y Kirby, 1987)
  - Elementos formadores de compuestos orgánicos: N-S
  - Elementos relacionados con la conservación de energía y/o compuestos estructurales: P-B-Si
  - Elementos que permanecen como iones: K-Na-Mg-Ca-Mn-Cl
  - Elementos involucrados en reacciones redox: Fe-Cu-Zn-Mo-Ni
- la movilidad y translocación en la planta:
  - Elementos móviles: N-K-Mg-P-Cl-Na-Zn-Mo
  - Elementos inmóviles: Ca-S-Fe-B-Cu

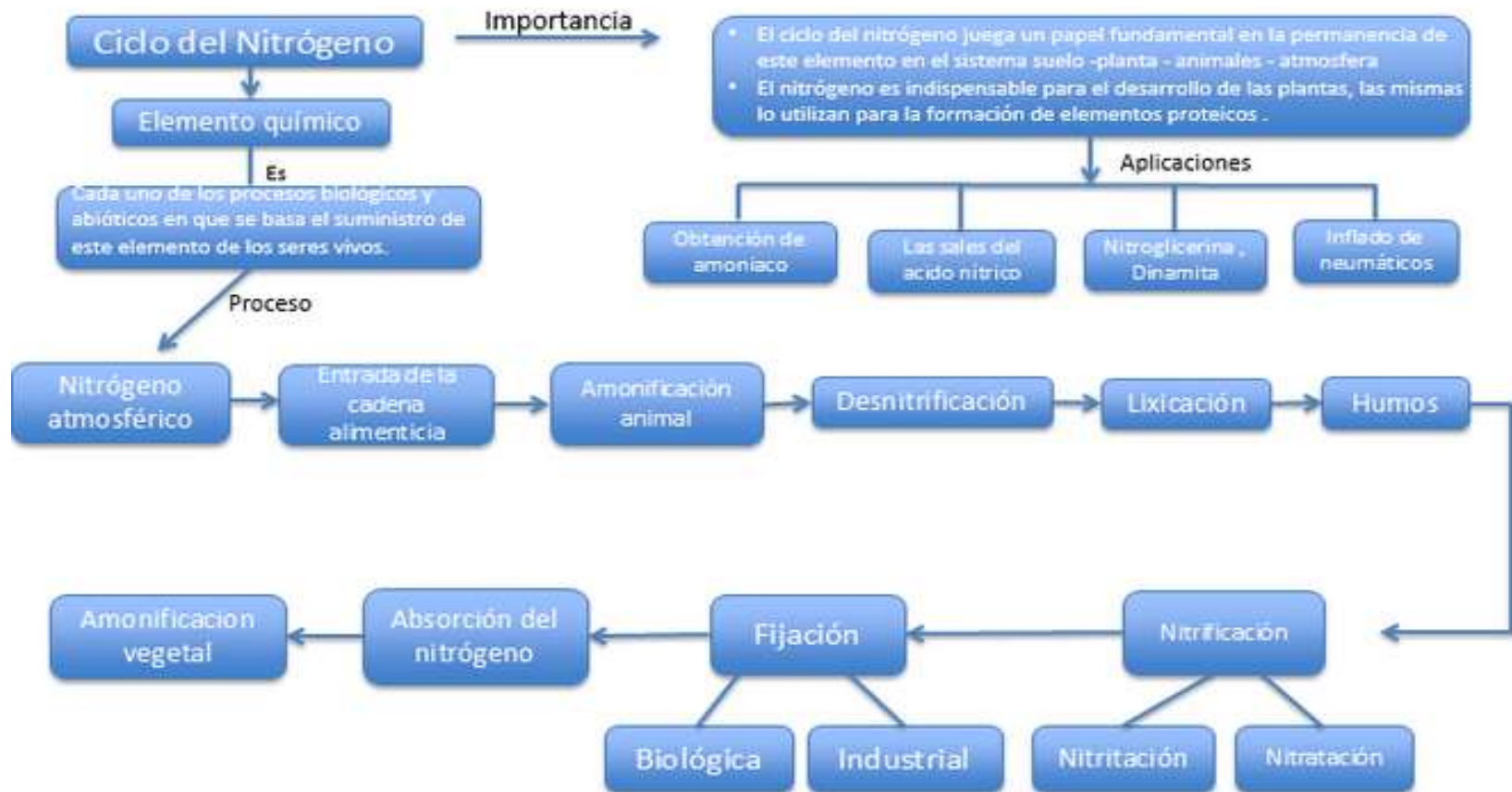


Universidad Autónoma  
del Estado de México

CENTRO UNIVERSITARIO  
UAEM ZUMPANGO



# Nitrógeno





Universidad Autónoma  
del Estado de México

## CENTRO UNIVERSITARIO UAEM ZUMPANGO



- La planta lo puede obtener preferentemente por absorción radicular del nitrato ( $\text{NO}_3$ ) y del amoniaco ( $\text{NH}_4^+$ ).
- Algunas plantas pueden establecer simbiosis con bacterias fijadoras de  $\text{N}_2$  atmosférico.
- Más del 50 % del N de la planta se halla en proteínas y ácidos nucleicos, el resto en moléculas solubles orgánicas (aminoácidos, amidas y aminos).



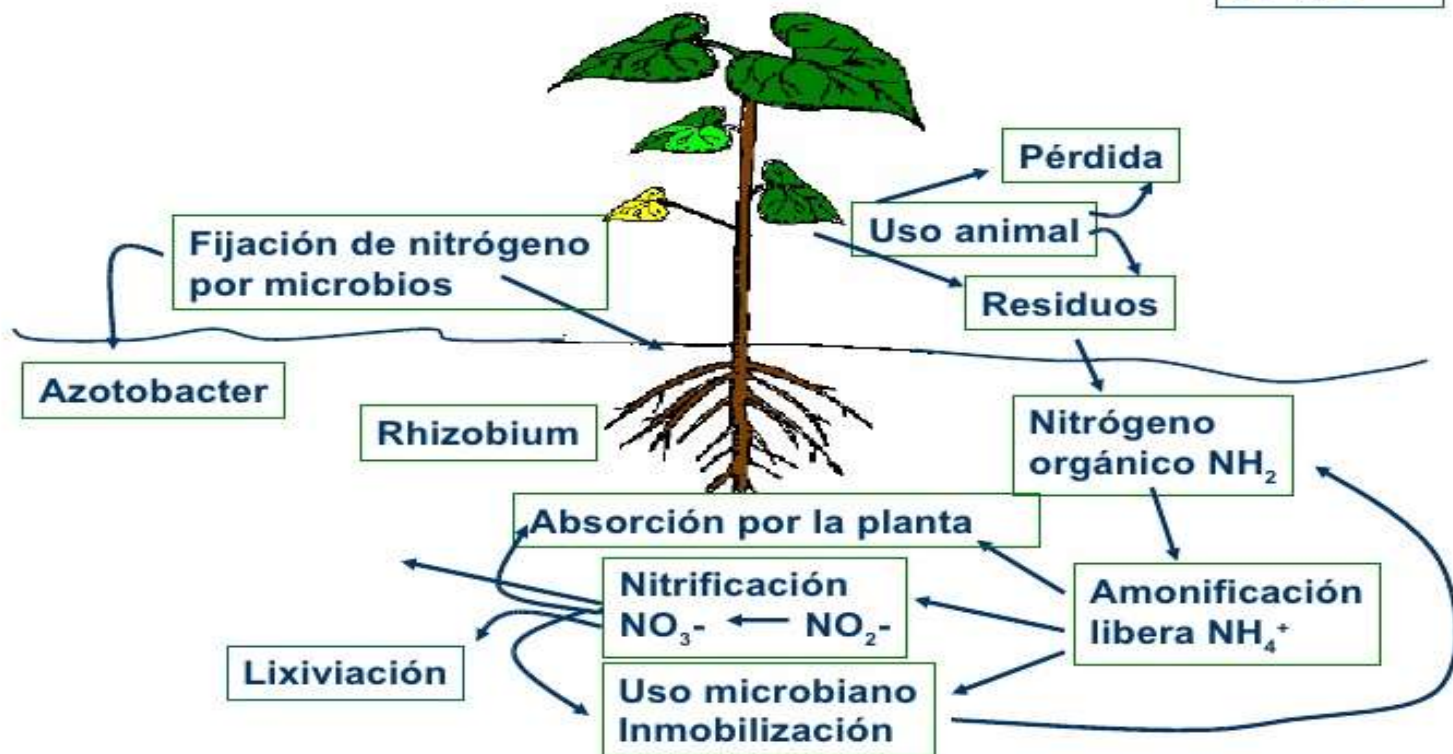
Universidad Autónoma  
del Estado de México

# CENTRO UNIVERSITARIO UAEM ZUMPANGO



## El ciclo de nitrógeno

Dato:  
Atmósfera  
78 % N  
21 % O





Universidad Autónoma  
del Estado de México

## CENTRO UNIVERSITARIO UAEM ZUMPANGO



- Su deficiencia se manifiesta en clorosis de hojas y necrosis prematuras y su exceso en un aumento de follaje y disminución de frutos y del desarrollo de la raíz.



Universidad Autónoma  
del Estado de México

# CENTRO UNIVERSITARIO UAEM ZUMPANGO





Universidad Autónoma  
del Estado de México

# CENTRO UNIVERSITARIO UAEM ZUMPANGO





Universidad Autónoma  
del Estado de México

# CENTRO UNIVERSITARIO UAEM ZUMPANGO



## Deficiencias de Maíz:

### Nitrógeno:

En plantas jóvenes, la deficiencia de N causa amarillamiento general. En estados más avanzados, las hojas inferiores presentan amarillamiento en forma de V invertida desde la punta. El nitrógeno es móvil dentro de la planta.



Deficiencia de nitrógeno en Maíz



Deficiencia de nitrógeno en Maíz



Universidad Autónoma  
del Estado de México

# CENTRO UNIVERSITARIO UAEM ZUMPANGO





Universidad Autónoma  
del Estado de México

CENTRO UNIVERSITARIO  
UAEM ZUMPANGO



**FOSFORO**



Universidad Autónoma  
del Estado de México

# CENTRO UNIVERSITARIO UAEM ZUMPANGO

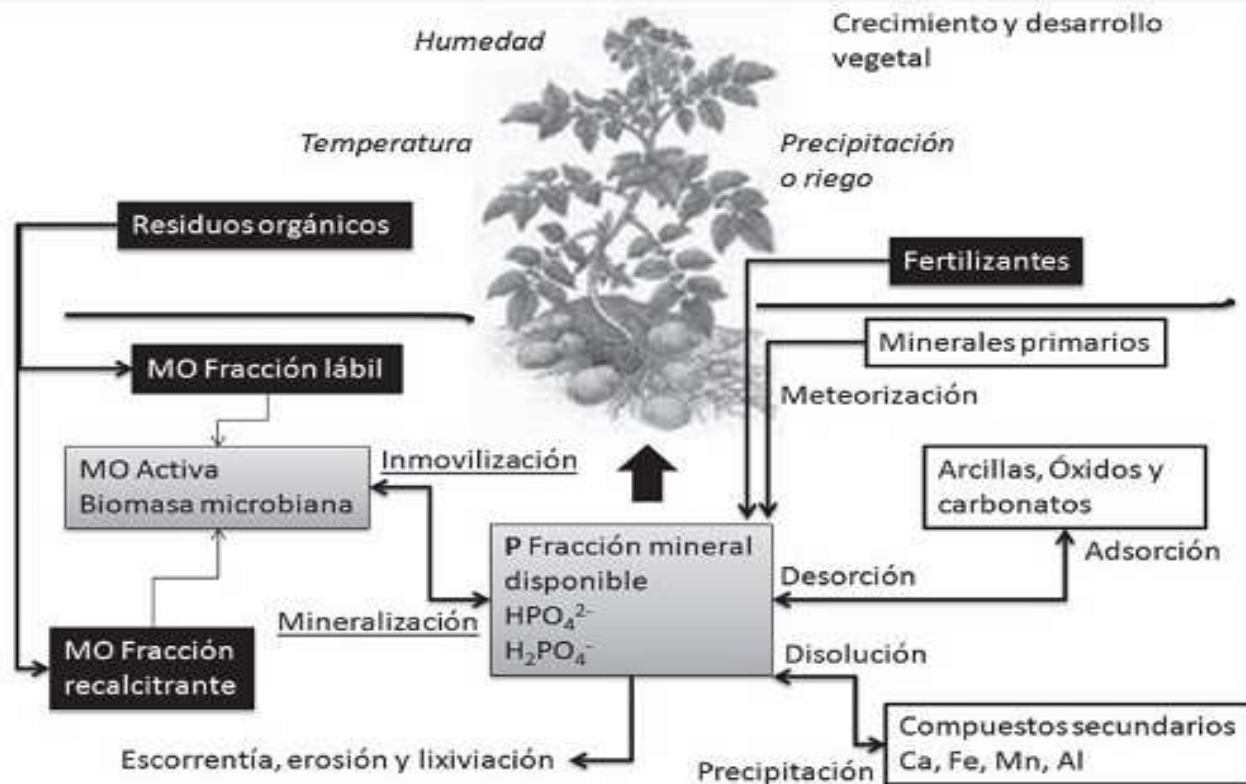


Figura 2. Relaciones entre el ciclo del fósforo y los compartimentos orgánicos y minerales. Los cuadros negros son las entradas al sistema, los grises las fracciones disponibles, sin color las fracciones minerales; sin recuadro procesos y factores que tienen influencia en la disponibilidad de fósforo (MO: Materia orgánica).



Universidad Autónoma  
del Estado de México

## CENTRO UNIVERSITARIO UAEM ZUMPANGO



- Se toma del suelo como ion fosfato, preferentemente como  $\text{H}_2\text{PO}_4$  en suelos ácidos y en su forma divalente  $\text{H}_2\text{PO}_4^{2-}$  en suelos básicos.
- Permanece como fosfato formando ésteres en los ácidos nucleicos o moléculas estructurales como los fosfolípidos y como nucleótido, ATP, UDP, GTP, siendo clave en todo el metabolismo.



Universidad Autónoma  
del Estado de México

## CENTRO UNIVERSITARIO UAEM ZUMPANGO



- La deficiencia provoca enanismo y retraso en la madurez. En exceso provoca un gran desarrollo radicular.



# UAEM

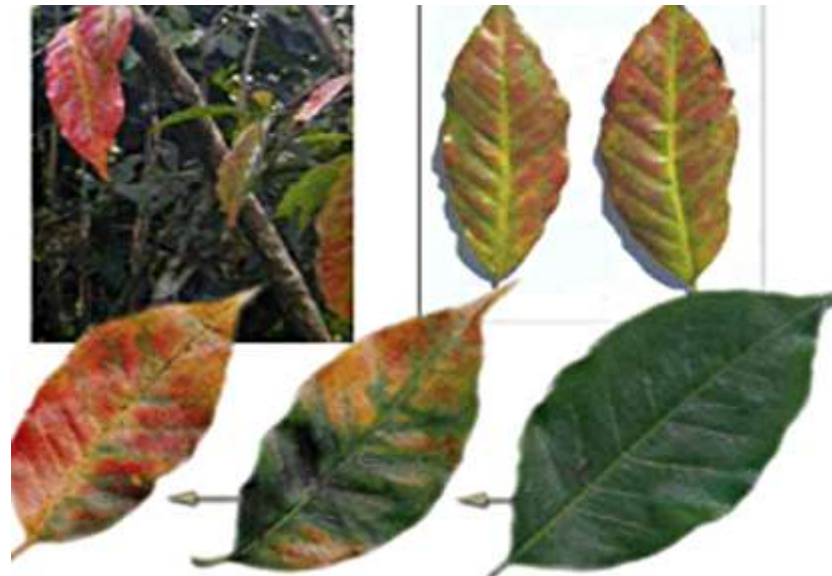
Universidad Autónoma  
del Estado de México





Universidad Autónoma  
del Estado de México

# CENTRO UNIVERSITARIO UAEM ZUMPANGO





Universidad Autónoma  
del Estado de México

CENTRO UNIVERSITARIO  
UAEM ZUMPANGO

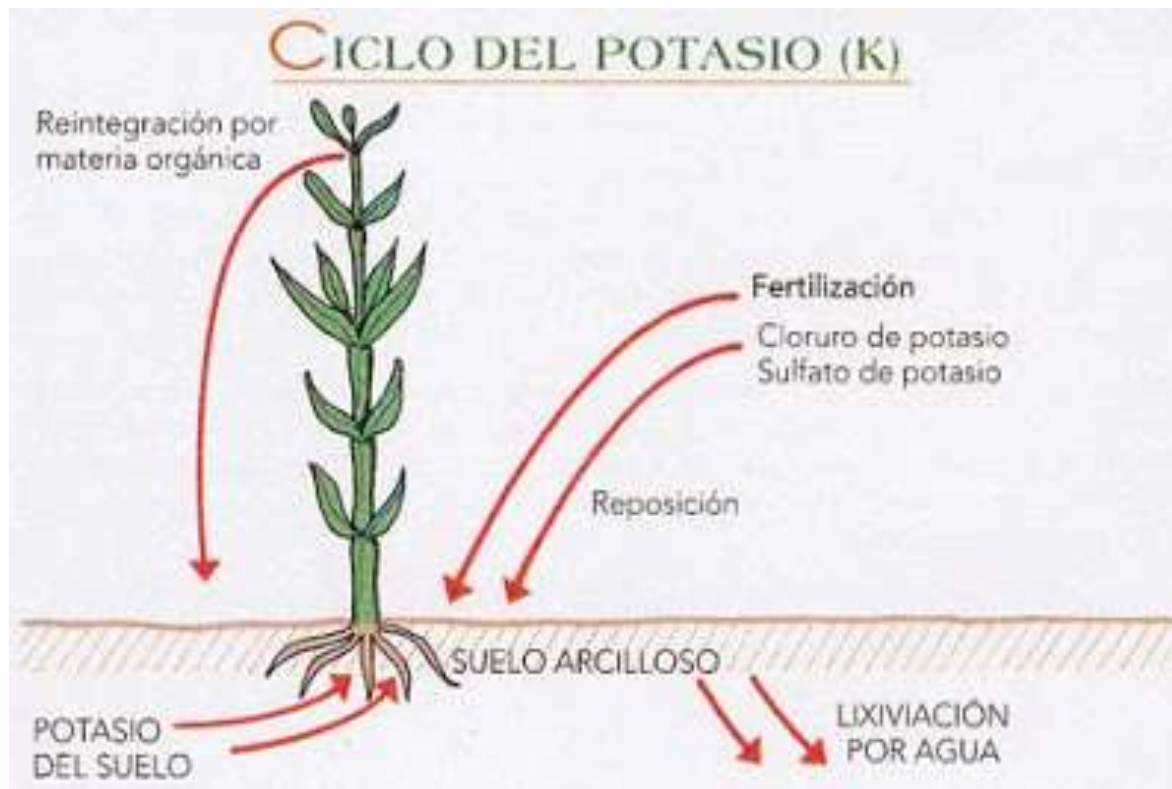


**POTASIO (K)**



Universidad Autónoma  
del Estado de México

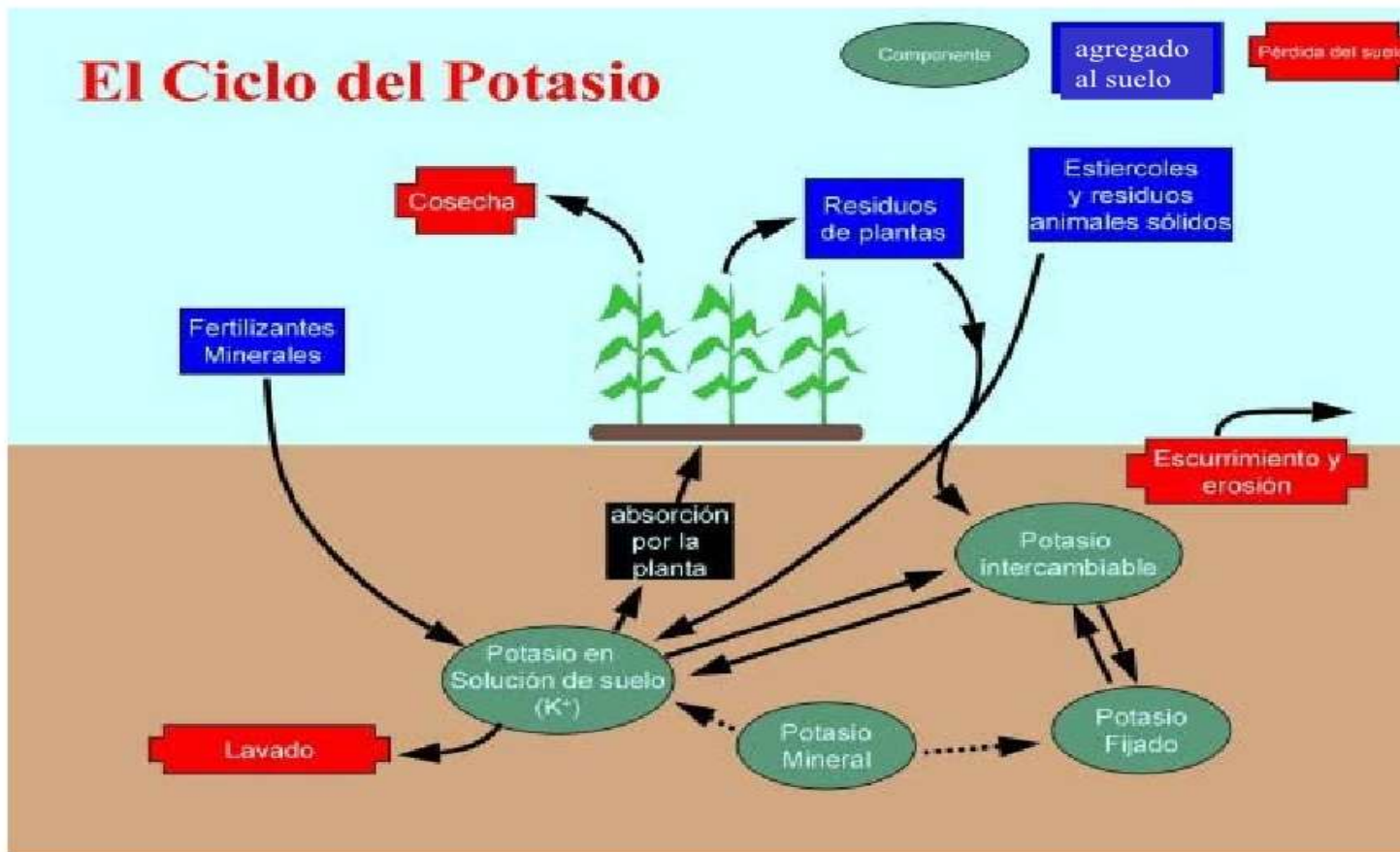
# CENTRO UNIVERSITARIO UAEM ZUMPANGO





Universidad Autónoma  
del Estado de México

# CENTRO UNIVERSITARIO UAEM ZUMPANGO





Universidad Autónoma  
del Estado de México

## CENTRO UNIVERSITARIO UAEM ZUMPANGO



- Se toma en forma catiónica.
- Es el catión más abundante de la vacuola y el principal osmolito de la planta.
- Además es activador de más de 50 sistemas enzimáticos (oxidoreductasas, deshidrogenasas, transferasas, sintasa, quinasas) en los que interviene en el cambio conformacional de la apoenzima.



Universidad Autónoma  
del Estado de México

## CENTRO UNIVERSITARIO UAEM ZUMPANGO



- Proporciona vigor y resistencia a las enfermedades.
- Coadyuva en la producción de proteína en la planta.
- Aumenta el tamaño de grano y semilla.
- Es esencial para la formación y desplazamiento de almidón, azúcares y aceites.
- Mejora la calidad de los frutos.
- Ayuda al desarrollo de los tubérculos.
- Auxilia en la formación de la antocianina ( color rojo de las hojas y del fruto).



Universidad Autónoma  
del Estado de México

# CENTRO UNIVERSITARIO UAEM ZUMPANGO



## Deficiencia de Potasio





Universidad Autónoma  
del Estado de México

# CENTRO UNIVERSITARIO UAEM ZUMPANGO



Deficiencia de potasio en Maíz

Deficiencia de potasio en Maíz



Universidad Autónoma  
del Estado de México

# CENTRO UNIVERSITARIO UAEM ZUMPANGO





Universidad Autónoma  
del Estado de México

# CENTRO UNIVERSITARIO UAEM ZUMPANGO



**K**

## POTASIO

- 7b.- Las nuevas hojas crecen delgadas.
- 7a.- Las Hojas nuevas desarrollan clorosis
- 7c.- Quemaduras en los bordes y puntas de la hoja.
- 7d.- Menos espacio internodal

7.- Deficiencias de calcio, magnesio, zinc y hierro.

7e.- se curvan las hojas inferiores y se desarrollan manchas.

6.- La zona radicular se vuelve mas acida.

7f.- Las puntas de las raíces retroceden.

pH↓



**EXCESO / DEFICIENCIA**



1.- Las hojas mas viejas se ponen palidas y sufren clorosis.

2.- Los bordes y puntas de las hojas se vuelven color "oxido" y se queman.

4.- La ramificación de tallos nuevos puede aumentar.

5.- Florecimiento retardado y disminuido.

3.- Los tallos se vuelven débiles, escuálidos, y muy frágiles.



Universidad Autónoma  
del Estado de México

## CENTRO UNIVERSITARIO UAEM ZUMPANGO



### Calcio

- Activa la temprana formación y el crecimiento de las raicillas.
- Mejora el vigor general de la planta .
- Neutraliza los tóxicos producidos en la planta
- Estimula la producción de semilla y grano
- Aumenta el contenido de calcio en alimentos y forrajes



Universidad Autónoma  
del Estado de México

## CENTRO UNIVERSITARIO UAEM ZUMPANGO



# Deficiencias

- Las hojas jóvenes de los brotes terminales se encorvan al aparecer y se marchitan de las puntas y de los bordes.
- Las hojas se arrugan.
- En algunos casos, las hojas jóvenes permanecen enrolladas.



Universidad Autónoma  
del Estado de México

# CENTRO UNIVERSITARIO UAEM ZUMPANGO





Universidad Autónoma  
del Estado de México

# CENTRO UNIVERSITARIO UAEM ZUMPANGO





Universidad Autónoma  
del Estado de México

CENTRO UNIVERSITARIO  
UAEM ZUMPANGO



# Magnesio

El magnesio (Mg), junto con el calcio y el azufre, es uno de los tres nutrientes secundarios que requieren las plantas para un desarrollo normal, saludable.



Universidad Autónoma  
del Estado de México

## CENTRO UNIVERSITARIO UAEM ZUMPANGO



### **Función del magnesio**

Para realizar un trabajo adecuado, muchas de las enzimas pertenecientes a las células de las plantas necesitan magnesio. Sin embargo, la función más importante de este elemento es la de átomo central en la molécula de clorofila. La clorofila es el pigmento que da a las plantas su color verde y lleva a cabo el proceso de la fotosíntesis; también interviene en la activación de un sinnúmero de enzimas necesarias para su desarrollo y contribuye a la síntesis de proteínas.



Universidad Autónoma  
del Estado de México

# CENTRO UNIVERSITARIO UAEM ZUMPANGO



## MAGNESIO

### ■ FUNCIÓN EN LA PLANTA

- Componente de la clorofila
- Interviene en la movilización de los fosfatos
- Activador de procesos enzimáticos

### ■ DEFICIENCIAS

- Clorosis y necrosis, hojas viejas
- Desequilibrio K / Mg , N / Mg
- Baja concentración hidratos de carbono
- Hojas más sensibles a tratamientos fitosanitarios
- Vecerías en árboles frutales





Universidad Autónoma  
del Estado de México

## CENTRO UNIVERSITARIO UAEM ZUMPANGO



### **Deficiencia:**

el magnesio tiene movilidad en las plantas, así que los síntomas de su deficiencia aparecen primero en las hojas más viejas: se tornan amarillas con venas verdes (i. e., clorosis intervenal).

Aunque por lo general la disponibilidad del magnesio para ser absorbido por las plantas no resulta afectada significativamente por el pH de los sustratos para cultivo sin suelo, sí aumenta a medida que éste se incrementa.

La deficiencia de magnesio a menudo es provocada por la falta de aplicación, pero también puede ser inducida si existen altos niveles de calcio, de potasio o de sodio en el sustrato.

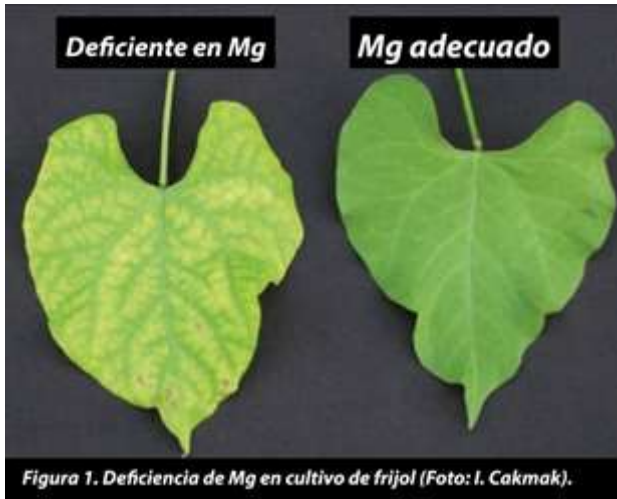


Universidad Autónoma  
del Estado de México

# CENTRO UNIVERSITARIO UAEM ZUMPANGO



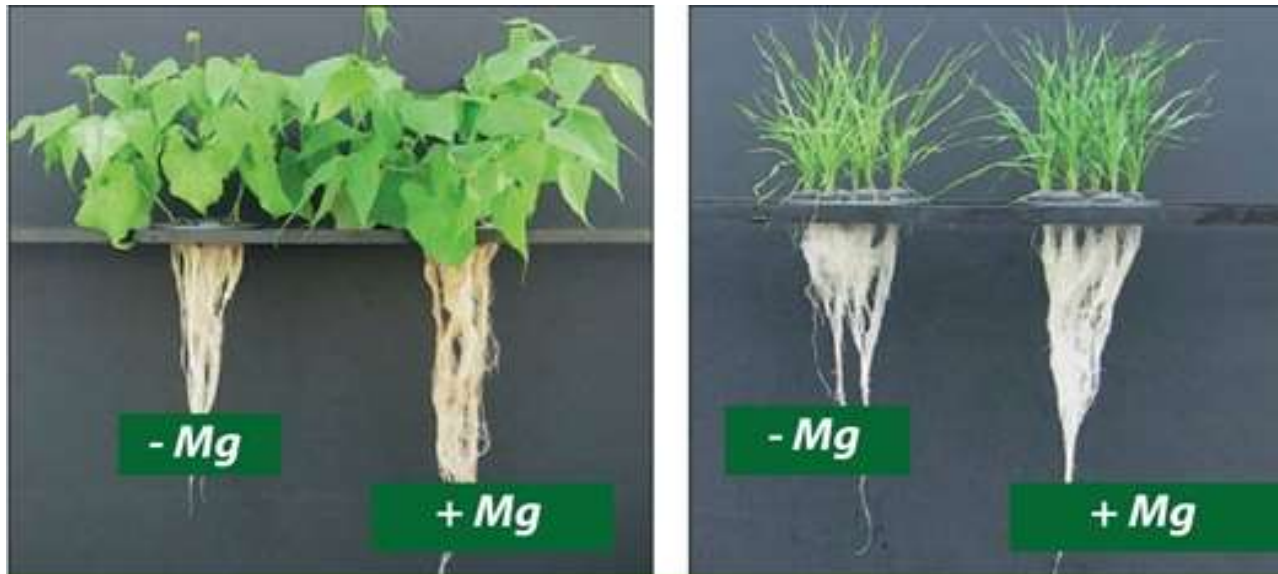
## Deficiencia de Magnesio





Universidad Autónoma  
del Estado de México

# CENTRO UNIVERSITARIO UAEM ZUMPANGO



**Figura 4. Efecto del Mg en crecimiento radical en frijol y trigo. (Foto: I. Cakmak)**



Universidad Autónoma  
del Estado de México

# CENTRO UNIVERSITARIO UAEM ZUMPANGO





Universidad Autónoma  
del Estado de México

# CENTRO UNIVERSITARIO UAEM ZUMPANGO





Universidad Autónoma  
del Estado de México

## CENTRO UNIVERSITARIO UAEM ZUMPANGO



### **Azufre**

- Es un ingrediente esencial de la proteína.
- Ayuda a mantener el color verde intenso.
- Activa la formación de nódulos en las leguminosas.
- Estimula la producción de la semilla.
- Procura el crecimiento más vigoroso de la planta.
- En cierta forma corrige la alcalinidad del suelo.



Universidad Autónoma  
del Estado de México

## CENTRO UNIVERSITARIO UAEM ZUMPANGO



### Deficiencias

- Las hojas jóvenes, de color verde claro, tienen sus venas de color más claro.
- Tallos cortos, endebles, de color amarillo.
- Desarrollo lento y raquítico.



Universidad Autónoma  
del Estado de México

# CENTRO UNIVERSITARIO UAEM ZUMPANGO



## EXCESO / DEFICIENCIA

**S**

### AZUFRE

7.- La planta es mas pequeña y el desarrollo es uniformemente menor, las hojas toman un color verde oscuro.

8.- Cuando el exceso es grave las puntas y bordes de la hoja se pueden decolorar y quemar.



6.- La formación de los brotes es lenta y debil.

1.- Las hojas jóvenes se vuelven de color verde lima a amarillento, y su crecimiento se estanca.

2.- A medida que la escasez progresa las venas de las hojas se tornan amarillas y se nota una ausencia de jugosidad.

3.- Las puntas de las hojas pueden quemarse, oscurecer y tomar formas de gancho hacia abajo.

4.- Largas manchas purpura aparecen en los nuevos tallos (vástagos) cuando se combina con una deficiencia global de nutrientes.

5.- El tallo se vuelve "leñoso".



Universidad Autónoma  
del Estado de México

# CENTRO UNIVERSITARIO UAEM ZUMPANGO



## Deficiencia de azufre en lo banana





Universidad Autónoma  
del Estado de México

CENTRO UNIVERSITARIO  
UAEM ZUMPANGO



## Manganeso

El manganeso (Mn) es un importante micronutriente para las plantas y, después del hierro, es el que las plantas requieren en mayor cantidad. Al igual que sucede con cualquier otro elemento, su deficiencia o su toxicidad pueden representar una limitante para el desarrollo de las plantas. En varias formas se asemeja al hierro, por lo que su deficiencia o su toxicidad suelen ser confundidas con las de éste.



Universidad Autónoma  
del Estado de México

## CENTRO UNIVERSITARIO UAEM ZUMPANGO



Función: respecto a las plantas, es uno de los elementos que más contribuyen al funcionamiento de varios procesos biológicos incluyendo la fotosíntesis, la respiración y la asimilación de nitrógeno. También interviene en la germinación del polen, el crecimiento del tubo polínico, el alargamiento celular en la raíz y la resistencia a patógenos de la misma



Universidad Autónoma  
del Estado de México

## CENTRO UNIVERSITARIO UAEM ZUMPANGO



### **Deficiencia:**

los síntomas de deficiencia de manganeso, que a menudo se asemejan a los de la deficiencia de hierro, son: clorosis intervenal (hojas amarillas con venas verdes) en las hojas jóvenes y, en ocasiones, manchas bronceadas hundidas en las áreas cloróticas intervenales. También el **crecimiento de las plantas puede verse disminuido** y retrasado.



Universidad Autónoma  
del Estado de México

## CENTRO UNIVERSITARIO UAEM ZUMPANGO



La deficiencia de manganeso puede surgir cuando el pH del sustrato de cultivo es superior a 6.5, pues dicho elemento es fijado y pierde disponibilidad para su absorción. Asimismo, la deficiencia puede presentarse debido a bajos índices de aplicación de fertilizante, al empleo de fertilizantes para usos múltiples (cuyo contenido de micronutrientes normalmente es menor), a la lixiviación excesiva o a demasiadas aplicaciones de quelato de hierro.



Universidad Autónoma  
del Estado de México

# CENTRO UNIVERSITARIO UAEM ZUMPANGO





Universidad Autónoma  
del Estado de México

# CENTRO UNIVERSITARIO UAEM ZUMPANGO



## Bibliografía

- Arzate F. A. 2001. *Fisiología Vegetal (apuntes)*, Ed. UAEM, Toluca, Méx. 109p ISBN 968-835-705-7
- Azcón B. J.; Talón M. 2008. *Fundamentos de Fisiología Vegetal*. 2da Ed. McGraw-Hill Interamericana. Madrid. ISBN 9788448151683
- Barcelo C. J.; Nicolas R.G.; Sabaster G. B.; Sánchez T.R. 2000. *Fisiología Vegetal*. Editorial ediciones Pirámide. Madrid. España. ISBN 9788436815252
- Gutiérrez L.J.L; Gutiérrez M. L.A.2016. *Introducción a la Fisiología Vegetal*. Parentalia ediciones. 1ª Edición. México. ISBN 9786074227840
- Larque S.A.; Rodríguez G.M.T.2006. *Fisiología Vegetal Experimental Aislamiento y Cuantificación de los Reguladores de Crecimiento*. Editorial Trillas, México. ISBN 9789682445569.
- Lincoln T.; Zeiger E.2006. *Fisiología Vegetal Volumen 1*. Castelló de la Plana: Publicacions de la Universitat Jaume I.USA. ISBN 978-84-8021-599-2
- Lincoln T.; Zeiger E.2006. *Fisiología Vegetal Volumen 2*. Castelló de la Plana: Publicacions de la Universitat Jaume I.USA. ISBN 978-84-8021-600-5
- Lira S.R.H. 2007. *Fisiología Vegetal*. 2ª ed. Trillas, México. ISBN 9789682480041
- Nieto A.R.2006. *Fisiología Vegetal*. 4ª ed. Universidad Autónoma Chapingo, Texcoco, México. ISBN 968884490X



Universidad Autónoma  
del Estado de México

# CENTRO UNIVERSITARIO UAEM ZUMPANGO



<http://www.agroestrategias.com/pdf/NutricionMineraldelasPlantas.pdf>