

NUTRIENTES ESENCIALES PARA LAS PLANTAS

PhD. German Esquivel Mata

Las plantas requieren 16 elementos nutricionales esenciales en cantidades adecuadas para crecer, desarrollarse y producir cosechas abundantes. La ausencia de algunos de estos elementos esenciales limita su normal desarrollo y productividad.

Son considerados elementos nutricionales esenciales para las plantas, aquellos elementos químicos que cumplen los siguientes requisitos:

- Ante la falta de alguno de ellos, la planta no podrá completar su ciclo de vida normal.
- Cuando su función metabólica dentro de la planta no puede ser reemplazado por otro elemento nutricional.

Los nutrientes esenciales se dividen en dos grupos en función a su naturaleza química:

1) **Categoría I:** nutrientes no minerales

2) **Categoría II:** nutrientes minerales

1) Nutrientes no minerales

Son aquellos nutrientes esenciales que las plantas lo toman del aire y del agua para ser usados durante proceso de la fotosíntesis. Básicamente, en este proceso las plantas toman el carbono en forma de dióxido de carbono (CO_2) y al oxígeno (O_2) y el Hidrógeno (H) del agua (H_2O) para formar glucosa ($\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$). Las plantas en promedio contienen en su estructura entre 40-50% de carbono, 42-44% de oxígeno y 6-7% de hidrógeno en su estructura.

Los nutrientes esenciales son utilizados por las plantas durante el proceso de la fotosíntesis, respiración y otros procesos bioquímicos.

Fotosíntesis

Podemos definir a la fotosíntesis como el proceso fisiológico mediante el cual las plantas transforman la energía luminosa (**Fotón**) en energía química llamados adenosin trifosfato (**ATP**) y nicotinamida adenina dinucleótido fosfato (**NADPH₂**) para formar glucosa como se muestra en la siguiente figura.

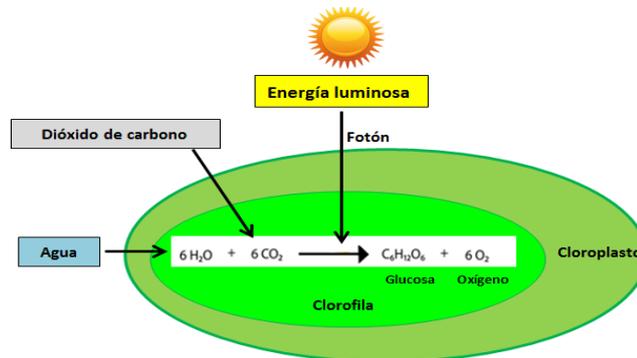


Figura N° 1: La Fotosíntesis (Dr. Germán Esquivel, 2016)

El agua es absorbida por las raíces de las plantas junto con los nutrientes minerales para ser llevadas hacia las hojas (por el xilema) y dentro de las hojas hacia el cloroplasto donde se encuentra la clorofila, es aquí donde se produce la fotosíntesis.



Figura N° 2: Biosíntesis de clorofila

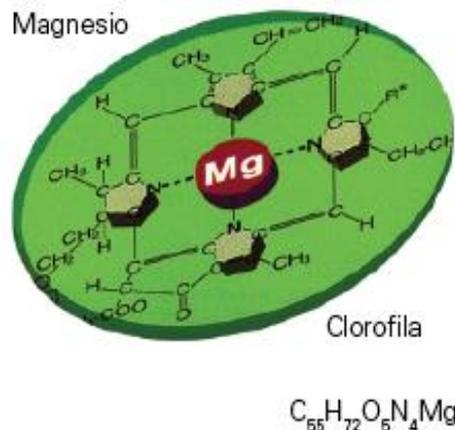


Figura N° 3: Molécula de clorofila constituido por elementos esenciales: Mg, N y otros

La fotosíntesis se desarrolla en dos fases:

- Fase luminosa
- Fase oscura

Fase luminosa

Esta fase se desarrolla en presencia de la luz solar porque se requiere de la energía luminosa (fotón) que contiene la luz solar. Para capturar esta energía luminosa las plantas disponen de dos fotosistemas llamados: fotosistema II y fotosistema I. Estos dos fotosistemas transforman la energía luminosa llamada "fotón" en energía química llamado **ATP** y **NADPH₂**

En el **fotosistema II**, la clorofila absorbe la energía luminosa llamado fotón de la luz solar de color rojo (680nm) y se produce un oxidante muy fuerte capaz de oxidar al agua ocasionando el rompimiento de la molécula de agua liberando : media molécula de agua ($\frac{1}{2}$ O₂) más dos moléculas de hidrogeno (2H) y dos electrones cargado de energía (2e), que van a servir de sustrato para formar el **ATP** el cual servirá como fuente de energía química para la formar compuestos orgánicos en la fase oscura de la fotosíntesis

Paralelamente el **fotosistema I** aquí también la clorofila absorbe la energía luminosa llamado fotón de la luz solar de rojo lejano de 700nm (longitudes de onda superiores a 680 nm) y produce un reductor fuerte y un oxidante débil", capaz de reducir **NADP⁺** a **NADPH₂** el mismo que servirá como fuente de energía química para la formación de compuestos orgánicos en la fase oscura de la fotosíntesis.

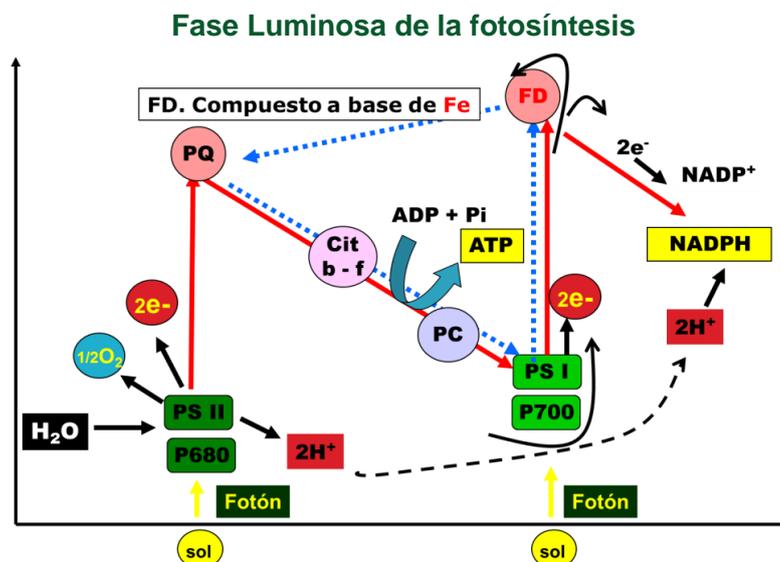


Figura N° 4: Estructura y reacciones básicas de los fotosistemas I y II (Esquema en Z).
Dr. Germán Esquivel Mata, 2002

El **ATP** y el **NADPH₂** son utilizado como fuente de energía química en la fase oscura de la fotosíntesis para forma la glucosa (CH₂O_n) indistintamente tanto como en el día o en la noche.

Fase oscura

También llamado ciclo de Calvin y Benson, en esta fase se produce la captura del **CO₂** atmosférico para sintetizar carbohidratos (CH₂O_n) utilizando la energía química llamado **ATP** y **NADPH₂**, esto ocurre de la siguiente manera:

En las plantas C₃ esta fase comienza con la fijación de una molécula de **CO₂** por una molécula de ribulosa-1,5-bifosfato (por tanto, la ribulosa-1,5-bifosfato es el primer aceptor de CO₂) para luego formarse dos moléculas de **PGA** (Ácido 3-fosfogliceroaldehido) el mismo que es reducido por acción del **ATP** y **NADPH₂** para formarse fosfogliceraldeido el cual puede seguir dos rutas:

Ruta uno:

- Continuar el Ciclo Calvin y Benson para volver a formar Ribulosa 1,5 difosfato

Ruta dos:

- Salir del Ciclo Calvin y Benson para servir de sustrato para la formación de la glucosa, a partir de las cuales se forma: los carbohidratos, lípidos, aminoácidos y otras sustancias.

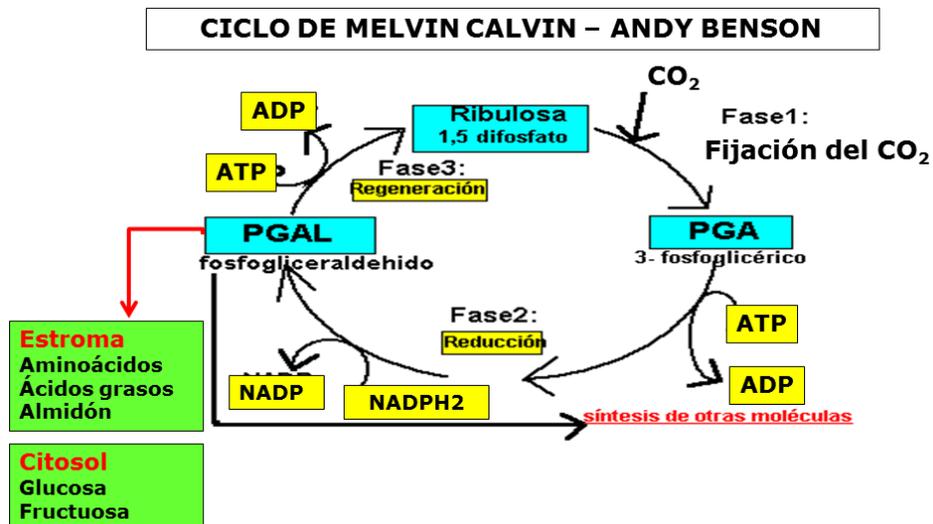


Figura N° 5. Ciclo de Calvin y Benson

Como ustedes pueden ver en la Figura 1, para que se produzca una adecuada captura de la energía luminosa se requiere clorofila es importante hacer aplicaciones en forma combinada de FITOFOL Fe o FITOFOL PLUS FIERRO + FITOFOL PLUS COMBI para

proporcionarle a la planta básicamente N, Fe y Mg ya que estos dos elementos son constituyente de la estructura de clorofila como se muestra en la Figura 2.

Además, no olvidemos que el primer aceptor de electrones en el FSI es la ferredoxina (FD) compuesto a base de hierro

Cuando nosotros aplicamos FITOFULVICO, HUMIPLUS 15+3 o HUMIPLUS 24 estamos complementando con ácido carboxílico (COOH) y grupos aminos (NH₂) que van a constituir el primero fuente de carbono y el segundo va a constituir fuentes para la formación de aminoácidos.

2) **Nutrientes minerales**

Son elementos químicos que se encuentran en el suelo, debidamente disueltos en el agua, las plantas lo absorben a través de sus raíces y se dividen en dos tipos en función a la cantidad que las plantas requieren. Dentro de los nutrientes esenciales tenemos macronutrientes y micronutrientes (Hierro, cobre. En los macronutrientes tiene nutrientes primarios y secundarios.

Macronutrientes

Se denominan así porque las plantas deben absorberlos en grandes cantidades para su perfecto funcionamiento. Estos a su vez se dividen en dos grupos:

Nutrientes primarios

Son los que las plantas utilizan más abundantemente y los que primero suelen faltar en el suelo. Son los que las plantas contienen en una proporción más elevada dentro de su composición química ya que, juntos constituyen las $\frac{3}{4}$ partes de todos los nutrientes minerales de una planta. Por lo tanto, de igual manera, las carencias de estos nutrientes son las primeras se suelen manifestar en las plantas. Los nutrientes primeros son el nitrógeno (N), el fósforo (P) y el potasio (K).

4. **Nitrógeno (N)** las plantas contienen de 1-3% de nitrógeno en su estructura.

Las plantas absorben el nitrógeno en forma de nitratos (NO₃)⁻ y amonio (NH₄)⁺ proveniente de los abonos nitrogenados como la urea, nitrato, etc. que aplicamos al suelo.

El nitrógeno es un elemento esencial para la formación de aminoácidos esenciales, que por la unión de enlaces péptidos forman las proteínas, sustancias que son parte de los tejidos vegetales. Las proteínas son indispensables a la vida de las plantas y de los animales. El nitrógeno también es parte de compuestos del metabolismo, como la clorofila y los alcaloides, así como de muchas hormonas, enzimas y vitaminas. Todos estos procesos se producen en la planta con gasto de energía ATP y NADPH₂.

Cuando nosotros aplicamos **FITOAMIN** vía foliar estamos proporcionándoles a las

plantas aminoácidos esenciales para que las plantas formen proteínas sin gasto de energía de acuerdo a la necesidad de su etapa fisiológica sobre todo en su etapa de crecimiento vegetativo.

En conclusión, el nitrógeno forma de la proteína y la clorofila, por lo que se puede apreciar cuando se aplica nuestros productos las plantas presentan un color verde intenso y se promueve el crecimiento de hojas y tallos.

5. Fósforo (P), las plantas contienen de 0.3 - 3% de fósforo en su estructura.

Es un elemento fundamental debido a que forma parte de la estructura básica de la energía química ATP (adenosin trifosfato), el cual es utilizado en la fase oscura para la asimilación de CO₂ y la formación de azúcares como la glucosa. Sin este elemento el desarrollo y crecimiento de la planta no existiría. Además, forma parte de ciertas enzimas, proteínas, fosfolípidos, ácido ribonucleico (ARN) y ácido desoxirribonucleico (ADN); el ATP participa en varias reacciones de transferencia de energía, el ARN y el ADN son componentes de la información genética; también el fósforo forma parte del ácido fítico presente en las semillas. También contribuye para el desarrollo del sistema radicular y para la salud general de la planta. El fósforo actúa en la cosecha como factor de calidad y cantidad, es decir, contribuye para una mayor producción de los cultivos

Como fuente de fósforo nosotros disponemos de FITOFOS, FITOFOL PK, los mismos que deben recomendarse su aplicación foliar en toda la etapa del cultivo, para que sirva de sustrato para la formación de ATP.

En conclusión, el fósforo es importante para el desarrollo inicial de las plantas, debido a que provoca un crecimiento inicial rápido en raíces, tallos y hojas. Estimula una floración vigorosa.

6. Potasio (K), las plantas contienen de 0.05 - 1.0 % de potasio en su estructura.

Es un activador de procesos metabólicos los cuales implican la conservación del agua en la planta y la presión de la turgencia de las células, mediante la apertura y cierre estomático, esto significa que al no tener las plantas cantidad adecuadas de potasio se deshidratarían por efecto de las altas temperaturas. La falta de apertura de estomas imposibilita la transpiración del agua de las hojas de las plantas hacia la atmósfera ocasionando que las raíces dejen de absorber agua para reemplazar el agua que se ha perdido por las hojas, ocasionando la falta de translocación y movimiento de los nutrientes del suelo hacia las hojas.

También el K promueve la acumulación y la rápida traslación de los carbohidratos elaborados en las hojas hacia los órganos de reserva de las plantas como: frutos, semillas, tubérculos, etc. Además este nutriente participa en la elaboración de los

azúcares y el almidón.

Es un elemento indispensable para la formación y maduración de los frutos y generar una mejor coloración de los frutos de acuerdo a su color, por ejemplo:

- **Frutos de color Rojo:** contienen licopeno, como por ejemplo el tomate, guayaba, toronja, uva red globe, capsicum, etc.
Se recomienda hacer la aplicación de FITOFOL PK50 o FITOFOL PLUS POTASIO para mejorar la coloración de estos frutos.
- **Frutos de color Amarillo/Naranja:** contienen carotenoides (Beta y Alfa-Caroteno), como por ejemplo mandarina, piña, naranja, melón, mango, melocotón, durazno, zanahoria, maíz, etc.,
Se recomienda hacer la aplicación de FITOFOL PK50 o FITOFOL PLUS POTASIO para mejorar la coloración de los frutos.
- **Frutos de color verde:** contienen ácido fólico (vit B9), como por ejemplo las hortalizas verdes como el apio, perejil, culantro, brócoli, vainitas, lechuga, espinaca.
Se recomienda hacer la aplicación de FITOAMIN para mejorar la coloración de este grupo de hortalizas.
- **Frutos de color púrpura/morado:** contienen antocianinas, polifenoles, resveratrol, como por ejemplo las frutas moradas como las uvas moradas, moras, ciruelas, higos, arándanos morados, y las hortalizas moradas como la berenjena, cebolla morada.
Se recomienda hacer la aplicación de FITOFOL PK50 o FITOFOL PLUS POTASIO para mejorar la coloración de los frutos.
- **Frutos de color blanco:** contienen sulfúranos, isocianatos, como por ejemplo las hortalizas: blancas que tienen un olor azufrado como la coliflor, coles, espárragos.
Se recomienda hacer la aplicación de AZUFRON para mejorar la coloración de este grupo de cultivos.

Como fuente de potasio disponemos de FITOFOL PK50, FITOFOL PLUS POTASIO, se recomienda su aplicación en el cultivo de papa, fresa, maíz, etc. para translocar los carbohidratos.

Además, el potasio da vigor y resistencia contra el ataque de enfermedades por la promoción de fitoalexinas.

Nutrientes secundarios

Los nutrientes secundarios son: calcio (Ca), magnesio (Mg) y azufre (S).

7. **Calcio (Ca)**, las plantas contienen de 0.5-3.5% de calcio en su estructura “pegamento” que mantiene las células juntas y mantiene las paredes de las células vegetales rígidas y firmes.

El Calcio reduce el ablandamiento de frutos y su deterioro, un nivel adecuado de calcio en los tejidos inhibe la acción de enzimas poligalacturonasas que causan el rompimiento de la membrana y senescencia de los tejidos.

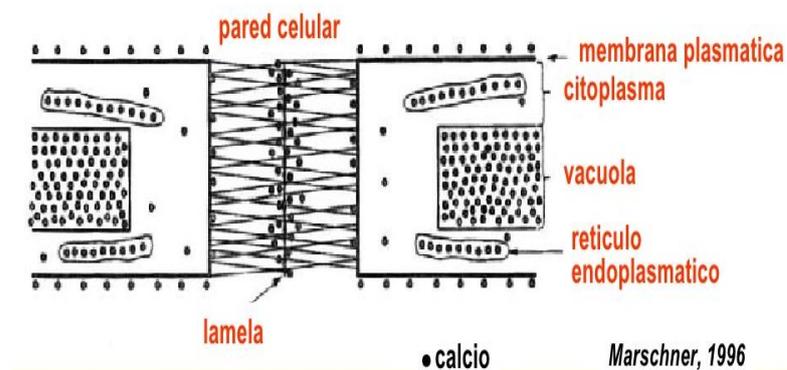


Figura N° 6. Pared celular

Como fuente de potasio disponemos de **CALBÓ, FITOFOL CALCIO, FITOFOL PLUS CALCIO**, se recomienda su aplicación inicio de la campaña y previa a la maduración del fruto.

Se puede observar un mayor desarrollo de raíces, plantas mejor estructuradas y de color verde intenso como consecuencia de la mejora en la absorción del nitrógeno.

8. **Magnesio (Mg)**, las plantas contienen de 0.1-0.5% de magnesio en su estructura.

Al igual que el Ca, el Mg puede encontrarse en las plantas como elemento estructural (forma parte de la molécula de clorofila) o como cofactor enzimático. El magnesio constituye el núcleo de la molécula de clorofila y se une covalentemente al ATP por lo que interfiere en la síntesis de proteínas, unión y estabilidad de las subunidades ribosomales en la transcripción. El magnesio ayuda al almacenamiento de los azúcares en la planta, indispensables en la formación de los carbohidratos, aceites y grasas como cofactor enzimático.

Como fuente de Magnesio disponemos de **FITOFOL PLUS COMBI**, se recomienda su aplicación durante toda campaña.

Luego de la aplicación de Magnesio se observa en la plantas una coloración verde

intensa en las hojas, como consecuencia de la formación de mayor número de clorofila.

9. **Azufre (S)**, las plantas contienen de 0.03-0.08% de azufre en su estructura. La función más importante del S está relacionada con su participación en la síntesis de las proteínas. El azufre forma parte de los aminoácidos cisteína, cistina, tiamina y metionina; también de compuestos como la coenzima A, vitamina B1 y algunos glucósidos, los cuales dan el olor y sabor característicos a algunas plantas, como las crucíferas y liliáceas.

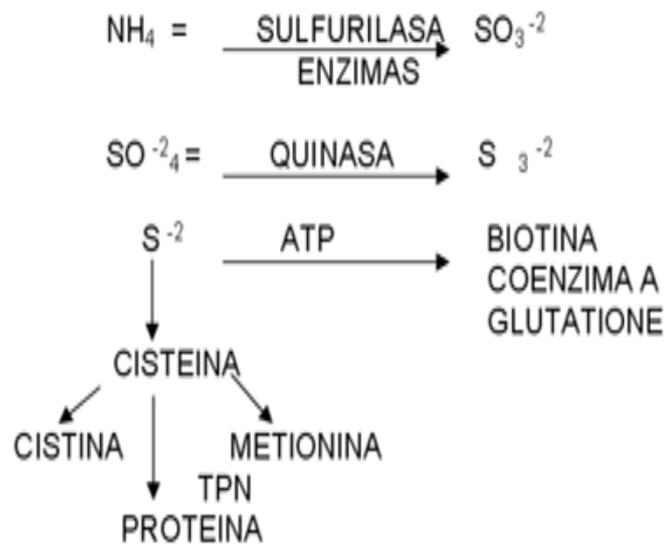


Figura N° 7. Formación de aminoácidos a partir del azufre

Como fuente de Azufre disponemos de **AZUFRON**, se recomienda su aplicación durante toda campaña. **AZUFRON** es un trióxido de azufre (SO)₃ cuya característica más importante es su tamaño de molécula que lo hace un producto líquido extremadamente asimilable por la hoja y ayuda a la formación de clorofila y raíces nuevas.

Micronutrientes

Se denominan así porque las plantas necesitan absorber pequeñas cantidades para que funcionen bien. Se denominan también elementos traza dado que aparecen en trazas o pequeñas cantidades cuando se realiza un análisis químico. Los nutrientes son: hierro (Fe), cobre (Cu), zinc (Zn), cloro (Cl), manganeso (Mn), molibdeno (Mo) y boro (B).

10. Hierro (Fe), las plantas contienen de 0.5-0.25 % de azufre en su estructura.

Es de gran importancia por su participación en los sistemas redox biológicos como cofactor enzimático. Forma parte de la estructura de: citocromo (paso final de la respiración), citocromo oxidasa (transporte de electrones), catalasa, peroxidasa y ferredoxina (compuesto encargado de aceptar el electrón proveniente del fotosistema I capturado durante el día); también es necesario su presencia para la reducción del nitrato y sulfato, así como la asimilación del Nitrógeno atmosférico y la producción de energía (NADPH₂); también se encuentra asociado con la síntesis de la clorofila.

Como fuente de Hierro disponemos de **FITOFOL Fe, FITOFOL PLUS FIERRO**, se recomienda su aplicación durante toda campaña. Hierro quelatado con EDDHA y en posición orto-orto lo que lo hace un producto de alta asimilación por el escaso diámetro del elemento.

Luego de la aplicación de hierro se observa en la plantas una coloración verde intensa en las hojas, como consecuencia de la formación de mayor número de clorofila.

11. Cobre (Cu)*

Este elemento actúa como vehículo para el transporte de oxígeno, ayudando a la respiración de las plantas, pero también es tóxico en altas concentraciones.

Su mayor importancia radica en su participación del proceso redox, tiene características similares a las del hierro. El cobre es un componente de la proteína del cloroplasto denominada plastocinina, que toma parte en el sistema de transporte de electrones en el fotosistema I y II; también participa en el metabolismo de las proteínas y carbohidratos, en la fijación del N atmosférico, y es un componente de las enzimas (citocromo oxidasa, polifenol oxidasa y ácido ascórbico oxidasa), las cuales reducen el oxígeno molecular (O₂), al catalizar procesos de oxidación.

Como fuente de cobre disponemos de **CUPRON y FITOFOL PLUS COBRE**, se recomienda su aplicación durante toda campaña.

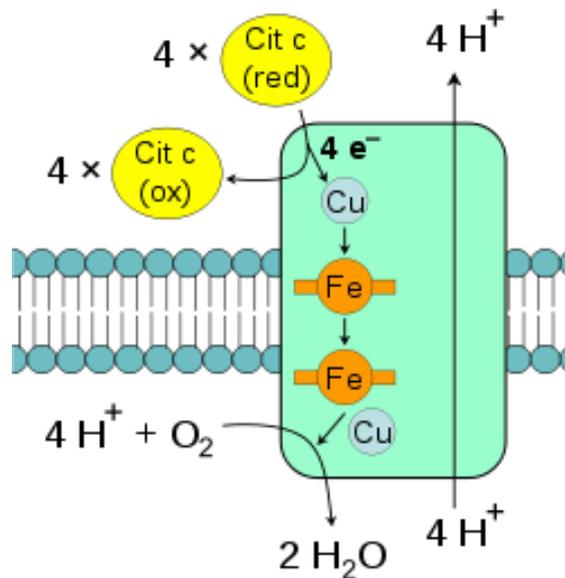


Figura N° 8. Fosforilación oxidativa

12. Zinc (Zn)*

Permite la fijación del nitrógeno en la planta, y forma parte de las enzimas y fitohormonas (hormonas vegetales) que es fundamental en la síntesis de auxinas, especialmente en la ruta metabólica del triptófano que conduce a la formación del ácido indolacético. Las enzimas que requieren zinc para su actividad, son: anhidrasa carbónica, alcohol deshidrogenasa, algunas piridinas nucleótido deshidrogenas, glucosa-fosfato deshidrogenasa y triosafofosato deshidrogenasa

Como fuente de Zinc disponemos de **FITOFOL PLUS ZINC**, **FITOPLUS Zn**, se recomienda su aplicación durante toda campaña.

Luego de la aplicación de Zinc se observa en la plantas una coloración verde intensa en las hojas, como consecuencia de un mejor funcionamiento del proceso fotosintético, como cofactor enzimático.

13. Cloro (Cl)*

Mantiene en equilibrio el gradiente de pH existente entre el citosol y la vacuola de las células vegetales por activación del Mg, Mn ATPasa del tonoplasto.

Es un soluto osmótico activo de gran importancia. Así, está implicado en el mecanismo de apertura/cierre de estomas junto con el potasio y en diversos movimientos o nastias.

También está implicado en la fotólisis del agua con emisión de oxígeno en el

fotosistema II. Participa en fosforilación cíclicas y no cíclicas.

14. Manganeso (Mn)*

Ayuda a las semillas a formar carbohidratos en la germinación. Se encuentra envuelto en los procesos de oxidación-reducción en el sistema fotosintético del transporte de electrones. En el fotosistema II, interviene como un puente entre el ATP y el complejo enzimático fosfoquinasa y fosfotrasferasa.

Como fuente de manganeso disponemos de **FITOFOL PLUS COMPLETO**, **FITOFOL PLUS COMBI**, se recomienda su aplicación durante toda campaña.

Después de la aplicación de manganeso se observa una mayor coloración en la planta debido a la mayor formación de clorofila.

15. Molibdeno (Mo)*

El molibdeno es un componente esencial en dos enzimas que convierten el nitrato a nitrito (una forma tóxica del nitrógeno) y luego a amoníaco, antes de usarlo para sintetizar aminoácidos dentro de la planta. Influye en la síntesis de los aminoácidos y las proteínas, permite una mejor utilización de nitrógenos por las plantas.

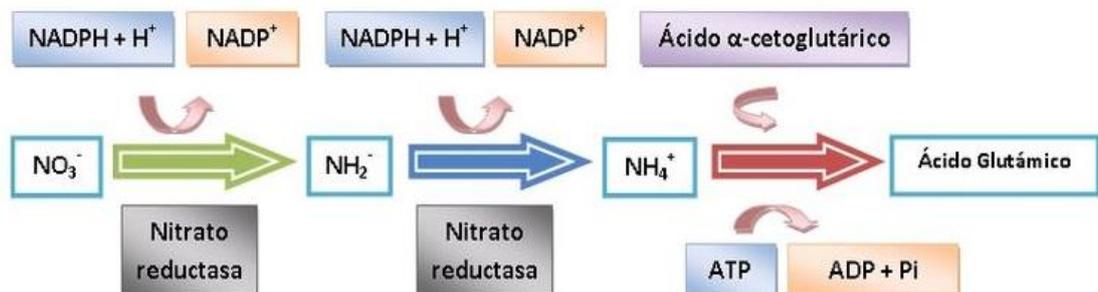


Figura N° 9. El molibdeno contribuye a la formación de ácido glutámico

16. Boro (B)*

Es indispensable para la fijación de nitrógeno y para que el floema (conducto por donde la planta transporta los nutrientes) cumpla su función de transportador de fotosintatos elaborados y azúcares a través del floema; también participa en la síntesis del ácido giberélico y en el metabolismo del ARN.

Otra función importante es su participación en el proceso de floración, germinación del tubo polínico y el crecimiento de los frutos. El papel de mayor peso del boro está en la germinación del tubo polínico y su viabilidad para recibir el polen ya que sin estos no hay fecundación.

También participa en el transporte del potasio hacia los estomas (lo que ayuda a regular el equilibrio interno del agua).

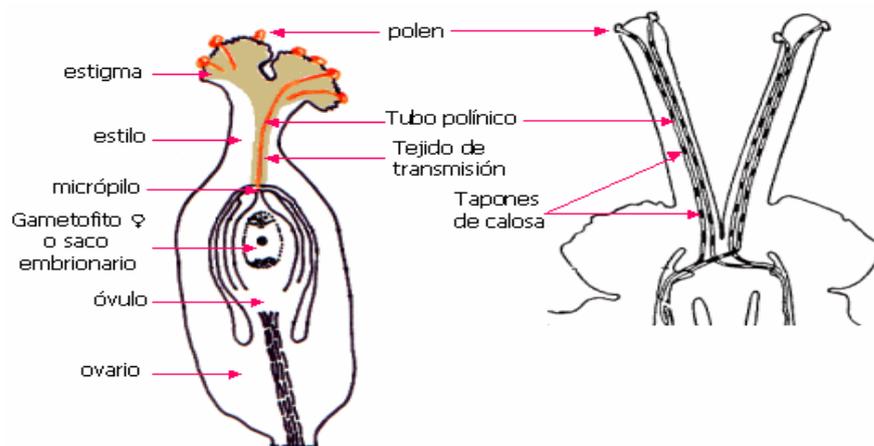


Figura N° 10 Estructura de una flor, mostrando la estructura polínica

Como fuente de boro disponemos de **CALBÓ, SOLUBOR, GRANUBOR y FERTIBOR** se recomienda su aplicación durante toda campaña.

Después de la aplicación de Boro se puede observar una mayor formación de raíces y un mayor número de frutos cuajados.

***=trazas**

BIBLIOGRAFÍA

- Azcon – Bieto 2000. Fundamentos de Fisiología Vegetal.
- Aldabe L.; Colnago P.; Dogliotti S.; Galván G. 2011. Bases Fisiológicas del crecimiento y desarrollo de los principales cultivos hortícolas
- Bertsch, F. 2003. Absorción de nutrimentos por los cultivos. Asociación Costarricense de la ciencia del Suelo. San José, Costa Rica. 307p.
- Fontes, R. 2001. Diagnóstico del estado nutricional de las plantas. UFV. 122 p.
- Guardiola, J. y García, A. 1990. Fisiología vegetal I: Nutrición y transporte. Ed. Síntesis. Madrid.
- Malavolta, E.; G. C. Vitti y S. A. De Oliveira 1989. Evaluación del estado nutricional de la plantas. Asociación brasileña para la investigación del potasio y fósforo. Piracicaba, Brasil. 201 p.
- Mengel, K. y Kirkby, E. 2000. Principios de Nutrición vegetal; Editor: International Potash Institute, 692 p.
- Palacios Matínez, C. 2012. Dinámica del nitrógeno y el fósforo, ciclos e interacciones con los cultivos.
- Salisbury, F. y Ross, C. 2000. Fisiología de las Plantas. Trad. JM Alonso. España, Paraninfo. 987 p.
- Taiz, L. y Zeiger, E. 1998. Fisiología Vegetal. Vol. 2. Universitat Jaume. 656 p.