



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
ZARAGOZA**

**CINÉTICA DE ABSORCIÓN DE NO_3^- Y H_2PO_4^- ,
EN TRIGO, TRITICALE Y MAÍZ**

**TESIS QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
BIOLOGO
PRESENTA
MIGUEL ANGEL RAMÍREZ TIRZO**

MEXICO D.F. de 2003.

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

A



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

PAGINACIÓN DISCONTINUA

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

AGRADECIMIENTOS

Doy gracias a Dios por tener la posibilidad de concluir esta tesis y todo aquello que me ha brindado en la vida, a quien ofrezco de todo corazón los esfuerzos, sacrificios y alegrías que pasaron.

Mi reconocimiento y respeto a esta Gran Nación y a la IES ZARAGOZA, que con su gente trabajadora y sus impuestos, impulsa a gente como yo para tener un lugar en la universidad, que de otra forma sería muy difícil.

Con todo mi amor y dedicación a mi esposa Susana Ojeda Trajo y mis preciosas hijas Angel Ramirez Ojeda y Erick Ramirez Ojeda quienes siempre han estado a mi lado, con quienes comparto este gran logro en mi vida.

A mis señores padres Javier Ramirez Martinez y Angelina Triso Monterrubio y mis hermanas Eva y Olga Ramirez Triso, quienes con grandes sacrificios y esfuerzos me dieron todo en la vida.

A los Abuelos paternos y maternos que muy a su forma de ser me dieron su cariño y su apoyo en mi vida y educación, así como a toda la gran familia a la que pertenezco, al mismo tiempo a las tías, Rafaela, Elba, Elba, Maricela Triso Monterrubio, como a las tías, Minerva, Amparo, Guillermina Ramirez Martinez, que muy a su peculiar estilo me impulsaron y ayudaron en mi educación superior. Sin olvidar a mi familia política, mis suegros Alberto Ojeda Rosas y Jovita Trajo Chavez.

Con gran aprecio y respeto, agradezco a mi director de tesis M. en C. Gerardo Cruz Flores, que con el Don de la Docencia, con gran dedicación, paciencia y subiduría, en todo momento y con amplia visión condujo mi trabajo de tesis a buen término.

Con toda mi admiración y respeto a mis señores Biol. Rubén Zubarán Rosales, Biol. Ramiro Ríos Gámez, Biol. Elvira Adriana Guerra Hernández y M. en C. Rosalba García Sánchez, por sus valiosas aportaciones a esta tesis.

A todas aquellas amables personas que aunque no las menciono aquí, saben que son cómplices de este éxito que comparto con todos.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

INDICE	
Resumen	1
Introducción	3
Revisión bibliográfica	7
Cinética de absorción	8
Determinación de la cinética de absorción de nutrimentos	10
Determinación de las velocidades de absorción de nutrimentos	10
Condiciones de cultivo para estudios de cinética de absorción del ión	13
Hidroponía	15
Nitrógeno	17
El papel del nitrógeno	17
Fósforo	18
El papel del fósforo en la planta	18
Flujo de nutrimentos en el sistema suelo planta	20
Absorción de nutrimentos	21
Movimiento de los iones de la fase sólida del suelo a la solución del suelo	21
Movimiento de los iones de la solución del suelo a la superficie de la raíz	22
Flujo de masa	22
Difusión	22
Intercepción radical	23
Absorción activa y absorción pasiva	23
Hipótesis	25
Objetivos	25
Materiales y Métodos	26
Diseño experimental	28

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

Variables a evaluar	28
Tratamiento estadístico	28
Análisis y discusión de resultados	29
Cinética de absorción de fosfatos	29
Cinética de absorción de nitratos	40
Variables morfológicas	45
Conclusiones	53
Sugerencias	54
Bibliografía	55
Apéndice A	<i>i</i>
Apéndice B	<i>iii</i>
Anexo I	<i>v</i>
Anexo II	<i>vi</i>
Anexo III	<i>vii</i>

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

RESUMEN

El objetivo de éste trabajo de investigación, fue evaluar la cinética de absorción de nitratos y fosfatos en los cereales: trigo, triticale y maíz así como estudiar la relación que existe entre la cinética de absorción de iones NO_3^- y H_2PO_4^- con la eficiencia de uso de estos nutrimentos.

Para determinar si la cinética de absorción puede aplicarse como herramienta para seleccionar genotipos "más eficientes" ante condiciones de estrés por deficiencia de nutrimentos, nitrógeno y fósforo; se utilizaron dos variedades de trigo: Duro IDSN y Harinero FWWYT, dos de triticale: FWTCL y Secano y dos de maíz: S. Yeche Met 93 y H-34 Met 94, cuyas semillas fueron sembradas en agrolita estéril y se regaron exclusivamente con agua destilada. Posteriormente plantas de la misma talla fueron trasplantadas en botellas de 245 mL de capacidad que contenían uno de los cuatro tratamientos (soluciones nutritivas: +N+P, +N-P, -N+P y -N-P). El diseño experimental consistió en bloques al azar con un factorial de 4 tratamientos por 3 repeticiones y 6 genotipos lo que dio un total de 72 unidades experimentales.

Las variables evaluadas fueron: velocidad de absorción de NO_3^- y fosfatos (H_2PO_4^-), longitud de raíz, longitud de vástago, peso fresco de vástago y raíz (PFV y PFR), peso seco de vástago y raíz (PSV y PSR), e índice de eficiencia (RV) = PSR/PSV .

A los datos obtenidos se les aplicó un análisis de varianza, se realizó una prueba de comparación de medias (Tukey) y se calcularon los coeficientes de correlación.

Con base a la producción de biomasa seca en parte aérea, el trigo Harinero IDSN y el triticale FWTCL resultaron ser los más eficientes en uso de N y P y en los maíces S. Yeche Met 93 y H-34 Met -94 no se observó diferencia.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Respecto a la relación R/V; el trigo Harinero IDSN y triticales FWTCL tienen una mejor distribución de biomasa hacia la parte aérea respecto a la raíz y entre los maíces no hubo diferencia en la distribución o partición de biomasa.

La velocidad de absorción de NO_3^- y H_2PO_4^- en el trigo Harinero, es más rápida, lo que concuerda con su mayor producción de biomasa (eficiencia); para el triticales FWTCL y para el maíz Yeche, se observó un comportamiento similar al descrito en los trigos, es decir que una mayor velocidad de absorción de iones es una posible causa de influencia para aumentar la biomasa en parte aérea.

INTRODUCCIÓN

La República Mexicana se encuentra rodeada por mar en ambas costas, presenta un relieve accidentado y una diversidad de climas entre los que se encuentran los cálidos húmedos con alta precipitación total anual, lo que trae por consiguiente, en algunos casos, la formación de suelos ácidos. El 6% del territorio, lo constituyen suelos ácidos, que se usan como zonas de pastizal, silvícolas y agrícolas principalmente (Nuñez, 1985). Entre los suelos ácidos, comprendidos entre la región sudeste de la república (sur de Veracruz, Tabasco y Chiapas y a lo largo del eje Neovolcánico), se localizan, los Gleysoles, Cambisoles, Acrisoles y Nitisoles y sobre el eje Neovolcánico, los Andisoles, que son derivados de ejetas y ceniza volcánica.

La condición ácida de algunos suelos limita, la disponibilidad del fósforo y a su vez el crecimiento y desarrollo de las plantas. Así mismo en los cultivos dicha condición de acidez trae como consecuencia, que la eficiencia de la fertilización fosfatada sea tan baja como 8 a 10 % (Etchevers, 1985), lo que da como resultado una constante contaminación del medio edáfico por la gran cantidad de fertilizante retenido en el complejo del suelo.

El nitrógeno (**N**) y el fósforo (**P**) son nutrimentos esenciales para el desarrollo de las plantas. En la biosfera las plantas están expuestas a diferentes formas de nitrógeno, entre los que destacan N-mineral, N-orgánico y las formas gaseosas o volátiles NH_3 , NO_x y nitrógeno molecular en la atmósfera. En el suelo la forma de nitrógeno absorbida por las plantas está principalmente determinada por la abundancia y accesibilidad lo cual hace de los NO_3^- y NH_4^+ las formas más importantes para la nutrición de las plantas en condiciones de agricultura (Wirén *et al.*, 1997).

Las plantas pueden usar casi todas las formas de N con la excepción del N molecular (N_2) el cual está restringido para especies de plantas que viven en simbiosis con bacterias fijadoras de nitrógeno. De cualquier modo, la utilización de esta fuente de N

está determinada fuertemente por el ambiente y particularmente por las condiciones del suelo.

En suelos cultivados la concentración de NO_3^- puede encontrarse en un intervalo de 0.5 a 10 mM, mientras que la concentración de amonio puede ser mucho menor en intervalos de 10 a 100 μM en casos excepcionales, como después de una fertilización (Marschner, 1995).

Es claro observar que la sobreutilización de agroquímicos (fertilizantes, plaguicidas, herbicidas) tiene un alto impacto en la contaminación del suelo, de tal manera que es importante encontrar en las mismas plantas, respuestas de adaptación que permitan disminuir el uso de estos productos. Y son las mismas plantas que han desarrollado respuestas fisiológicas (intercepción radical, liberación de exudados, actividad enzimática), para ser más eficientes en el uso de los nutrimentos.

En relación con la cinética de absorción de iones, (Theertham *et al.*, 1993), afirman que es importante conocer las propiedades cinéticas de absorción de iones de cada especie de planta, no solamente para describir especies y genotipos con alta capacidad de absorción; sino también para comprender, pronosticar y prevenir la competencia en la absorción de nutrimentos, durante el crecimiento de las plantas, los cuales se suministran en una mezcla con otras especies químicas que son utilizadas por las plantas que crecen de manera natural y en agroecosistemas.

La absorción de iones es un proceso distintivo por su selectividad y por los procesos fisicoquímicos inherentes a dicho proceso. Por la naturaleza química de las membranas y por la carga de los iones que son absorbidos a través de ellas, la absorción puede ser activa o pasiva (Figura 1).

La absorción de iones con carga negativa es un proceso metabólico de alto costo energético para las células y por lo tanto es un proceso activo.

En la absorción activa de iones se da en contra de un gradiente químico y eléctrico que requiere un "esfuerzo" en término de gasto de ATP (Figura 2).

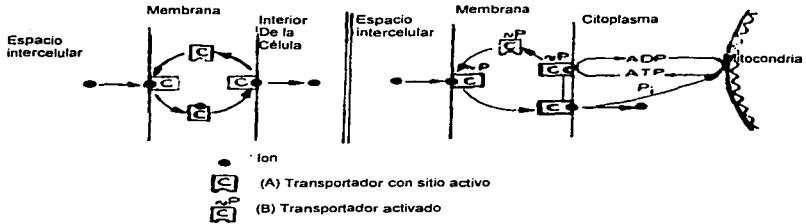
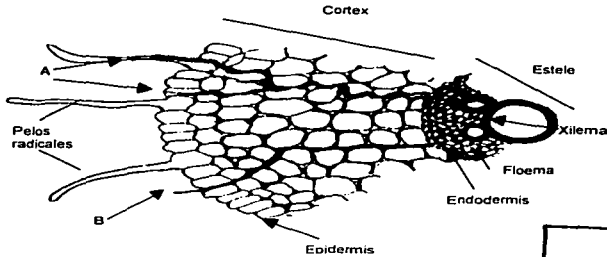


Figura 1. Modelo Ion-transportador (A) no activado, (B) activado



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Figura 2. Corte trasversal de una raíz de maíz mostrando el simplesma (A) y apoplasma (B) vías del ion transportador a través de la raíz.

La velocidad de absorción de iones por las membranas celulares en las raíces tiene un comportamiento similar al que siguen las reacciones enzimáticas.

El proceso mediado por un "transportador" de iones a través de la membrana, está sujeto a un control de saturación cinética que asume que el número de transportadores es limitado por lo tanto se plantea como hipótesis que el "transportador" específico, y los iones absorbidos funcionan como una enzima y su substrato.

Estos estudios necesitan ser conducidos en investigaciones de periodos más largos, usando plantas intactas en el suelo para obtener resultados experimentales con más aplicabilidad práctica (Fageria *et al.*, 1997).

En este trabajo de investigación se propone a la cinética de absorción de iones, como una herramienta más para la selección de genotipos en su explotación agrícola, ya que a través de esta técnica se pueden probar en un solo experimento varios organismos a la vez, de forma económica, rápida, menos contaminante y relativamente sencilla.

REVISIÓN BIBLIOGRAFICA

“La Eficiencia Nutricional” es un término que frecuentemente encontramos en la literatura, y es definido de la siguiente manera por diversos autores:

Para Guerloff (1976), se define la eficiencia como el rendimiento expresado en biomasa, dividido por el suministro del nutrimento. Algunos autores definen la eficiencia como aquella capacidad de producir la mayor cantidad de materia seca por la menor cantidad de nutrimento aplicado o tomado.

La eficiencia en la adquisición de nutrimentos está frecuentemente definida en términos del total de un nutrimento absorbido por planta o la proporción específica absorbida por unidad de longitud de raíz (Marschner 1995).

La eficiencia nutricional, como se ha definido, es un mecanismo de adaptación de las plantas a condiciones de estrés los cuales se desarrollan como consecuencia de bajos niveles de fertilidad que se dan en diferentes tipos de suelos.

Sostener alto rendimiento con suministro racional es factible con genotipos eficientes por lo que aumentar la eficiencia mineral en las plantas cultivadas, es posible mediante selección y crianza de genotipos adaptados a baja disponibilidad de nutrimentos en el suelo (Cruz, 1999).

Por otro lado la eficiencia agronómica se ha definido como la cantidad de producción económica (grano) por unidad de nutrimento aplicado. Otro término, (recuperación aparente de nutrimento (RAN), es algunas veces usado para reflejar la eficiencia de una planta para obtener nutrimentos del suelo. La eficiencia agronómica es producto de eficiencia fisiológica y de la recuperación aparente de nutrimento que puede reflejar la eficiencia total con que un nutrimento aplicado es usado. Un incremento en la eficiencia fisiológica o la recuperación aparente del nutrimento puede incrementar la eficiencia agronómica (Rao *et al.*, 1995)

La relación de eficiencia de absorción y utilización es la razón entre la materia seca y la cantidad de nutrimento en tal biomasa. El índice de eficiencia se debe relacionar al crecimiento para evitar errores de seleccionar plantas con alta relación de eficiencia y baja producción de materia seca como son las plantas extremadamente deficientes en algún nutrimento. Ante esto Furlani y Filho, (1990) sugieren el uso del índice de eficiencia, definido como el producto de relación de eficiencia por la biomasa seca.

$$IE = RE * \text{Biomasa Seca}$$

Donde :

$$RE = \frac{\text{Biomasa seca de parte aérea}}{\text{Acumulación de nutrimento en biomasa seca de parte aérea}}$$

LA CINÉTICA DE ABSORCIÓN

Glass (1990) enfatizó que la absorción de iones, involucra mecanismos cuyo comportamiento es semejante a la cinética de las reacciones enzimáticas, pues la característica de las raíces a mantener concentraciones de iones muy altas y muy bajas a uno y otro lado de la membrana, sugiere un alto grado de impermeabilidad de ésta. La condición ordinaria de absorción de fósforo por las plantas, señala una absorción activa ya que ésta se da:

- a) Contra un gradiente de concentración química transmembranal.
- b) Contra un potencial eléctrico.
- c) Al presentar alta correlación con la actividad metabólica celular
- d) Con el aumento de la luminosidad.
- e) Con el aumento de la actividad metabólica.

La absorción activa de los iones fosfatos, como de otros iones, supone la participación de uno o varios transportadores pero no se conoce con precisión éste proceso (Alcántar, 1991) Figura 3.

Glass (1990) realizó una importante discusión sobre la naturaleza bioenergética del flujo de iones de bajas a altas concentraciones a través de las biomembranas. Señaló que las diferencias de potencial electroquímico transmembranal son uno mismo, e indica que al aumentar la concentración externa de iones $-H_2PO_4^-$ disminuye la diferencia de potencial electroquímico transmembranal.

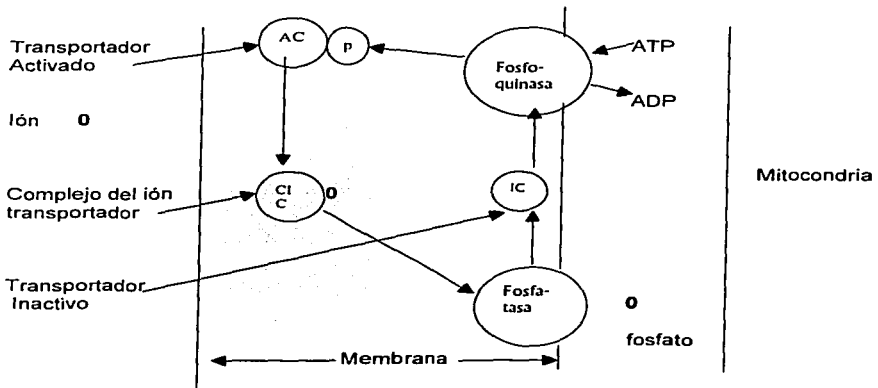


Figura 3. Mecanismo del ion transportador (Fageria *et al.*, 1997).

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

LA DETERMINACIÓN DE LA CINÉTICA DE ABSORCIÓN DE NUTRIMENTOS (VELOCIDAD DE ABSORCIÓN DE IONES).

Son tres los factores primarios que determinan el suministro del nutrimento a la planta: la concentración externa del nutrimento como en la superficie de la raíz, la velocidad de absorción del nutrimento por las raíces y la velocidad de crecimiento de la planta (Becerril *et al.*, 1998).

La concentración, externa es un factor controlable, pues el suministro de fertilizantes influye en este. La velocidad de absorción del nutrimento por unidad de raíz es usualmente definido en términos de velocidad de absorción por unidad de superficie de área por flujo o influjo de iones por área superficial o por longitud de raíz (Brewster y Tinker, 1972).

Estudios a este respecto han sido conducidos en varias especies a través del uso de raíces escindidas de plantas jóvenes intactas en solución nutritiva y plantas jóvenes creciendo en macetas con suelo (Becerril *et al.*, 1998).

LA DETERMINACIÓN DE LAS VELOCIDADES DE ABSORCIÓN DE NUTRIMENTOS SE OBTIENEN POR:

- (a) Análisis por flujo de nutrimento. Este método involucra una cosecha secuenciada de ciertas partes de la planta y determinar en ellas el contenido nutrimental, y así, generar una ecuación empírica capacitada para la interpretación del cálculo de la derivada de la absorción de iones, respecto al tiempo (valores instantáneos de velocidad), relacionada con cualquier unidad de raíz. Una correlación con el análisis de crecimiento enfatiza una debilidad en esta aproximación, cuando se aplica a todo el sistema radical en el suelo pues es difícil o casi imposible tener 100 % de la raíz de las plantas en el suelo. Esta es la deficiencia entre la actividad de absorción dentro del sistema radical y su distribución en el suelo (Becerril *et al.*, 1998).

(b) Determinación de la cinética de absorción de iones. En este caso, el flujo de nutrimentos dentro de la raíz está relacionado con la concentración externa. La influencia de la concentración externa sobre la velocidad y modelo de absorción del ión ha sido exhaustivamente estudiado (Epstein, 1976).

La cinética de absorción de los nutrimentos dentro de las células de raíz y su subsecuente translocación a otras partes de la planta es uno de los procesos más importantes que determinan el crecimiento de la misma.

La naturaleza de la cinética de absorción en la raíz de algunas especies de plantas en particular, puede afectar la suficiencia del suministro de la planta (Barber, 1984).

El conocimiento de la relación entre la velocidad de absorción del nutrimento por las raíces de las plantas y la concentración del nutrimento en la solución externa como en la superficie de la raíz, es esencial con motivo de caracterizar la respuesta de las plantas a diferentes regímenes de nutrimentos y para definir las condiciones necesarias del suelo para optimizar la absorción de nutrimentos (Bhat, 1981).

Estudios sobre la cinética de absorción de iones asumen que la relación entre la concentración del ión, en el lado de entrada de la membrana, y el flujo del ión hacia dentro de una célula de raíz o todo el sistema radical, está gobernado por la cinética tipo-Michaelis-Menten.

Epstein (1976), ha mostrado que la velocidad de absorción neta de un ión, esta relacionado con la concentración externa de nutrimentos y por la ecuación Michaelis-Menten, en la cual la velocidad máxima de absorción ($V_{m\acute{a}x}$) y la concentración externa puede ser derivada cuando la velocidad de absorción es la mitad de la $V_{m\acute{a}x}$ (K_m). El además, establece que habría que separar los mecanismos de absorción dependiendo de la concentración: Mecanismo "I" el cual opera en el intervalo de 0 a 1 mMol L⁻¹ y el mecanismo "II" que opera cuando la

concentración es mayor que 1 mMol L^{-1} para los valores de $V_{\text{máx}}$ y K_m existe diferencia en cada intervalo de concentración.

Es claro de cualquier modo, que mientras que el mecanismo "I" (sube a 1 mM ó menos) para (K^+ y H_2PO_4^-) es un proceso individual bien definido con la cinética de Michaelis-Menten, el mecanismo "II" está pobremente definido y puede no tener claro el valor de $V_{\text{máx}}$ (Nye y Tinker, 1977).

Para muchos de los experimentos realizados fuera del suelo o en cultivo en solución; las concentraciones externas de nutrimentos han sido en el intervalo del mecanismo "I". Lo que puede ser argumentado en el mecanismo "II", puede en la práctica ser limitado a la absorción de iones en el campo del crecimiento de las plantas, solamente en estas circunstancias especiales cuando altas concentraciones de iones están involucradas por ejemplo la salinidad (Becerril *et al.*, 1998).

Resultados de experimentos de la cinética de absorción de iones indican que los valores para la $V_{\text{máx}}$ y K_m pueden calcularse por la ecuación de Lineweaver Burk para el inverso del flujo contra inverso de concentración del ión en solución (Becerril *et al.*, 1998).

Las curvas de absorción de iones, usando plantas en crecimiento, pueden ser obtenidas por uno de tres procesos:

- (a) Uso de plantas en crecimiento en cultivos de solución fluida, manteniendo una serie de niveles de concentración, la entrada puede ser calculada de la absorción de las plantas sobre varios días (Asher y Edwards, 1983).
- (b) Absorción de nutrimentos marcados radiactivamente. Esta puede ser medida por una serie de soluciones de diferente concentración de nutrimentos en periodos cortos para garantizar que la concentración no cambie apreciablemente (Barber, 1984).

(c) Cambio de concentración de una solución nutritiva que puede ser medido respecto al tiempo, o como el agotamiento del nutrimento estudiado que hace la planta en el tiempo (Classen y Barber, 1974). Este es el método que se utilizó para determinar las velocidades de absorción de iones nitrógeno y fósforo en trigo, triticale y maíz.

CONDICIONES DE CULTIVO PARA ESTUDIOS EN LA CINÉTICA DE ABSORCIÓN DE IONES.

La cinética de absorción de nutrimentos se ha estudiado, con uso de plantas que hacen crecer en soluciones nutritivas en un medio controlado. Bajo estas condiciones la absorción no tiene restricciones externas y puede ser mantenido un máximo suministro de nutrimento (Barber, 1984), particularmente cuando son usados sistemas de flujo de nutrimentos (Asher y Edwards, 1983).

En sistemas de flujo, se puede mantener constante la concentración del soluto en la solución y en la superficie de la raíz (Nye y Tinker, 1977).

Aunque el uso de la solución nutritiva para el crecimiento de las plantas ha sido altamente estandarizada, el mantenimiento de un elemento con una concentración aproximadamente similar a la concentración del suelo es difícil de lograr y con ello los cambios de pH de la solución nutritiva ocurren en forma no homogénea. Del mismo modo, los rápidos cambios de pH en solución nutritiva no pueden ser uniformes entre cultivos individuales (Gabelman *et al.*, 1986).

Cuando las plantas crecen en soluciones nutritivas con agitador que incrementa la aireación de estas, la presencia de una película no agitada de agua a los lados de la raíz (10 μm o más grueso) puede afectar la absorción de los nutrimentos porque la concentración media del ión en la superficie de la raíz no es la misma que la de la solución (Nye y Tinker, 1977).

Los iones deben por lo tanto, difundirse a través de esta capa de agua donde ellos puedan moverse dentro del apoplasto (Barber, 1984). El crecimiento de las plantas en una solución de nutrimentos agitada tiene mayor uniformidad en concentración de los nutrimentos por todos lados de la raíz, lo cual asegura una precisión en la evaluación de la cinética del influjo.

De cualquier forma, cuando las plantas crecen en el suelo, el nutrimento suministrado para el sistema radical puede ser variable, dependiendo de las condiciones del suelo; puede en adición, ser afectado en prácticas cultivables (por ejemplo fertilización) (Barber, 1984).

El crecimiento de las plantas en el suelo generalmente tiene como variable el suministro de nutrimentos para el sistema radical. La absorción de nutrimentos por las raíces de las plantas creciendo en el suelo depende la morfología de crecimiento del sistema radical entre otros factores (Barber, 1984).

Así la absorción de nutrimentos es característica del sistema radical o de las características de los nutrimentos del suelo suministrados (Becerril *et al.*, 1998).

La arquitectura del sistema radical, en términos de crecimiento (peso y longitud), radio de raíz y distribución espacial de las raíces en el suelo, varía con la especie, factores del medio como la temperatura, las condiciones de suelo tales como disponibilidad de oxígeno, de agua, suministro de nutrimentos y pH (Barley, 1970).

Debido a la alta complejidad presentada por la absorción de nutrimentos en las diversas condiciones del suelo, se han propuesto modelos que describen la cinética de absorción de iones con base en la cinética de Michaelis-Menten además de incluir otros factores relacionados con el suministro de nutrimentos para las raíces por ejemplo difusión (Barber, 1984).

HIDROPONIA

La hidroponia en el sentido más estricto es un sistema intensivo de producción de plantas sin utilización directa del suelo, que de manera natural, provee nutrientes, agua y gases necesarios para su crecimiento además de permitir la fijación y anclaje de la planta (Cruz, 1999).

En la nutrición vegetal tienen importancia fundamental las soluciones gas en líquido y sólido en líquido, debido a que los movimientos de solutos tienen como base las propiedades coligativas de las soluciones (*Difusión, actividad iónica, solubilidad, presión de vapor, punto de ebullición, punto de congelación y presión osmótica*).

En condiciones naturales, el suelo proporciona a las plantas los nutrientes, tanto en forma iónica como en formas neutras presentes en solución. Así la diferente naturaleza química y eléctrica de los solutos, determinan las diferentes vías de acceso de ellos a las plantas.

El tipo de fórmulas de fertilización utilizadas para el cultivo en el suelo, no se debe usar como base para cultivo sin suelo, debido a que las condiciones químicas y principalmente físicas en las que están las plantas son muy diferentes.

Se debe considerar que algunos elementos no serán absorbidos selectivamente o porque las plantas pueden acumular de algunos nutrientes, mayores cantidades de las que requieren (Cruz, 1999), esto es que al realizar formulaciones nutritivas no siempre es adecuado utilizar el contenido promedio de los elementos encontrados en las plantas.

En las diferentes formulaciones de soluciones nutritivas, la concentración iónica en términos de presión osmótica es el determinante mayor del crecimiento, desarrollo y producción de la planta. La concentración iónica óptima depende de la planta y del clima (Cruz, 1999).

Para la hidroponía entre otros factores, la solución nutritiva (SN) es parte fundamental. De la SN depende la magnitud y la calidad de la producción. Los aspectos más importantes de la SN son: la relación mutua entre los aniones y entre los cationes, la concentración de los nutrimentos expresada con la conductividad eléctrica (CE), el pH, la relación entre NO_3^- y NH_4^+ y la temperatura (Lara, 1999).

La CE influye en la nutrición de las plantas, a CE mayores de 6 dS m^{-1} se induce diferente absorción entre los nutrimentos y por lo tanto, desbalance entre éstos, pero, una CE menor de 2 dS m^{-1} es deficiente, sobre todo en los lugares o temporadas frías.

El pH de la SN determina la solubilidad de algunos nutrimentos, principalmente de H_2PO_4^- , HPO_4^{2-} y Ca^{+2} para evitar su precipitación, el pH debe ser mantenido entre 5.5 y 6. La relación $\text{NO}_3^- : \text{NH}_4^+$ afecta la calidad y la producción de los frutos, la asimilación de NH_4^+ depende de la luminosidad.

El N-NH_4^+ debe ser menor de 20 % respecto al nitrógeno total. La temperatura de la SN influye en la absorción de nutrimentos y en el contenido de oxígeno disuelto, la temperatura óptima es de $22 \text{ }^\circ\text{C}$ (Lara, 1999).

EL NITRÓGENO

El Nitrógeno es uno de los nutrimentos más importantes para las plantas pues, es parte de la célula viva, por lo que se le requiere en grandes cantidades; interviene en todas las reacciones enzimáticas en los vegetales, por ser todas las enzimas proteínas y estar compuestas por nitrógeno, es parte de la molécula de clorofila, el nitrógeno está directamente involucrado en la fotosíntesis, lo podemos encontrar formando parte en la biotina, timina, niacina, riboflavina y en otras vitaminas, interviene en la producción y consumo de carbohidratos, y actúa en diversas reacciones energéticas.

EL PAPEL DEL NITRÓGENO EN LA FISIOLOGÍA VEGETAL

El Nitrógeno es parte estructural de compuestos orgánicos como aminoácidos y proteínas, bases nitrogenadas y ácidos nucleicos, enzimas y coenzimas, vitaminas, lipoproteínas, pigmentos y productos secundarios; realiza y estimula procesos biológicos como: absorción iónica, la fotosíntesis, respiración, multiplicación y diferenciación celular y síntesis de compuestos.

La carencia de nitrógeno provoca una falta en producción de clorofila, su sintomatología es palidez en las hojas en contraste con las hojas sanas. Es entonces cuando se dice que las hojas presentan clorosis (amarillamiento muy marcado), que comienza en el ápice y gradualmente se torna de color verde claro al bajar por la hoja. A medida que se propaga por las hojas se vuelven totalmente cloróticas y su color cambia de amarillo a casi blanco (Snowball y Robson 1991).

Dependiendo de la especie de plantas, estado de desarrollo y el órgano en cuestión el contenido de nitrógeno para un crecimiento óptimo varía entre 2 y 5 % del peso seco de la planta (Marschner, 1995).

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

El Nitrógeno es el único elemento que puede absorberse por las plantas en forma de catión NH_4^+ o de anión NO_3^- . Al mismo tiempo depende de la especie y edad de la planta de que manera sea absorbido, siendo la forma nítrica la absorbida por la raíz y la que corre por la savia, la forma amoniacal es la fijada por las células de tejido vegetal.

EL FÓSFORO

El fósforo es el segundo nutrimento en importancia para la planta, siendo un elemento relativamente estable en los suelos. No presenta compuestos inorgánicos, como los nitrogenados que pueden ser volatilizados y altamente lixiviados. La gran estabilidad que presenta se debe a la baja solubilidad lo que puede causar deficiencias en su disponibilidad para las plantas, a pesar de la continua mineralización de compuestos orgánicos del suelo.

Es esencial para el crecimiento y desarrollo de las plantas ya que interviene en la fotosíntesis, respiración, almacenamiento y transporte de energía, división celular, crecimiento de las células y en varios otros procesos de la planta, además de promover la formación y crecimiento prematuro de las raíces. Mejora la calidad de los cultivos y es vital para la formación de las semillas.

EL PAPEL DEL FÓSFORO EN LA PLANTA

Constituye unidades estructurales como: biomoléculas almacenadoras de energía y reguladores osmóticos para el eficiente metabolismo celular; es decir, participa en la formación de nucleoproteínas y ácidos nucleicos de fosfolípidos, en la división celular, respiración y fotosíntesis, síntesis de azúcares, grasas y proteínas, es una fuente importante de energía (en los compuestos de ATP y NADP en los fenómenos de

fosforilación). La regulación del pH de las células sus ácidos y sus sales "de metal fuerte" forman soluciones "buffer" que regulan el pH de las soluciones celulares.

Este elemento se acumula principalmente en los tejidos activos como meristemos, semillas y en los frutos (Marschner, 1995).

En las plantas cuando se presentan deficiencias del elemento aparece la siguiente sintomatología: existe un lento crecimiento y desarrollo de la planta, el xilema y el floema son poco desarrollados, en la cosecha se obtiene menor peso y tamaño, también afecta la floración y fructificación, la maduración se retrasa, las hojas toman un color verde oscuro y a veces con matices rojizos por presencia de carboxilatos (antocianina) que se acumulan por falta de energía para la síntesis de proteína.

El pH del suelo interviene en su disponibilidad, ya que de sus valores dependen las formas iónicas del fósforo que se van a encontrar. Así en condiciones de gran acidez predomina la forma monovalente (H_2PO_4^-), mientras la divalente (HPO_4^{2-}) se encuentra en valores de pH intermedios y la forma trivalente (PO_4^{3-}) se encontrará en soluciones alcalinas.

Las plantas presentan diferencia en su capacidad de absorción de nutrimentos, para fósforo se sabe que las diferencias genéticas en la absorción pueden deberse a la morfología de la raíz (Barber, 1980), su longitud aérea superficial de absorción y tasa de crecimiento (Fan y Wan, 1990).

La hidrólisis del P-orgánico es mediada por las enzimas fosfatasa que hidrolizan las uniones del éster C-O-P (Tarafdar y Marshner, 1993), del P-orgánico en la conversión de P-inorgánico en la etapa final del proceso de mineralización de las fracciones a P orgánico (Rao *et al.*, 1996), de manera que las plantas tengan disponibles los fosfatos inorgánicos.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

En condiciones de estrés por carencia de fósforo, las raíces de las plantas excretan ácidos orgánicos y fosfatasas ácidas. En estas condiciones de deficiencia, la actividad fosfatasa se ve incrementada (Tadano, 1993). Al mismo tiempo la actividad fosfatasa de la raíz es dependiente del pH (Helal, 1993), mostrando diferencias entre las variedades a intervalos de pH más ácidos, quedando clara la dependencia de la actividad de raíz con el suministro de fósforo (Helal, 1993).

Esto indica que la hidrólisis del fósforo por las fosfatasas se aprovecha al máximo de acuerdo a intervalos de pH del suelo.

EL FLUJO DE NUTRIMENTOS EN EL SISTEMA SUELO-PLANTA.

El flujo de nutrientes en el sistema suelo-planta es predecible por interacciones complejas planta-raíz, suelo-microorganismos, reacciones químicas y vías de pérdida. La concentración, más que nada, es una de las condiciones que toma lugar en forma implícita en el suelo, cuando hay excedentes se manifiestan la habilidad de la planta para absorber un nutriente y varios procesos pueden actuar para reducir estas concentraciones (Shaviv y Mikkelsen, 1993).

Algunos procesos incluyen transformaciones microbianas como nitrificación, desnitrificación e inmovilización. Muchos más incluso son los procesos químicos tales como intercambio iónico, fijación, precipitación e hidrólisis; finalmente procesos de tipo físico como lixiviación y volatilización.

La intensidad por la cual los nutrientes son removidos de la solución por los procesos indicados y por la competencia entre plantas puede afectar el uso del nutriente como la eficiencia en el desarrollo (Shaviv y Mikkelsen, 1993).

La absorción de los nutrientes por las plantas está simultáneamente influenciado por el suelo, clima y factores genéticos de las plantas.

ABSORCIÓN DE NUTRIMENTOS

En las raíces de las plantas, la absorción de nutrimentos involucra cuatro pasos: (1) el movimiento de los iones de la fase sólida del suelo a la solución del suelo, (2) el movimiento de los iones de algún punto de la solución del suelo a la superficie de la raíz, (3) el paso del nutrimento al interior de la raíz y (4) la translocación de los nutrimentos de las raíces a la parte aérea de la planta.

Cada una de estas etapas está controlada por factores del suelo y de la planta, uno ó más de estos pasos de transferencia pueden ser el factor limitante para completar el proceso de nutrición vegetal, a continuación se profundiza en cada uno de ellos.

MOVIMIENTO DE LOS IONES DE LA FASE SÓLIDA DEL SUELO A LA SOLUCIÓN DEL SUELO.

En el proceso de absorción de nutrimentos por plantas, el transporte de nutrimentos a la vecindad de las raíces es el primer paso. El movimiento del nutrimento suministrado a las raíces está gobernado por la concentración de los nutrimentos de la solución del suelo, la naturaleza de los nutrimentos, estado de humedad del suelo y la capacidad de absorción de las plantas.

En última instancia, la concentración de un nutrimento en la solución inmediatamente adyacente a una raíz, parece ser la mejor medida de esta viabilidad para absorción, a través de muchos factores entre la planta y las concentraciones de otros iones en la fase de solución, puede influir la actual velocidad en la cual es absorbido (Fageria *et al.*, 1997).

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

EL MOVIMIENTO DE LOS IONES DE LA SOLUCIÓN DEL SUELO A LA SUPERFICIE DE LA RAÍZ.

La planta y las propiedades del suelo interactúan en la transferencia de nutrimentos hacia dentro de las plantas (Jungk y Claassen, 1989). En el sistema del suelo, los nutrimentos se mueven hacia las raíces de las plantas por flujo de masa, difusión e intercepción radical.

FLUJO DE MASA. Es el transporte pasivo de nutrimentos de la solución del suelo a la raíz, por un gradiente de potencial del agua, impulsado por la transpiración de las plantas.

La cantidad de nutrimentos recargados que alcanzan las raíces por estos procesos depende de las concentraciones de los nutrimentos en la solución del suelo y la velocidad del transporte de agua dentro de la raíz.

El suministro por flujo de masa es afectado por las propiedades del suelo, condiciones climáticas, solubilidad del nutrimento y especies vegetales.

El nivel de un nutrimento en la solución del suelo cerca de la raíz, puede intercambiarse igual o disminuir en el balance entre la velocidad de suministro a la raíz por flujo de masa y la velocidad de absorción dentro de la raíz (Barber, 1995).

DIFUSIÓN. La Difusión puede ser definida como el movimiento de las moléculas de una región de alta concentración a una región de baja concentración.

Cuando el suministro de los nutrimentos a la vecindad de la raíz no es suficiente para satisfacer la demanda de la planta por flujo de masa e intercepción radical, se desarrolla un gradiente de concentración y movimiento de nutrimentos por difusión.

INTERCEPCIÓN RADICAL. Mientras las raíces de las plantas se van desarrollando en el suelo, al mismo tiempo interceptan sus nutrimentos durante su proceso de desplazamiento (Marschner, 1995).

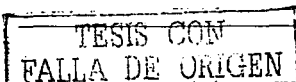
ABSORCION PASIVA y ABSORCION ACTIVA

La pared celular de la epidermis de la raíz contiene fibras de celulosa y materiales pécticos como constituyentes principales. La celulosa actúa como una esponja para que la solución pueda difundirse continuamente (Arnon, 1975), entre la pared celular, el espacio intercelular y los vasos xilemáticos (constituyentes del apoplasto; partes de la planta que no son vivas) se forma un "espacio libre aparente" (volumen de tejido en que los electrólitos se mueven para igualar la concentración de afuera por difusión libre); este incluye espacios intracelulares, paredes celulares, células no vivientes y algunas partes del citoplasma en donde los iones circulan (Rodríguez, 1996).

La absorción pasiva consiste en la difusión de los iones de la solución del suelo dentro del llamado espacio libre aparente. Este proceso ocurre sin el gasto de energía metabólica, puede ocurrir o presentarse simultáneamente a la absorción activa. El proceso es influenciado principalmente por la concentración iónica y las relaciones entre iones.

En la absorción activa, los iones van avanzando al interior de la raíz en contra de un gradiente de concentración, al término de la endodermis se encuentran las bandas de Caspari que son impermeables para, poder entrar al simplasto debe gastar energía metabólica, constituyendo de esta manera una absorción activa (Rodríguez, 1996).

En el transporte activo de iones, que se realiza con gasto de energía, intervienen unas sustancias específicas llamadas transportadores situados en las membranas celulares.



Respecto a los transportadores, existen dos teorías: la de la bomba de protones y otra en la que interviene el gasto de ATP. La bomba de protones explica la absorción activa de los iones, la cual es independiente de la absorción catiónica. La bomba de protones es una cadena de oxidación-reducción, que transporta el anión desde el exterior y lo deposita en el interior de la célula.

En la segunda teoría (ATPasa) se explica como los aniones y cationes son tomados por un fosfolípido, como la lecitina, que por una enzima más específica (la lecitinasa) se hidroliza eliminando los cationes y aniones que había tomado hacia el interior de la célula. Luego, la lecitina hidrolizada pasa a lecitina nuevamente, es decir, que se resintetiza con un gasto de energía proveniente del ATP.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

SUPUESTO :

“Un estrés por carencia de Nitrógeno, reduce el potencial de las raíces para absorber fosfatos y un estrés por carencia de fosfatos reduce la capacidad de las raíces para absorber el Nitrógeno (Stuart-Chapin, 1991).

HIPÓTESIS

La velocidad o cinética de absorción de iones NO_3^- y H_2PO_4^- en trigo, triticale y maíz está relacionada con la eficiencia en uso de N y P.

Para confrontar la hipótesis del presente trabajo de investigación se plantean los siguientes objetivos:

OBJETIVO GENERAL:

Evaluar la cinética de absorción de nitrógeno (NO_3^-) y fósforo (H_2PO_4^-) en trigo, triticale y maíz.

OBJETIVO PARTICULAR:

Determinar si existe la relación de la cinética de absorción de nitrógeno y fósforo, y la eficiencia de uso de estos nutrimentos en trigo, triticale y maíz, en condiciones de hidroponía e invernadero.

Evaluar las variables morfológicas: longitud, peso fresco y seco de vástago y raíz e índice de eficiencia RV propuesto para este trabajo.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

MATERIALES Y MÉTODOS

Para el estudio de la cinética de absorción de nitratos y fosfatos y su relación con la eficiencia en uso de nitrógeno y fósforo, se utilizaron seis genotipos de cereales (cuadro 1).

Cuadro 1.- Material genético estudiado.

TRIGO	TRITICALE	MAÍZ
Trigo Harinero FWWYT	FWTCL	S. Yeche Met-93
Trigo Duro IDSN	Secano	H - 34 Met-94

La selección de semillas fue hecha al azar y la germinación se efectuó en agrolita con agua destilada en una cubeta de 4 litros. Para el trasplante, a las unidades experimentales en hidroponía se seleccionaron 3 plántulas de talla semejante para evaluar la cinética o velocidad de absorción de iones en hidroponía, se usaron botellas de plástico de capacidad de 245 mL y cuya solución nutritiva fue igual a la utilizada por Cruz, 1994 y Vivanco, 1998 con los niveles de **N** y **P**, la cual ya ha sido probada por su eficacia en cuanto a su aportación nutrimental y que se indican en el cuadro 2. La variación entre ellas fue la concentración de fosfatos y nitratos, el resto de la composición de la solución nutritiva se describe en el anexo I.

Cuadro 2. Dosis de nitrógeno y fósforo para el experimento de cinética de absorción.

TRATAMIENTO	meq L ⁻¹	
	NITROGENO	FOSFORO
-N-P	0.00	0.00
+N-P	14.0	0.00
-N+ P	0.00	1.20
+N+P	14.0	1.20

TESIS CON
FALLA DE CARGEN

Se realizó la toma de muestras de la solución nutritiva (**SN**) de las unidades experimentales en los cuatro tratamientos a intervalos de 12 horas (12, 24, 36 y 48 h). El estudio fue realizado en dos ensayos (primavera de 1999 y verano de 2000; en el primer ensayo se realizó la toma de lecturas para fosfatos a los 7 días de edad.

En el segundo ensayo (verano) se realizó la toma de lecturas a los 7 y 14 días de edad para fosfatos, y a los 14 días de edad se tomaron lecturas para nitratos.

Para hacer las lecturas de consumo o gasto de NO_3^- y de H_2PO_4^- se tomaron alícuotas de 10 mL de cada uno de los tratamientos cuadro 2, en los intervalos de tiempo antes señalados, el procedimiento fue el siguiente:

1. Se vacía la solución nutritiva de la unidad experimental (botella de 245 mL) a una probeta de 250 mL .
2. Se ajusta el volumen de la SN con agua desionizada a 245 mL y se homogeneiza agitando vigorosamente
3. De cada SN se toma una alícuota de 10 mL.
4. Se ajusta el volumen a 245 mL con agua desionizada.
5. Y se regresa la SN a la unidad experimental.
Ver anexo II y III.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Posteriormente se ajusta el volumen y concentración de los tratamientos. Los cambios de solución de nutrimentos se realiza semanalmente, las macetas se aforaron con agua desionizada para reponer el agua utilizada y transpirada por las plantas en crecimiento. La aireación de la SN de cada unidad experimental se efectuó con una compresora, haciendo pasar aire filtrado para evitar contaminación por aceite del compresor. Cada planta fue sostenida en la base del tallo con poliuretano en la boca de la botella.

DISEÑO EXPERIMENTAL

Se montó el experimento en un arreglo factorial 6 X 4 X 3 en un diseño experimental de bloques completamente al azar con 6 genotipos X 4 tipos de suministro de N y P (+N+P, +N-P, -N+P y -N-P) X 3 repeticiones, con un total de 72 unidades experimentales

VARIABLES A EVALUAR

- ✓ Cinética de absorción de fosfatos por disminución gradual de la concentración de los iones $H_2PO_4^-$ en solución (deplección). Método de vanadato-molibdato (Jackson, 1982)
- ✓ Cinética de absorción de nitratos por deplección o disminución de la concentración de iones NO_3^- . Electrodo específico (Skoog y West, 1981).

Para evaluar la eficiencia de uso de nutrimentos se propone el descrito por Marschner (1995) R/V , cuya ecuación es la siguiente: $R/V = \text{Biomasa raíz}/\text{Biomasa vástago}$, donde $\text{Biomasa raíz} = \text{biomasa del peso seco de la raíz}$ y $\text{Biomasa vástago} = \text{a la biomasa del peso seco del vástago}$. Y se cosechó a los 16 días del trasplante, debido a los costos del seguimiento del experimento por agua desionizada, reactivos entre otros materiales.

TRATAMIENTO ESTADÍSTICO

Una vez obtenidos los datos de la fase experimental se sometieron a un análisis de varianza y posteriormente una prueba de comparación de medias y se calcularon coeficientes de correlación SAS, (1985).

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

VELOCIDADES DE ABSORCIÓN DE FOSFATOS

La determinación de la velocidad a la que son absorbidos los iones H_2PO_4^- en la solución nutritiva; se realizó siguiendo la disminución de la concentración de fosfatos cada 12 horas, hasta completar 60 y 48 horas en las temporadas de primavera y verano respectivamente.

En las figuras 4, 5 y 6 se describe la cinética de absorción de fosfatos que presentaron los genotipos estudiados en los periodos de primavera y verano a los 7 días de su trasplante en la solución nutritiva en cada tratamiento.

Para los genotipos de trigo en la estación de primavera, la disminución en la concentración de fosfatos en el tratamiento con suministro de ambos nutrimentos en estudio (+N+P), mostró entre trigos; que el Harinero, presentó mayor velocidad de absorción a las 12 y 24 horas en comparación con la presentada con el trigo Duro, y a las 36 horas éste último presentó una mayor velocidad de absorción respecto al trigo Harinero hasta agotar este nutrimento.

Con carencia de Nitrógeno (tratamiento -N+P), nuevamente es el trigo Duro quien presenta mayor velocidad de absorción, puesto que a las 60 horas de iniciada la observación ha consumido 5.4952 ppm o 63.23 %; mientras que para trigo Harinero fue de 4.0549 ppm o 55.55% del suministro (Figura, 4).

En triticales, FWTCL y Secano con (tratamiento +N+P), FWTCL es quien consumió mayor cantidad de iones 4.164 ppm o 60.01 % de los iones estudiados.

Estos triticales cuando carecieron de N (tratamiento -N+P), en la SN, FWTCL al final del seguimiento consumió 4.5549 ppm o 53.21 % del suministro, Secano consumió 4.64 ppm o 50.88% del nutrimento (Figura, 5).

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

En maíces Yeche en ambos tratamientos (+N+P y -N+P), consumió la totalidad de los iones suministrados al término de las 60 horas de iniciado el estudio. El genotipo H-34 con (tratamiento +N+P) absorbió 3.5237 ppm o 50.79 %, mientras que en el tratamiento sin nitrógeno (-N+P) absorbió 8.4767 ppm o 95.08 en el mismo lapso de tiempo (Figura, 6).

De esta primera etapa se concluye que: los genotipos más rápidos en absorción de fósforo son; entre trigos, el trigo Duro en ambos tratamientos. Entre triticales, FWTCCL en los dos tratamientos y en maíces, Yeche también para ambos tratamientos fueron de mayor velocidad de absorción de iones. Con la excepción del maíz H-34, con tratamiento sin nitrógeno (-N+P), quien en esta circunstancia mejora la velocidad de absorción del nutrimento consumiendo 8.6743 ppm o 95.08 % de la concentración inicial de fosfatos.

Con carencia de nitrógeno (-N+P) la velocidad de absorción de los iones fosfato se ve disminuida, debido a que provoca un estrés nutrimental, lo que impide que las raíces sean capaces de absorber eficientemente los iones fosfatos como lo reporta (Stuart y Chapin, 1991).

En el periodo de verano y a la misma edad que en primavera (a la edad de 7 días), no se encontró diferencia en velocidades de absorción entre los genotipos y tratamientos; la toma de muestras se llevó a cabo en cuatro intervalos de tiempo (0-48 h), en donde se encontraron los siguientes resultados:

En trigos, el genotipo trigo Harinero es quien esta vez presentó la mayor velocidad de absorción, puesto que a las 48 horas de iniciado el seguimiento en los dos tratamientos (+N+P y -N+P) ha tomado de la **SN** 1.35 ppm o 36.29 % y 2.49 ppm o 42.82 % respectivamente de los iones suministrados y el trigo Duro mostró menor absorción, en el (tratamiento +N+P) 1.35 ppm o 36.29 % y en el (tratamiento -N+P) 1.79 ppm o 42.82 % (Figura, 4).

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

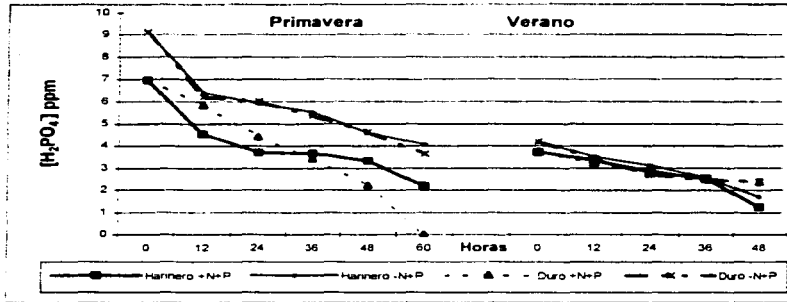


Figura 4. Velocidad de absorción de fosfatos en trigos* a intervalos de 12 horas después de 7 días del trasplante. La evaluación se efectuó en primavera y verano. *Medida en términos de disminución de la concentración de fosfatos en la solución nutritiva.

En triticales, en general la absorción disminuyó un poco en los dos genotipos para este periodo de verano. El triticale FWTCI en los dos tratamientos con y sin nitrógeno, presentó mayor absorción de fósforo 1.49 ppm o 40.05 % y 2.31 ppm o 55.26 % en los tratamientos (+N+P y -N+P) respectivamente, siendo mayor la absorción en el tratamiento sin nitrógeno (-N+P) resultado que no concuerda con lo que reporta (Stuart y Chapin, 1991), que una deficiencia de nitrógeno disminuye la capacidad de la planta a absorber fósforo y una deficiencia de fósforo disminuye la capacidad de la planta para absorber nitrógeno. En tanto Secano con (tratamiento +N+P) absorbió 1.3 ppm o 34.95 % y con (tratamiento -N+P) 1.23 ppm o 29.43 % (Figura, 5).

Entre maíces, el genotipo Yeche, que en ambos tratamientos (+N+P y -N+P) presentó mayor velocidad de absorción de iones en estudio, consumiendo 1.89 ppm o 50.81 % y 2.86 ppm o 69.42 % a las 48 horas de iniciado el estudio.

En cambio el genotipo H-34 con (tratamiento +N+P), toma de la SN 1.44 ppm o 38.71 % y en el (tratamiento -N+P) 2.15 ppm o 51.43 % mostrando que este genotipo aumentó su velocidad de absorción con carencia de nitrógeno (Figura, 6).

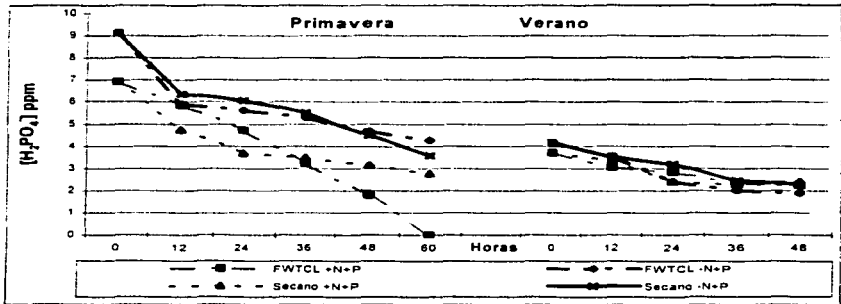


Figura 5. Velocidad de absorción de fosfatos en triticales* a intervalos de 12 horas después de 7 días del trasplante. La evaluación se efectuó en primavera y verano. *Medida en términos de disminución de la concentración de fosfatos en la solución nutritiva.

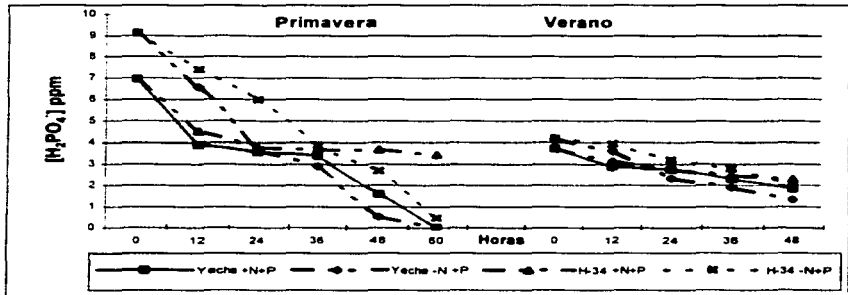


Figura 6. Velocidad de absorción de fosfatos en maíces* a intervalos de 12 horas después de 7 días del trasplante. La evaluación se efectuó en primavera y verano. *Medida en términos de la concentración de fosfatos en la solución nutritiva.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Se concluyó que en este periodo de verano, son los genotipos de trigo Harinero, triticale FWTCL y el maíz Yeche en ambos tratamientos quienes presentaron mayor velocidad de absorción; pero con la misma excepción que presenta H-34 con carencia de nitrógeno (tratamiento -N+P) puesto que en esta condición aumenta la velocidad de absorción del genotipo.

La diferencia en los valores iniciales de la concentración de iones (0 horas) en las gráficas de primavera y verano de ambos tratamientos se puede atribuir a que en primavera las **SN** fueron hechas con agua destilada y en verano se utilizó agua desionizada, puesto que la calidad del agua es muy diferente entre ellas, el agua desionizada presenta menos diferencia de potencial por la escasa presencia ionica.

La tendencia de absorción de fosfatos a 14 días de edad en la estación de verano se presentó de la manera siguiente:

En trigos, el genotipo que mostró mayor velocidad de absorción de iones fosfatos fue el trigo Harinero en ambos tratamientos. En el (tratamiento +N+P) fue de 3.53 ppm o 63.20 %, y en el (tratamiento -N+P) fue de 4.3 ppm o 70.26 %, siendo este el tratamiento en donde se observó la mayor absorción de iones. El trigo Duro con (tratamiento +N+P) consumió 3.44 ppm o 61.65 %, mientras que en el (tratamiento -N+P) la absorción fue de 3.84 o 62.74 % (Figura, 7).

En triticales, el genotipo FWTCL presentó mayor velocidad de absorción en los dos tratamientos con y sin nitrógeno (+N+P y -N+P) puesto que este genotipo ha tomado de cada tratamiento 4.5 ppm o 80.64 % de la **SN** y 4.7 ppm o 66.50 % del otro tratamiento con carencia de nitrógeno. En tanto Secano tuvo con una menor velocidad de absorción puesto que con una **SN** completa (tratamiento +N+P), el consumo fue de 3.69 ppm o 66.13 % y sin suministro de nitrógeno (-N+P), la concentración inicial disminuyó 4.07 ppm o 66.50 %. (Figura, 8).

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

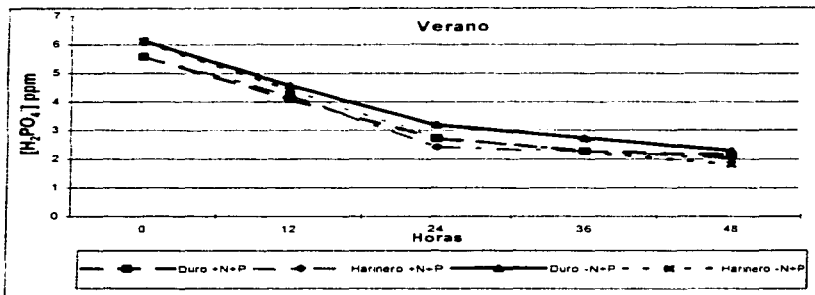


Figura 7. Velocidad de absorción de fosfatos en trigos* a intervalos de 12 horas después de 14 días después del trasplante en verano. *Medida en términos de disminución de la concentración de fosfatos en la solución nutritiva.

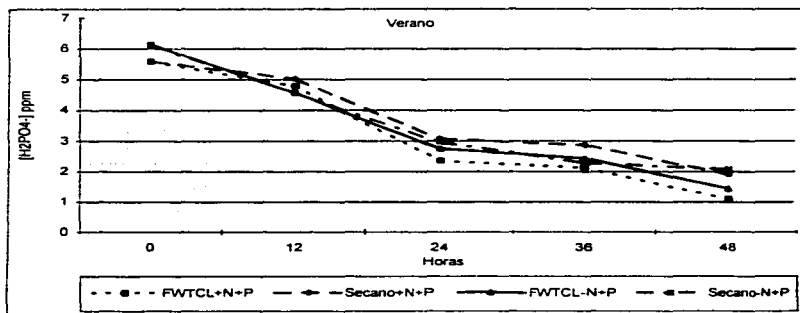


Figura 8. Velocidad de absorción en fosfatos en triticales* a intervalos de 12 horas después de 14 días del trasplante. La evaluación se efectuó en verano. *Medida en términos de disminución de la concentración de fosfatos en la solución nutritiva.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

En maíces, Yече en los dos tratamientos con y sin suministro de nitrógeno presentó en este tiempo la mayor velocidad de absorción respecto a H-34; puesto que la disminución del primer (tratamiento +N+P) fue de 4.08 ppm o 73.11 % y para el (tratamiento -N+P) fue de 4.16 ppm o 67.97 %. H-34 con tratamiento completo (+N+P) la absorción consistió en 3.61 ppm o 64.69 %, mientras que de nuevo cuando careció de nitrógeno en el (tratamiento -N+P) aumentó su absorción a 4.04 ppm o 66.01 % respecto al primer tratamiento (Figura, 9).

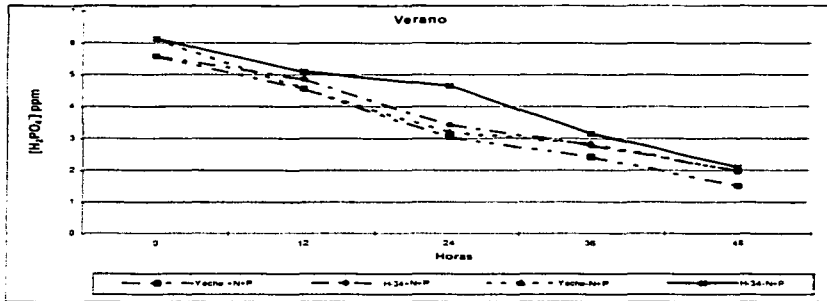


Figura 9. Velocidad de absorción de fosfatos en maíces* a intervalos de 12 horas después de 14 días del trasplante en verano. *Medida en términos de disminución de la concentración de fosfatos en la solución nutritiva.

Con los resultados mostrados se concluye lo siguiente; Los genotipos que presentaron mayor velocidad de absorción fueron: el trigo Harinero en ambos tratamientos, destacando en el tratamiento con carencia de nitrógeno (-N+P). En triticales, el más rápido en absorción es FWTCL en ambos tratamientos, al igual que el maíz Yече, con la misma excepción de que H-34 con carencia de nitrógeno aumentó su velocidad de absorción de nitrógeno.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Los intervalos de medición para la absorción de estos iones fueron, como se ha señalado, de 12 horas. Con estas observaciones, se encontró que en horario diurno la absorción de fosfatos fue mayor que en los intervalos de horario nocturno. Aunque la temperatura no fue evaluada, las variaciones indicadas se pueden atribuir a esta variable; (Clarkson y Lüttge,1991) reporta resultados semejantes, así como también (Salisbury, 1994). En general, se encontró que los factores que favorecen la fotosíntesis como son los valores elevados de humedad, temperatura, luz de sol y niveles de CO₂, estimulan la fijación de nitrógeno. En consistencia con esto, la tasa de fijación de nitrógeno es máxima hacia el medio día cuando la translocación de azúcares de las hojas a los nódulos se efectúa con rapidez, las horas que preceden al atardecer también son momentos en que la respiración se realiza con especial rapidez, y la corriente de transportación ayuda a eliminar compuestos nitrogenados de las raíces y nódulos radicales.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

CINÉTICA DE ABSORCIÓN DE NITRATOS.

La evaluación de la velocidad de absorción de los iones nitrato en los cereales trabajados, se llevó a cabo con un seguimiento igual que el de fosfatos cada 12 horas, a 7 y 14 días del trasplante en el periodo de verano.

En trigos, después de 7 días del trasplante, quien presentó mayor velocidad de absorción fue trigo Harinero, en el (tratamiento +N+P) disminuyó la concentración inicial 393.7 o 35.48 %, en el (tratamiento +N-P) 418.9 ppm o 36.72 %. El trigo Duro en el tratamiento (+N+P) disminuyó en 398.8 ppm o 34.96 % y en el (tratamiento +N-P) 398.8 ppm o 34.96 % del nutrimento total (Figura, 10).

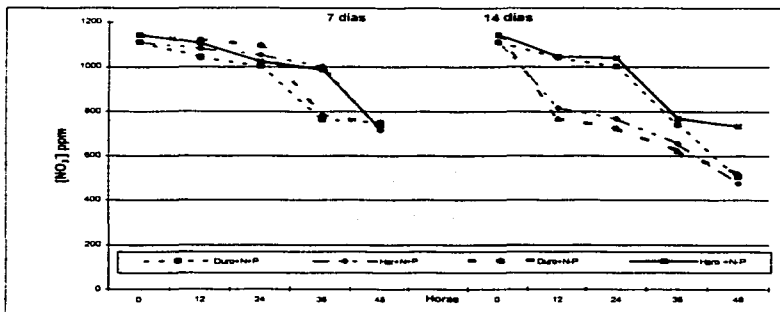


Figura 10. Velocidad de absorción de fosfatos en trigos* a intervalos de 12 horas después de 7 y 12 días del trasplante, la evaluación se efectuó en verano. *Medida en términos de la concentración de fosfatos en la solución nutritiva.

En triticales, el genotipo que más rápido absorbió los iones nitrato de la **SN** fue FWTCI en ambos tratamientos sin gran diferencia entre ellos 351.9 ppm o 30.85 % y 341.3 ppm o 30.76 % en los tratamientos (+N+P) y (+N-P) respectivamente. Secano con (tratamiento +N+P) tomó de la **SN** 307.2 ppm o 27.69 % y con (tratamiento +N-P) 239.4 ppm o 20.99% (Figura, 11).

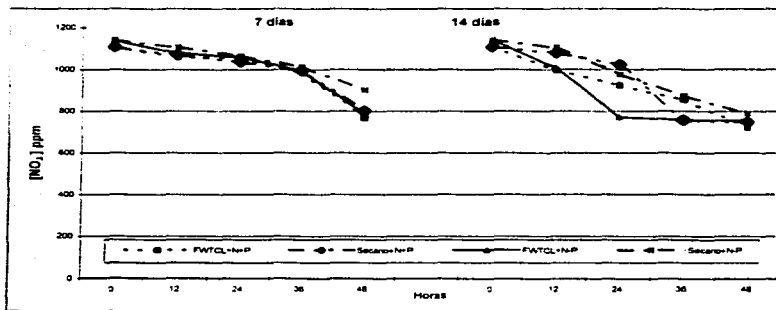


Figura 11. Velocidad de absorción de nitratos en triticales * a intervalos de 12 horas después de 7 y 14 días del trasplante. la evaluación se efectuó en verano. *Medida en términos de disminución de la concentración de nitratos en la solución nutritiva.

En maíces, Yече fue quién presentó la mayor velocidad de absorción en ambos tratamientos 383.0 ppm o 34.52 % y en el (tratamiento +N-P) 342.0 ppm o 29.98 %. Con el maíz H3-4 con (tratamiento +N+P) tomó de la concentración inicial 213.7 ppm o 19.26 % y con (tratamiento +N-P) 232.1 ppm o 20.34 % (Figura, 12).

De lo anterior se concluyó que los genotipos que presentaron la mayor velocidad de absorción son: entre los trigos, el trigo Harinero, en triticales FWTCL y en maíces, Yече en ambos tratamientos.

La tendencia de la absorción de nitratos a los 14 días después del trasplante entre los genotipos trabajados fue la siguiente: En trigos, el trigo Duro con tratamiento (+N+P) logró una disminución de la concentración inicial que consistió en 604.2 ppm o 54.45 %, con (tratamiento +N-P) 624.3 ppm o 54.72 %. El trigo Harinero en el (tratamiento +N+P) se absorbió 634.6 ppm o 57.14 % y con el (tratamiento +N-P) 408.2 ppm o 35.78 % (Figura, 10).

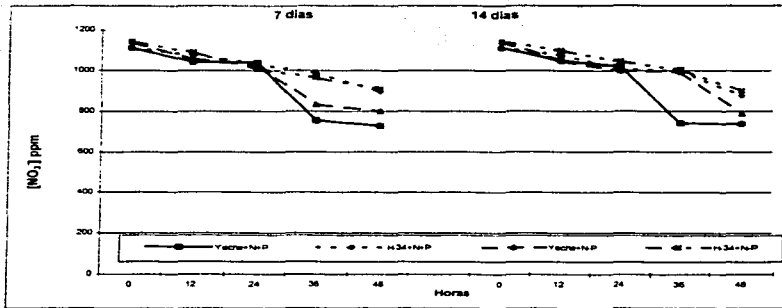


Figura 12. Velocidad de absorción de nitratos en maíces* a intervalos de 12 horas después de 7 y 12 días del trasplante la evaluación se efectuó en verano. *Medida en términos de disminución de la concentración de nitratos en la solución nutritiva.

En triticales, la disminución de iones nitrato fue la siguiente, FWTCI con ambos tratamientos (+N+P) y (+N-P) fue de 386.5 ppm o 34.83 % y 386.3 ppm o 36.86 %. Secano en tanto disminuyó los nitratos en el (tratamiento +N+P) 359.6 ppm o 32.40 % con carencia de P (tratamiento +N-P) 351.2 ppm o 30.79 % (Figura, 11).

En maíces, Yeche en ambos tratamientos mostró mayor velocidad de absorción, puesto que, con (tratamiento +N+P) se observó una disminución de nitratos de 372.8 ppm o 33.60 %, con carencia de P (+N-P) la disminución fue de 353.3 ppm o 30.97 %. El maíz H-34 con (tratamiento +N+P) tomó de la SN 233.2 ppm o 20.44 % y con carencia de P tratamiento (+N-P) 239.0 ppm o 20.95 % (Figura, 12).

De lo anterior se concluye que los genotipos que presentaron la mayor velocidad de absorción son: entre los trigos, el trigo Harinero en ambos tratamientos, pero trigo Duro en el tratamiento (+N-P) presentó una rápida velocidad de absorción; en triticales FWTCI y en maíces Yeche en ambos tratamientos. La cinética de absorción de

nutrimentos (H_2PO_4^- y NO_3^-) entre genotipos y especies fue diferente como lo reporta (Barber, 1984), quién cita que la cinética o velocidad de absorción de iones depende, de la tasa fotosintética y respiratoria que están relacionadas con la temperatura y luminosidad, la cual fue diferente en ambas estaciones de primavera y verano. Así mismo como ya se ha mencionado anteriormente los intervalos de medición fueron de 12 horas, para los iones nitrato; en donde también se pudo observar que la absorción de iones es mayor durante el día, que en horarios nocturnos (Salisbury, 1994). En general, se encuentra que los factores que favorecen la fotosíntesis, como son valores elevados de humedad, temperatura, luz de sol, y niveles altos de CO_2 estimula la fijación de N. En consistencia con esto, la tasa de fijación de N es máxima hacia el medio día cuando la translocación de azúcares de las hojas a los nódulos se efectúa con rapidez y la corriente de transpiración ayuda a eliminar compuestos nitrogenados de las raíces y de los nódulos radicales.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

VARIABLES MORFOLÓGICAS

Para la evaluación de la eficiencia nutrimental se utilizaron las variables peso fresco de vástago y raíz **PFV**, **PFR**, peso seco de vástago y raíz **PSV**, **PSR**, longitud de vástago **lv**, longitud de raíz **lr**, así como la relación peso seco de raíz y peso seco de vástago $R/V = (PSR/PSV)$.

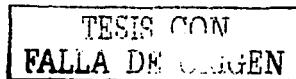
Los datos presentados son el promedio de los genotipos y/o composición de cada solución nutritiva.

El cuadro 4, (Cosecha de Primavera, Abril y Mayo de 1999) muestra los valores obtenidos, de peso fresco, peso seco de vástago y raíz, las longitudes de vástago y raíz; así como de la relación de **PS** de raíz y vástago.

La longitud de vástago (**lv**) es mayor con diferencia significativa en trigo Harinero en todos los tratamientos, (apéndice A), respecto al trigo Duro, con la excepción del (tratamiento -N-P) donde el trigo Duro supera en **lv** al Harinero en forma significativa.

Entre triticales la **lv** es mayor en el triticale FWTCL con (tratamiento +N+P) comparado con el triticale Secano en el mismo tratamiento, cuando existe deficiencia de N (tratamiento -N+P), Secano es mayor en **lv**, pero cuando FWTCL carece de P, (tratamiento +N-P) la **lv** supera en 8.75 cm o 23.16 % al triticale Secano y con tratamiento sin N y P (-N-P), Secano es mayor en **lv** comparado con FWTCL. En todos los tratamientos y ambos genotipos difieren significativamente (apéndice A).

Para los maíces cuando se les suministra tanto N como P (tratamiento +N+P), el híbrido H-34 superó en **lv** en 10.48 cm o 21.70 % a Yeche, pero cuando el tratamiento carece de N (-N+P), Yeche presentó mayor **lv** que H-34. En el tratamiento sin P (+N-P), Yeche superó a H-34 en 5.87 cm o 17.06 % de **lv** y sin suministro de N y P (-N-P) nuevamente Yeche fue mayor.



Cuadro 4.- Efecto de tratamiento sobre peso fresco y seco, longitud de vástago y raíz, así como de la relación PSR/PSV en el ensayo de primavera (Abril y Mayo del 99). * = diferencia significativa.

	Genotipo	Tratamiento	PFV	PFR	PSV	PSR	g		PSR/PSV
							lv	lr	
							cm		
TRIGOS	Harinero	+N+P	1.65	0.65	*0.17	0.08	*38.46	25.09	0.47
		-N+P	0.33	0.40	*0.19	0.08	*22.01	17.56	0.42
	Duro	+N+P	1.37	0.86	*0.11	0.11	*42.37	*38.86	1.00
		-N+P	0.55	0.52	0.08	0.09	21.88	17.19	1.12
		+N+P	1.03	0.72	0.05	0.02	26.52	27.02	0.40
		-N+P	0.32	0.53	0.02	0.01	19.46	*37.29	0.50
		+N+P	0.62	0.66	0.05	0.01	24.21	25.84	0.20
		-N+P	0.29	0.37	0.06	0.04	*39.02	*31.13	0.67
TRITICALE	FWTCL	+N+P	4.73	1.57	*1.09	0.45	*42.13	25.20	0.41
		-N+P	0.28	0.56	0.04	0.02	18.40	*37.96	0.50
	Secano	+N+P	2.29	2.90	0.02	0.005	*37.77	24.01	0.25
		-N+P	0.32	0.62	0.02	0.01	17.06	25.65	0.50
		+N+P	1.94	0.80	0.93	0.20	35.07	25.72	0.21
		-N+P	0.16	0.44	0.02	0.01	*21.12	30.89	0.50
MAIZ	Yeche	+N+P	0.60	0.57	0.05	0.02	29.02	24.18	0.40
		-N+P	0.24	1.00	0.01	0.02	*20.21	27.37	2.00
	H-34	+N+P	5.10	3.80	0.05	0.03	37.81	15.95	0.60
		-N+P	4.30	3.76	0.04	0.02	36.22	35.36	0.50
		+N+P	4.70	4.07	*0.04	0.04	34.88	19.83	1.00
		-N+P	2.25	2.60	0.02	0.006	*39.30	*52.53	0.30
+N+P	8.04	4.95	0.07	0.04	*48.29	*29.95	0.57		
-N+P	2.27	2.32	0.04	0.01	34.62	35.42	0.25		
+N+P	1.47	2.64	0.02	0.01	28.93	17.34	0.50		
-N+P	2.08	2.62	0.02	0.02	36.25	40.28	1.00		

TESIS CON
 FALLA DE CUBIEN

Los híbridos producen mayor **lr** que las variedades, solo cuando tienen buen suministro de nutrimentos (Cruz, 1994), por ello Yeche supera a H-34.

La longitud de raíz **lr** entre los trigos se observó la siguiente: para el (tratamiento +N+P) no se encontró ninguna diferencia, y en los tratamientos (-N+P y -N-P) trigo Duro superó a trigo Harinero significativamente, mientras que en el tratamiento (+N-P) trigo Harinero superó al trigo Duro significativamente.

En los triticales cuando se suministran ambos nutrimentos (+N+P), la **lr** no presentó diferencia significativa entre los genotipos FWTCL y Secano, pero en el tratamiento sin N (-N+P) la **lr** de FWTCL fue significativamente mayor 7.07 cm comparado con Secano. En los dos tratamientos restantes (+N-P) y (-N-P) no se encontró diferencia significativa en cuanto a la **lr**.

En los maíces, la **lr** fue significativamente mayor en 14 cm o 46.74 % en el híbrido H-34 cuando se le suministró N y P (tratamiento +N+P), en el tratamiento sin N (-N+P), no se observó diferencia entre los genotipos, sin embargo, el tratamiento que carece de P (+N-P), Yeche presentó mayor **lr** respecto a H-34, pero cuando no se le suministró ni N ni P, (tratamiento -N-P), Yeche superó a H-34 en 12.25 cm o 23.32 % con diferencia estadística significativa (apéndice A). Se encontró que Yeche ante deficiencia de fósforo manifiesta mayor **lr** como mecanismo contra la deficiencia del nutrimento, (Cruz, 1994) reporta que la longitud de las raíces, como todas las características morfológicas de las plantas, está determinada por su información genética, sin embargo, la **lr** también se ve influenciada por factores del ambiente pues manifiesta diferente elongación bajo diferentes niveles de un nutrimento, en la solución del suelo o en la solución nutritiva en la que se encuentren creciendo las plantas como mecanismo de respuesta adaptativa a la insuficiente disponibilidad del nutrimento.

Respecto al peso seco de vástago (**PSV**), con suministro de N y P (tratamiento +N+P), el trigo Harinero alcanzó el mayor valor con una diferencia de 0.12 g (70.59 %) comparado con trigo Duro.

En éste tratamiento los triticales FWTCL tuvieron 0.16 g (14.68 %) más de **PSV** que Secano.

En cuanto al maíz, el híbrido H-34 presentó 0.05 g (28.57 %) más **PSV** comparado con Yeche.

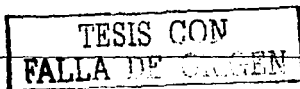
Aunque las diferencias parecen ser muy pequeñas, el hecho de que los tiempos de estudios sean cortos pueden minimizar estos resultados, sin embargo deben considerarse tiempos mayores para conocer si hay mayor diferencia en biomasa.

Si el tratamiento carece de N (-N+P) el **PSV** del trigo Harinero fue mayor en 0.17 g o 89.47 % en contraste con el trigo Duro. En los triticales, FWTCL el **PSV** fue mayor hasta en 0.02 g (50 %) comparado con Secano. Y en maíz no se encontraron diferencias significativas en este tratamiento.

Con carencia de P, (tratamiento -P+N), el **PSV** del trigo Harinero fue 0.06 g o 54.54 % mayor respecto al trigo Duro; Secano obtuvo mayor **PSV** 0.03 g o 60 % que FWTCL. Los maíces H-34 y Yeche no presentaron diferencia estadística significativa en cuanto a **PSV**.

En el tratamiento testigo es decir, ante carencia de N y P (-N-P) los valores para **PSV**, en el caso del trigo Harinero fueron 0.02 g (25 %) mayor respecto al trigo Duro lo que muestra que el trigo Harinero al producir mayor biomasa con el mismo suministro es más eficiente que el trigo Duro pues en todos los tratamientos lo superó. Para los triticales existió una diferencia de 0.01 g o 50 % más de **PSV** en FWTCL respecto a Secano. Y de nuevo en maíz no se presentaron diferencias en la producción de biomasa seca.

El índice de eficiencia **RV (PSR/PSV)**, se analizó promediando los **RV** de todos los tratamientos por genotipo, encontrando que entre los trigos el más eficiente (por valor de índice más pequeño) es el trigo Duro con un **RV** promedio de 0.4425 y el **RV** promedio del trigo Harinero fue de 0.7525. Es importante mencionar que el trigo Duro en donde manifestó mejor su eficiencia es en los tratamientos (-P+N y -N-P). De lo cual



se pudo observar que el trigo Duro es más eficiente bajo carencia de P respecto al trigo Harinero.

En los triticales el **RV** promedio más pequeño fue para el triticales FWTCL con un valor de 0.415 y 0.7775 para el triticales Secano. En el cuadro 4 se puede observar que FWTCL es más eficiente con carencia de N y/o P en contraste con Secano, aunque éste último es muy eficiente con suministro de N y P únicamente.

En los maíces los dos genotipos Yeche y el híbrido H-34 se encontró que son igual de eficientes ya que el **RV** promedio de Yeche fue de 0.6 y para H-34 de 0.58, muy semejantes; con las siguientes características H-34 con carencia de N ó P (tratamiento -N+P y +N-P) es más eficiente que Yeche, pero con carencia de N y P (tratamiento -N-P) Yeche es más eficiente ver cuadro 4.

En el cuadro 5. Se presentan los valores de peso seco, fresco y relación **PSR** y **PSV**, así como la longitud de raíz y vástago del ensayo realizado en verano (Agosto-Septiembre del 2000).

En los trigos, la **lv** es significativamente mayor en trigo Duro respecto al trigo Harinero en todos los tratamientos (apéndice B), con la excepción del tratamiento sin suministro de N (-N+P), ya que no se encontró diferencia estadística significativa.

En triticales, en el (tratamiento +N+P) no se observó diferencia alguna, con carencia de nitrógeno (tratamiento -N+P), Secano desarrolló mayor **lv** de forma significativa 19.19 cm o 52.93 %, con carencia de P (tratamiento +N-P) no se observó diferencia entre genotipos y con deficiencia de N y P (tratamiento -N-P) nuevamente Secano difiere significativamente en cuanto a **lv** en 16.22 cm o 46.85 %.

La longitud de vástago **lv** en triticales, en el tratamiento sin N (-N+P) de Secano superó con 19.19 cm 54.42 % a FWTCL, y con deficiencia de N y P (tratamiento -N-P), de Secano superó a la **lv** de FWTCL con diferencia estadística significativa en 16.22 cm 45.85 % (apéndice B).

En maíces, el maíz Yeche superó en talla de forma significativa al maíz H-34 en todos los tratamientos.

Para la variable longitud de raíz **lr**, entre los trigos, con (tratamiento +N+P), el genotipo Harinero fue mayor que el Duro, con carencia de **N** (-N+P). El trigo Duro superó en **lr** al trigo Harinero en 21.4 cm 52.91 %. En el tratamiento carente de **P**, (tratamiento +N-P) el trigo Harinero fue mayor en **lr** en 6.01 cm o 18.91 % que en el trigo Duro y sin suministro de **N** y **P** (tratamiento -N-P), el trigo Harinero es mayor en **lr** 1.93 cm o 5.44 % comparado con trigo Duro, todos los tratamientos presentan diferencia estadística significativa (apéndice B). Bajo insuficiencia de fósforo en las raíces, estas se estimulan a aumentar su longitud, como mecanismo de respuesta adaptativa a la insuficiente disponibilidad de nutrimento. (Anuradha y Narayanan, 1991) reportan a la "intercepción radical", que consiste en desarrollar una mayor elongación de la raíz bajo condiciones de estrés para tener un mayor espacio volumen de exploración.

En los triticales, sin suministro de **N** (tratamiento -N+P), Secano obtuvo una mayor **lr**, superando en 14.63 cm o 36.32 % a la **lr** de FWTCL y en el tratamiento sin **N** y **P** (-N-P), FWTCL superó a Secano en 2.54 cm o 6.69 %.

Entre maíces, el maíz Yeche superó al genotipo H-34 con significancia estadística. Cabe mencionar que los genotipos estudiados en el (tratamiento +N-P) se observó que respondían a esta presión nutrimental con una mayor elongación de raíz con un mecanismo de respuesta ante la carencia de fósforo.

Cuando la solución nutritiva se le suministra de **N** y **P** (tratamiento +N+P), el trigo Harinero fue superior en **PSV** hasta en 0.02 g o 40 % más, comparado con el trigo Duro.

En la **SN** sin suministró de **N** y **P** (tratamiento -N-P), el trigo Duro superó al trigo Harinero en 0.02 g o 50 % en **PSV**.

Con carencia de **P**, (tratamiento +N-P) el trigo Harinero presentó una diferencia de 0.01 g o 20 % más de **PSV** comparado con el de trigo Duro.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Cuando a la solución nutritiva no se le aplicó **N**, (tratamiento **-N+P**) de nuevo el trigo Harinero superó al trigo Duro en **PSV** hasta en 0.04 g o 66.67 %. Esta marcada diferencia entre el periodo de primavera y verano entre los resultados obtenidos de los trigos Harinero y Duro se atribuyen al cambio de estación y entre otras cosas al aumento de la temperatura, horas luz, humedad, entre otros (Barber,1980).

En triticales, FWTCL con tratamiento con **N** y **P**, (tratamiento **+N+P**) se observó mayor biomasa seca respecto de Secano, con deficiencia de **N** (tratamiento **-N+P**) y de ambos nutrimentos **N** y **P** (**-N-P**), no se observó diferencia, con carencia de fósforo Secano tuvo una significativa diferencia en **PSV** en contraste con FWTCL.

Entre maíces, es Yeche quien presentó mayor **PSV** en todos tratamientos, demostrando así ser el más eficiente.

Algunos autores (Furlani y Filho, 1990) citan la relación biomasa de raíz/biomasa de vástago (**RV**) como parámetro morfológico de adaptación de las plantas a condiciones de insuficiencia de fósforo, los resultados son semejantes a los aquí se presentan, esto es con carencia del nutrimento en la solución nutritiva, el crecimiento de las raíces es proporcionalmente mayor respecto a la parte aérea, por lo que dicha variable se incrementa, contrario a lo que sucede cuando hay suficiente cantidad del elemento en el medio nutritivo, ya que la raíz no se desarrolla tanto.

La relación de eficiencia **RV**, en trigo Harinero mejoró respecto al trigo Duro y al primer ensayo, puesto que los valores promedio fueron 0.4425 para trigo Harinero y 0.4925 para trigo Duro. Siendo más eficiente para esta época el trigo Harinero.

Entre triticales nuevamente FWTCL fue el más eficiente con un **RV** de 0.625.

Y en maíces nuevamente el más eficiente fue Yeche con un **RV** de 0.752, puesto que la **RV** de H-34 resultó de 1.165.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Cuadro 5.- Efecto de tratamiento sobre peso fresco y seco, longitud de vástago y raíz, así como de la relación **PSR/PSV** en el ensayo de verano (Agosto y Septiembre de 2002). * = diferencia significativa.

	Genotipo	Tratamiento	PFV	PFR	PSV	PSR	g		PSR/PSV	
							lv	lr		
TRIGOS	Harinero	+N+P	0.43	0.21	0.05	0.02	26.52	*27.02	0.40	
		-N+P	0.15	0.23	0.06	0.04	39.02	31.13	0.67	
		+N-P	0.25	0.23	0.05	0.01	24.21	*25.84	0.20	
		-N-P	0.13	0.14	0.02	0.01	19.46	37.29	0.50	
	Duro	+N+P	0.16	0.23	0.03	0.005	*37.81	15.95	0.17	
		-N+P	0.16	0.21	0.02	0.006	39.30	*52.53	0.30	
		+N-P	0.20	0.20	0.04	0.04	*34.88	19.83	1.00	
		-N-P	0.20	0.45	0.04	0.02	*36.22	35.36	0.50	
	TRITICALE	FWTCL	+N+P	0.30	0.23	0.42	0.02	36.82	*25.89	0.50
			-N+P	0.18	0.17	0.02	0.01	17.06	25.65	0.50
			+N-P	0.29	0.25	0.02	0.005	37.76	24.01	0.25
			-N-P	0.27	0.34	0.04	0.02	18.40	37.96	0.50
Secano		+N+P	1.90	1.01	0.09	0.03	36.75	20.05	0.33	
		-N+P	0.15	0.32	0.02	0.02	*36.25	*40.28	1.00	
		+N-P	0.09	0.43	0.08	0.06	38.76	*30.71	0.75	
		-N-P	0.25	0.21	0.04	0.01	*34.62	35.42	0.25	
MAIZ	Yeche	+N+P	2.31	1.46	0.17	0.08	*38.46	*25.09	0.47	
		-N+P	1.54	1.51	0.08	0.09	21.88	17.19	1.12	
		+N-P	1.24	0.99	0.11	0.11	*42.37	*38.87	1.00	
		-N-P	1.28	1.27	0.19	0.08	22.01	17.56	0.42	
	H-34	+N+P	1.97	1.19	0.12	0.06	33.07	20.87	0.50	
		-N+P	1.12	1.02	0.06	0.05	20.25	18.02	0.83	
		+N-P	1.09	1.06	0.03	0.04	32.08	22.06	1.33	
		-N-P	1.10	1.01	0.02	0.04	20.30	19.74	2.00	

 TESIS CON
 FALLA DE ORIGEN

CONCLUSIONES:

Con base en los resultados obtenidos en los experimentos de Cinética de absorción se concluye lo siguiente:

- 1.- La velocidad de absorción de los nutrimentos ($H_2PO_4^-$ y NO_3^-) es mayor en trigo Harinero, triticale FWTCL, y en el maíz Yeche y menor en el trigo Duro, en el triticale Secano y en el maíz H-34.
- 2.- Los genotipos que presentan mayor eficiencia en uso de N y P al producir mayor biomasa con el mismo suministro nutrimental son: el trigo Harinero, el triticale FWTCL y el maíz Yeche.
- 3.- En concordancia los genotipos con menor eficiencia son: el trigo Duro, el triticale Secano y el maíz H-34.
- 4.- La correlación entre la Cinética de Absorción y la eficiencia nutrimental, confirma la importancia que tiene el estudio de la misma Cinética de Absorción, como una opción más para la selección de genotipos cultivables como los cereales, además de presentar la cualidad de experimentación en periodos cortos y el número de genotipos que se pueden probar en el mismo tiempo.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

SUGERENCIAS.

- 1.- Durante el trasplante debe tenerse la precaución de decapitar el resto de la semilla, con esto, se espera evitar la presencia de reservas alimenticias de la misma, en el momento de la evaluación de la deplección.
- 2.- Se recomienda controlar la temperatura en el diseño experimental o tomar su registro a lo largo del día y del experimento.
- 3.- Los recipientes utilizados para el trasplante en futuras experimentaciones, deben ser graduados, para tener mejores estimaciones en cuanto a la deplección o disminución de los iones estudiados, a la hora de reponer las alicuotas utilizadas.
- 4.- Se recomienda realizar el seguimiento de la cinética de absorción en intervalos más largos y por mayores periodos.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

BIBLIOGRAFIA

Alcántar, G.G.1991. Apuntes del curso de nutrición vegetal III. CEDAF. Colegio de Postgraduados, Montecillo, México.

Andrews, M. 1986. The partitioning of nitrate assimilation between root and shoot of higher Plants. *Plant, Cell and Environment* 9:511-519.

Anuradha, M. y Narayanan.1991. Promotion of root elongation by phosphorus deficiency. *Plant and Soil*. 176, 273-275.

Arnon, I. 1975. Mineral nutrition of maize. International Potash institute, Switzerland. p. 39-75.

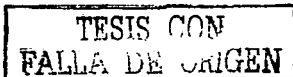
Asher, C. J. Ozanne, PG. y Loneragan, JEF. 1965. A method for controlling the ionic environment of plants roots. *Soil Science*, 100, 149-156.

Asher, C. J. y D. Edwards C. 1983 Modern solution cultures. In: Inorganic Plant Nutrition by A. Lately and R.L. Bieliski (eds). Encyclopedia of Plant Physiology. New Series. Vol. 14^a. Springer-Verlag. Berlin. 94-119.

Barber, S. A. 1980. Soil-Plant Interactions in the phosphorus nutrition of plants. In: F.E. Khasaghehand, E.C. Sample (ed). The role of phosphorus in agriculture. Amer. Soc. Agron. 591-615.

Barber, S. A. 1984. Soil nutrient bioavilidad. A mechanistic approach. Jhon wiley. New York.

Barber, S.A. 1995. Soil Nutrient Bioavailability: A Mechanistic Approach. 2nd Ed. Wiley, New York.



Barley, K.P. 1970. "The Configuration of the root system in relation to nutrient uptake. Advances in Agronomy, 22, 159-201.

Becerril, A. E. M. Beech, G. T. Hill. A. 1998. "Kinetics of Ion Uptake of Strawberry" Colegio de Postgraduados, Texcoco, México.

Bellapart, C. 1988. "Agricultura biológica en equilibrio con la agricultura química" Ed. AEDOS. S.A. México, D.F.

Besford R. T. 1979. "A phosphatase as potential indicator of the glasshouse Cucumber (Cucumis sativus) J. Sci. Food Agric. 29:87-91.

Bhat, K. K. S. 1981. "Nutrients flows into apple roots. I. 32p- orthophosphate uptake from solution by M9 rootstocks and Worcester Permain seedlings. Plant, Cell and Environment, 4, 297-302.

Brewster, J. L. and Tinker, P.B.H. 1972. "Nutrient Flow rates into roots. Soils and Fertilizers, 35, 355-359.

Campbell W. 1996. "Nitrate reductase biochemistry comes of age". Plant physiol 111: 355-361.

Clark, R. B. 1990. "Physiology of cereals for mineral nutrition uptake, use, and efficiency". In crops as enhancers of nutrient use. Baligar. BC. and Duncan RR Eds., Academic press Inc. 131- 209.

Clarkson, D .T. Lüttge U. (1991) Mineral Nutrition: inducible and repressible nutrient transport systems. In HD Behnke. K Esser, K Kubitzki, M. Runge, H. Ziegler, eds, Progres in Botany, Vol 52. Springer-Verlag, Berlin, pp 61-83.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Classen, N. y Barber, S.A. 1974. A Method for characterizing the relation between nutrient concentration and flux into roots of intact plants. Plant Physiology, 54, 564-568.

Córdoba, M. J. 1997. "Actividad fosfatásica e índice de eficiencia de fósforo en trigo, Triticale y Maíz en Andisoles" Tesis de licenciatura. FES ZARAGOZA UNAM.

Cruz, F. G. 1994. "Evaluación de la absorción de fósforo de diferentes genotipos de triticale y trigo en suelos con diferente capacidad de fijación de fósforo" Tesis de Maestría en Ciencias C.P. Montecillo, Méx.

Cruz, F. G. 1999. Relaciones suelo planta en la nutrición vegetal curso de actualización docente (DEGAPA). FES ZARAGOZA.

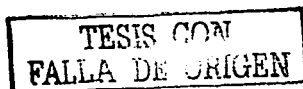
Chapin F. S. y Bielecki R.L. 1982. "Mil Phosphorus Stress in Barley and related Some-Phosphorus-Adapted Barleygrass, Phosphorus Fractions and phosphate Absorptions in Relation to growth. Physiol Plant. 54: 309-3017.

Devlin, R. M. 1980 "Fisiología Vegetal" Editorial. Ediciones Omega, S.A. Barcelona. Pp. 210.

Duncan R. R. y Baligar V. C. 1990. "Genetics, breeding and physiological mechanism of nutrient uptake and use efficiency: An overview". In Crops as enhancers of nutrient use. Baligar, BC. and Duncan RR Eds. Academic press Inc. p. 132-170.

Epstein, E. y C. E. Hagen.1952. A kinetic studio of the absorption of alkali cations by barley roots. Plant Physiol. 23:457-474.

Epstein, E.1972. Mineral Nutrition of Plants: principles and perspectives. Wiley. New York. 17-19.



Epstein, E. 1973. "Mechanism of ion transport through plant cell membranes. *Int Rev. Cytol.* 34: 123-168.

Epstein, E. 1976. Kinetics of transport and the carrier concept. In: Transport in Plants II by U. Luttge y M.G. Pitman (eds.) *Encyclopedia of Plant Physiology. New series. Vol. 2 part B.* Springer-Verlag, Berlin. 70-94.

Etchevers, J. D. 1985. "Un cuarto de siglo de investigaciones en los suelos volcánicos de México". Serie de cuadernos de Edafología I CEDAF, C.P. Chapingo, México.

Fageria , N. K. Baligar, V. C. y Jones C.A. 1997. "Growth & Mineral Nutrition of field crops" Marcel Dekker, Inc. New York.

Fageria, N. K. 1976. Effect of P, Ca and Mg concentrations in solution culture on growth and nutrient uptake of these ions by rice. *Agronomy Journal*, 68 726-732.

Fan, M. X. y Q. L. Wan. 1990. Studies on the tolerance of rice varieties to Phosphorus deficiency. In *Symposium Responses and Tolerance Mechanisms plants to Adverse Soil Conditions.* 234-238.

Föhse D., Claassen N. y Jungk A. 1991 "Phosphorus efficiency of plant. II Significance of root radius hairs and cation anion balance for phosphorus unflux in seven plant species" *Plant and soil.* 123, 261-272.

Furlani C. A. y Filho U. J. 1990. "Eficiencia na absorcao e na utilizacao de fosforo em solucao nutritiva". *Bragantia Campinas.* 49 (2): 413-423.

Gabelman, W. H. Gerloff, G. C. Schettini, T. y Coltman, R. 1986. "Genetic Variability in root system associated with nutrient acquisition and use *HortScience.* 21 (4), 971-973.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Glass, A. D. M. (1988). Nitrogen uptake by plants roots. ISI Atlas Sci Anim Plant Sci 1: 151-156.

Glass, A. D. M. 1990. "Ion absorption and utilization : The cellular level. In crops as enhancers of nutrients use. (Baligar, V.C. and R.R. Duncan Eds.) Academic Press Inc. 65-80.

Guerloff, G. C. 1976. Plant efficiency in the use of nitrogen, Phosphorus and potassium. In Plant adaptation to Mineral Stress in Problem Soils. Proceedings of a Workshop at the National Agricultural Library, Beltsville, Maryland, Nov.1976.

Helal, H. M. 1993. Varietal differences in root phosphatase activity as related to the utilization of organic phosphatase Plant and Soil 1123, 161-163.

Jackson, M. L. "Análisis químico de suelos." 4ª. Ed. Ediciones Omega España. pág. 213-215.

Junk, A. y N. Claassen. 1989. "Availability in soil and acquisition by plants as the basis for phosphorus and potassium supply to plants. Z. Pflanzenernaehr. Bodenkd. 152: 151-157.

Langer, R. y Hill, G. 1991. Agricultural plants. Cambridge university press. New York.

Lara, H. L. 1999. Manejo de la solución nutritiva en la producción de tomate en hidroponia. Terra, vol. 17. No. 3, 221-229.

Lea, P. J. y Legood, R.C. 1993. Plant Biochemistry and Molecular Biology. Edited by Lea, P. J. 156-159.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Leonard, R. T. (1983). Potassium transport and the plasma membrane ATPase in plants. In: Metals and Micronutrients: Uptake and Utilization by Plants by D.A. Robb and W.S. Pierpoint (eds). Academic Press. London. 71-86.

Marschner H. 1995 "Mineral nutrition of higher plants" Academic Press, London. 20,60

Nissen , P. 1971. Uptake sulfate by roots and leaf slices of barley: mediated by single multiphasis mechanisms Physiologia Plantarum, 24, 315-324.

Nye, P. H. y Tinker, P.B. (1977) "Solute Movement in Soil- Root System". Blackwell Scientific Publications. Oxford. 152-164.

Oaks, A. 1994. Primary nitrogen assimilation in higher plants and its regulation". Can. J. Bot. 72:739-750.

O'Connell, A. M. y T. S. Grove, 1985. Acid phosphatase activity in Karry (Eucalyptus diversicolor F. Muell) in relation to soil phosphate and nitrogen supply". Journal of Exp. Botany. 170: 1359- 1372. 16-20.

Olsen, C. 1950. The Significanse of concentration for the rate of ion absorption by higher plants in water culture. Physiologia Plantarum, 3,152-164.

Pitman, M. G. 1972. Uptake and transport of ions in barley seedlings. III. Correlation Between transport to the shoot and relative growth rate Australian Journal of Biological Sciences, 25, 905-919.

Przemek, E. y M. Küke. 1986. Accumulation and reduction of Nitrate in cereal Plants dependent on N supply. Plant and Soil 41: 405-410.

Poole, P. (1978) Energy coupling for membrane transport. Annual Review of Plant Physiology; 29. 437-460.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

- Rao I. M. Ayarsa M. A. y Garcia R. 1995. "Adaptative attributes of tropical forage species to acidic soils I. Differences in plant growth, nutrient acquisition and nutrient utilization among C₄ grass and C₃ legumes" *Journal of plant nutrition*, **18** (10), 2135-2155.
- Rao M. A. Gianfreda L., Palmeiro F. y Violante A., 1996. "Interactions of acid phosphatase with clays, organic molecules and organo-mineral complexes" *Soil science* **16** (11): 751-760.
- Redinbaugh M. G. y Cambell W. H. 1985 "Quaternary structure and composition of squash NADH: nitrate reductase" *J. Biol Chem.* **260**: 3380-3385.
- Rodríguez, F. 1996. "Fertilizantes Nutrición Vegetal" A.G.T. editor S.A. México, p. 70-91.
- Rovira, A. D. Bowen, G. D. y Fester, R. C. (1983). "The significance of rhizosphere microflora and mycorrhizas in plant nutrition. In Inorganic Plant Nutrition by A. LaUchli and R.L. Bieliski (eds.) *Encyclopedia of Plant Physiology. New Series.* Springer-Verlag. Berlin. Vol.15^o. 61-93.
- Russell, R. S. 1977. The soil environment. *In: Plant root systems.* McGraw-Hill, London. 143-168
- Salisbury F. 1994. *Fisiología vegetal*" Grupo editorial Iberoamérica, México, p. 324-326.
- Sandoval, Castro E. 1977. "Dinámica de crecimiento y nutrimental del haba (*Vicia Faba* L.) Bajo diferentes tratamientos de nitrógeno y humedad. Tesis de Doctorado Colegio de Postgraduados. Montecillo, México.
- Scharader, L. E. Functions and transformations of nitrogen in higher plants. *In Nitrogen Crop Production* R. D. Hauk ed. ASA, CSSA, SSSA. Madison, Wis., USA. p. 55-65.

Shaviv, A. y R. L. Mikkelsen. 1993. Controlled-release fertilizers to increase efficiency of nutrient use and minimize environmental degradation – a review. *Fert. Res.* 35:1-12.

Sieciechowicz., K. A. K. W. Joy y R. J. Ireland. 1988. The Metabolism of asparagine in plants. *Phytochemistry* 27: 663-671.

Skoog, D. A. y West, "Fundamentos de química analítica." 6ª. ed. Editorial McGraw-Hill. México. 117-118.

Snowball K. y Robson A. 1991. "Carencias y toxicidades nutricionales que afectan al trigo" CIMMYT, México, p. 1-25.

Stuard- Chapin, F. –III. 1991. Ecological aspects of plant mineral nutrition. Avd – Plant – Nutr. New York, N.Y. Praeger. v. 3 pp.161-191.

Tabatai, M. A. 1982. "Soil enzymes". In methods of soil analysis, part. @ chemical and microbiological properties. Agronomy monograph No. 9 (2nd Ed.) ASA-SSSA.

Tadano, T. y H. Sakai. 1991 Secretion of acid phosphatase by root of several crops species under phosphorus-deficient conditions. *Soil Sci. Plant Nutr.*, 37 (1) 129-140.

Tadano K. 1993. "Secretion of acid phosphatase by the roots of crop species under phosphorus-deficient conditions". *Soil Science.* 37: 129-140.

Tarafdar, J. C. y Classen N. 1988. "Organic phosphorus compounds as a phosphorus source for higher plants trough the activity of phosphatases produced by plant roots and microorganism". *Biology and fertility of soil* 5, 308-317.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Tarafdar, J. y Marschner, 1993. "Phosphatase activity in the rhizosphere and hyphosphere of VA micorrhizal wheat supplied with inorganic and organic phosphorus" Central and zone research institute. Juhpur-342003. Rajasthan, India.

Theertham P. R. Osamoto, I. y Ryouichi, M. 1993. "Differences in uptake kinetics of ammonium and nitrate in legumes and cereals" Plant and soil 154: 67-72

Varughese, T. B. y E. Saari. 1986. Triticale . CIMMYT, México.

Vivanco E, R. A. 1998. "Eficiencia de uso de nitrógeno y fósforo y su relación con actividad nitrato reductasa y fosfatasa ácida en trigo, triticale y Maíz". Tesis de Licenciatura. FES Zaragoza, UNAM. p. 24-36.

Wirén N. V. Gazzrini, S. y Frommer, W. B. 1997. "Regulation of Mineral Nitrogen uptake in plant" Plant and Soil 196: 191-199.

Zhang, J. y S. A. Barber. 1992. Maize root distribution between Phosphorus-fertilized and unfertilized soil. Soil Sci. Soc. Am. J. 56: 819-822.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

ESTADÍSTICA Y SISTEMAS DE INFORMACIÓN
DE LA INVESTIGACIÓN

PAGINACIÓN DISCONTINUA

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

APENDICE A

RESUMEN DEL ANALISIS DE VARIANZA PARA EL EXPERIMENTO DE PRIMAVERA
GENOTIPO

A Triticale	Fuente	G.L.	S.M.	C.M.	F. Calculada	Pr > F
	P0	3	0.577	0.192	99999.9	0.0001
	P12	3	1.144	0.381	9.37	0.005
	P24	3	0.041	0.014	7.81	0.009
	P36	3	0.084	0.028	1.45	0.298
	P48	3	0.54	0.027	6.1	0.046
	N0	3	2654.836	884.945	99999.9	0.0001
	N12	3	2893.325	9964.441	1.53	0.2881
	N24	3	2626.054	875.351	5.22	0.0332
	N36	3	17727.871	5909.291	12.65	0.0033
	N48	3	498.102	166.034	1.04	0.4335
	LV	4	135	233.9	99999.9	0.00001
	LR	4	232	456	99999.9	0.00001
	PFV	4	0.022	0.005	3.68	0.076
	PFR	5	0.012	0.002	99999.9	0.0001
	PSV	4	0.006	0.016	99999.9	0.0001
	PSR	6	0.891	0.148	99999.9	0.0001
	R/V					

B Trigo	Fuente	G.L.	S.M.	C.M.	F. Calculada	Pr > F
	P0	3	0.635	0.212	99999.9	0.0001
	P12	3	0.165	0.055	9.04	0.006
	P24	3	0.096	0.032	2.74	0.123
	P36	3	0.262	0.087	4.39	0.42
	P48	3	0.141	0.047	5.25	0.033
	N0	3	2920.32	973.44	99999.9	0.0001
	N12	3	8835.45	2978.486	7.28	0.011
	N24	3	2733.80	911.268	9.54	0.007
	N36	3	18055.15	6018.38	7.43	0.011
	N48	3	591.28	197.094	1.86	0.214
	LV	3	142	343.6	99999.9	0.0001
	LR	3	156	367	99999.9	0.0001
	PFV	7	0.194	0.027	99999.9	0.0001
	PFR	7	0.496	0.071	99999.9	0.0001
	PSV	7	0.173	0.024	99999.9	0.0001
	PSR	3	0.134	0.025	99999.9	0.0001
	R/V	3	0.178	0.056	99999.9	0.0001

TESIS CON
 FALLA DE ORIGEN

C Maiz	Fuente	G.L.	S.M.	C.M.	F. Calculada	Pf > F
	P0	2	0.634	0.317	99999.9	0.0001
	P12	1	0.208	0.208	2.95	0.228
	P24	1	0.027	0.027	99999.9	0.0001
	P36	1	0.113	0.113	0.44	0.555
	P48	1	0.0068	0.068	88.27	0.003
	N0	2	2920.32	1460.16	99999.9	0.0001
	N12	2	2241.013	1120.507	18.72	0.051
	N24	1	381.941	381.941	4.42	0.17
	N36	1	0.113	0.113	0.44	0.555
	N48	0	0.023	0.122	0.46	0.667
	LV	3	125	375.6	99999.9	0.0001
	LR	3	176	325.8	99999.9	0.0001
	PFV	3	2.108	0.703	1155.12	0.0001
	PFR	3	0.29	0.097	99999.9	0.0001
	PSV	3	0.705	0.235	4.76	0.034
	PSR	3	0.056	0.019	99999.9	0.0001
	R/V	3	0.045	0.016	99999.9	0.0001

P0, P12, P24, P36 y P 48 = $[H_2PO_4^-]$ a las 12.....48 Hs; NO, N12, N24, N36 y N48 = $[NO_3^-]$ a las 12.....48 Hs;

PFV y PFR = peso fresco de vástago y raíz; PSV y PSR = peso seco de vástago y raíz; LV y LR = longitud de vástago y raíz; R/V = relación PSR/PSV.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

APENDICE B

RESUMEN DEL ANALISIS DE VARIANZA PARA EL EXPERIMENTO DE VERANO

GENOTIPO

A Triticale	Fuente	G.L.	S.M.	C.M.	F. Calculada	Pr >F
	P0	3	0.292	0.097	9999.9	0.0001.
	P12	1	1.144	0.386	9.47	0.006
	P24	1	0.01	0.01	0.08	0.81
	P36	1	0.089	0.089	1.74	0.279
	P48	2	1081044.04	5405522.02	99999.9	0.0001
	N0	1	2543.987	988.976	99999.9	0.0001
	N12	1	29906.16	29906.16	305.16	0.036
	N24	2	1237.792	618.896	7.79	0.114
	N36	1	4140.5	4140.5	23.65	0.0056
	N48	2	487.32	164.976	1.08	0.6543
	LV	3	12.9	346	99999.9	0.0001
	LR	3	15.8	354	99999.9	0.0001
	PFV	4	0.021	0.006	3.98	0.0089
	PFR	4	0.014	0.001	99999.9	0.0001
	PSV	4	0.005	0.148	99999.9	0.0001
	PSR	1	0.003	0.147	99999.9	0.0001
	R/V					
B Trigo	Fuente	G.L.	S.M.	C.M.	F. Calculada	Pr >F
	P0	3	0.292	0.097	0.45	0.67
	P12	3	0.115	0.038	0.85	0.51
	P24	3	1.247	0.416	2.99	0.105
	P36	3	0.461	0.154	2.88	0.143
	P48	3	0.313	0.111	7.78	0
	N0	2	578.96	324.48	114.67	0.0065
	N12	3	301300.79	100436.288	119.92	0.0001
	N24	3	470.777	156.026	1.11	0.4263
	N36	3	28140.59	9713.53	74	0.6
	N48	1	8200.87	8200.87	0.66	0.4973
	LV	1	235	345	99999.9	0.0001
	LR	1	206	432	99999.9	0.0001
	PFV	2	0.005	0.008	99999.9	0.0001
	PFR	2	0.0013	0.054	99999.9	0.0001
	PSV	2	0.003	0.076	99999.9	0.0001
	PSR	2	0.016	0.023	99999.9	0.0001
	R/V					
C Maíz	Fuente	G.L.	S.M.	C.M.	F. Calculada	Pr >F
	P0	3	0.292	0.097	1.09	0.432
	P12	1	0.037	0.037	1.03	0.368
	P24	1	0.077	0.077	2.04	0.226
	P36	1	0.022	0.022	0.3	0.614
	P48	2	1052134.71	526067.35	99999.9	0.0001
	N0	1	486.72	486.72	643.87	0.0775

TESIS CON
 PALLA DE ORIGEN

N12	3	112085.147	37361.716	624.22	0.0001
N24	1	4.408	4.408	0.01	0.9228
N36	2	164378.283	82189.142	1109.71	0.0001
N48	2	10073.932	5036.966	0.81	506
LV	2	132	654	99999.9	0.0001
LR	2	123	243	99999.9	0.0001
PFV	2	0.009	0.0003	99999.9	0.0001
PFR	2	0.004	0.006	99999.9	0.0001
PSV	3	0.007	0.0072	99999.9	0.0001
PSR	7	0.0224	0.003	99999	0.0001
R/V	7	0.008	0.076	865	0.9765

P0, P12, P24, P36 y P 48 = $[H_2PO_4]$ a las 12.....48 H; NO, N12, N24, N36 y N48 = $[NO_3]$ a las 12.....48 H;

PFV y PFR = peso fresco de vástago y raíz; PSV y PSR = peso seco de vástago y raíz; LV y LR = longitud de vástago y raíz; R/V = relación PSR/PSV.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

ANEXO I

Composición de las soluciones nutritivas utilizadas en el experimento.

Compuesto Químico	Concentración
	meq . l ⁻¹
(NH ₄) ₂ SO ₄	14.0
Ca(NO ₃) ₂	8.0
K ₂ SO ₄	5.0
MgSO ₄ .7H ₂ O	5.0
NaH ₂ PO ₄	1.2
	mg . l ⁻¹
H ₃ BO ₃	2.86
MnCl ₂	1.81
ZnSO ₄	0.22
H ₂ MoO ₄	0.08
	ppm
Fe-EDTA	2.6

TESIS CON
FALLA DE CUBIEN

*Composición iónica para el tratamiento: +N+P, en el tratamiento +N-P se utilizaron todos los iones anteriores excepto NaH₂PO₄, el tratamiento -N+P la especie iónica ausente es Ca(NO₃)₂, la cual fue complementada en la carencia de Ca²⁺ con CaCl₂ y en el tratamiento -N-P los iones no suministrados son Ca(NO₃)₂ y NaH₂PO₄.

ANEXO II

DETERMINACIÓN DE FÓSFORO

Método del complejo vanadato-molibdato.

- 1-Tomar una alícuota de 1.5 mL de la SN (tratamientos) en un tubo de ensayo.
- 2-Agregar 1.5 mL del complejo vanadato-molibdato.*
- 3-Aforar a 10 mL (7 mL de agua destilada).
- 4-Esperar de 20 a 30 min a que desarrolle el color amarillo.
- 5-Leer a 470 nm.

TESIS COM
FALLA DE ORIGEN

*La preparación del complejo vanadato-molibdato, así como la curva patrón de fosfatos, se realizó conforme a lo descrito en (Jackson, 1982).

ANEXO III**DETERMINACIÓN DE NITRATOS.****TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

Método potenciométrico.

- 1-Con un medidor de iones *Marca phoenix Electrode Co. Modelo 3200*, un electrodo selectivo para iones nitrato *phoenix No. NO31501* y su respectivo electrodo de referencia para nitratos.

- 2- Se realiza una curva de calibración, partiendo de una solución madre o estándar de 1000 ppm de NaNO_3^- , con las siguientes concentraciones: 0, 250, 500, 750 y 1000 ppm. Disolviendo 1.37 g de NaNO_3^- grado reactivo en un matraz aforado de un litro con agua destilada; y utilizando una solución ajustadora iónica (ISA) en cada caso, 2 mL de $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 2M, por cada 100 mL de solución estándar, preparada de la siguiente manera: disolver 264 gramos de $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ grado reactivo en un matraz de un litro con agua destilada; con el medidor en el modo milivolt se registran las lecturas de diferencia de potencial y se grafica en papel logaritmico.

- 3-La muestra problema se agita vigorosamente para la determinación de los iones nitrato.

- 4-Enjuagar los electrodos (ión selectivo y de referencia para nitratos) con agua desionizada, secar cuidadosamente los electrodos con un papel limpio y seco.

- 5-En la muestra problema se sumergen los electrodos. Con el potenciómetro encendido en el modo milivolt, esperar a que se estabilice la lectura, se registra y también se puede oprimir la tecla RCL (para almacenar lecturas en la memoria).

- 6-Retirar los electrodos de la muestra y enjuagar nuevamente con agua desionizada, repetir los pasos del 4 al 6.