



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO**

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES  
"ZARAGOZA"

**INFLUENCIA DEL P EN LA ACTIVIDAD FOSFATASICA DE RAIZ  
ENTRE VARIETADES DE TRIGO (*Triticum aestivum*) Y  
TRITICALE (*X Triticosecale Wittmack*)**

**TESIS PROFESIONAL**

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

**B I O L O G O  
P R E S E N T A .**

**BIBIANA ZAVALA MUNGUIA**



MEXICO, D. F.

JULIO 1993

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**



Universidad Nacional  
Autónoma de México



## **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 está 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.

# I N D I C E

	No. pág
I. RESUMEN .....	1
II. INTRODUCCION .....	2
III OBJETIVOS .....	3
3.1 GENERAL .....	3
3.2 PARTICULARES .....	3
IV. REVISION BIBLIOGRAFICA	
4.1 FOSFORO .....	4
4.1.1. DEFICIENCIA DE FOSFORO EN LAS PLANTAS .....	5
4.1.2. FOSFORO EN EL SUELO .....	5
4.1.3. PROBLEMAS DE ABASTECIMIENTO DE P EN LAS PLANTAS .....	6
4.1.4. IONES FOSFATO Y pH DEL SUELO .....	7
4.1.5. FACTORES QUE CONTROLAN LA DISPONIBILIDAD DEL FOSFORO .....	8
4.2 ADAPTABILIDAD .....	10
4.2.1. TOLERANCIA CONTRA EVASION .....	11
4.2.2. TOLERANCIA AL ESTRES .....	12
4.2.3. EVASION DEL ESTRES .....	12
4.2.4. CAMBIOS EN LA RIZOSFERA .....	13
4.3 ACTIVIDAD FOSFATASICA .....	14

4.4 TRIGO Y TRITICALE,.....	19
4.4.1. TRIGO,.....	19
4.4.1.1. ORIGEN,.....	19
4.4.1.2. MORFOLOGIA Y ANATOMIA DE LA PLANTA,.....	19
4.4.1.3. IMPORTANCIA ECONOMICA Y ALIMENTARIA,.....	23
4.4.1.4. SINTOMAS DE DEFICIENCIA DE FOSFORO,.....	24
4.4.2. TRITICALE,.....	25
4.4.2.1. ORIGEN,.....	25
4.4.2.2. MORFOLOGIA Y ANATOMIA DE LA PLANTA,.....	25
4.4.2.3. IMPORTANCIA ECONOMICA Y ALIMENTARIA,.....	26
V MATERIALES Y METODO,.....	28
5.1 SELECCION DE MATERIALES,.....	28
5.1.1. MATERIALES DE CULTIVO,.....	28
5.1.2. MATERIALES DE GERMINACION,.....	28
5.1.3. MATERIALES DE ANALISIS DE LABORATORIO,.....	29
5.2 SELECCION DE TRATAMIENTOS.....	30
5.3 SOLUCION NUTRITIVA,.....	30
5.4 DISEÑO EXPERIMENTAL.....	31
5.5 INSTALACION Y MANEJO,.....	32
5.6 APLICACION DE TRATAMIENTOS.....	33
5.7 MANTENIMIENTO DEL EXPERIMENTO.....	33
5.8 MUESTREOS.....	33

5.9 VARIABLES DE ESTUDIO,.....	34
5.9.1. ANALISIS RADICAL,.....	34
5.9.2. DETERMINACION DE FOSFORO,.....	34
5.9.3. OTRAS DETERMINACIONES,.....	36
5.9.4. ANALISIS ESTADISTICO,.....	36
VI. RESULTADOS Y DISCUSION,.....	37
6.1 EXPERIMENTO UNO	
6.1.1. EFECTO DE EDAD,.....	37
6.1.2. EFECTO DE FOSFORO,.....	40
6.2 EXPERIMENTO DOS	
6.2.1. EFECTO DE EDAD,.....	45
6.2.2 EFECTO DE FOSFORO,.....	48
6.3 EXPERIMENTO TRES	
6.3.1. EFECTO DE EDAD,.....	51
6.3.2 EFECTO DE FOSFORO,.....	52
VII CONCLUSIONES ,.....	64
7.1 DIFERENCIAS ENTRE GENOTIPOS ,.....	64
7.2 EFECTO DE EDAD,.....	64
7.3 EFECTO DE FOSFORO,.....	65
7.4 EFECTO DE ESPECIE ,.....	65

VIII. BIBLIOGRAFIA CITADA	66
IX. APENDICE	73
X. ANEXOS	85

## I. RESUMEN

Las plantas adaptadas a suelos ácidos minerales utilizan una gran variedad de mecanismos para contrarrestar factores adversos del suelo. La habilidad para tomar fósforo en situaciones de baja disponibilidad está asociado con la capacidad de las plantas a acidificar el medio radical y con la actividad fosfatásica, en la cual se ha encontrado un incremento como respuesta a la deficiencia de fósforo, por lo que se determinó la influencia del P en la actividad fosfatásica (P-asa) radical de ocho variedades diferentes de Trigo (Triticum aestivum) y ocho de Triticale (X Triticosecale Wittmack) sometidas a dosis de fósforo (0.0, 0.6 y 1.2 meq/l P). Para ello se instalaron tres experimentos y se evaluó la actividad P-asa de raíz (modificación a Tabatabai, 1982) a tres edades. De los resultados obtenidos se derivaron las siguientes conclusiones: 1) En triticales hay más diferencias de actividad P-asa que en Trigos; 2) Hay un aumento marcado de actividad fosfatásica por efecto de edad, más notorio en Triticale que en Trigos debido a que respondieron por más tiempo al estrés por deficiencia de fósforo; 3) Respecto a la reacción al P se observó que bajo ausencia de fósforo se estimula la actividad P-asa; sin embargo, algunas variedades la disminuyeron, debido a que la actividad fosfatásica puede ser inhibida como mecanismo de adaptación; 4) Finalmente, el Triticale es una especie que utiliza como posible mecanismo de adaptación la actividad P-asa radical, por lo tanto, se recomienda hacer pruebas por más tiempo en diferentes suelos con varios niveles de fósforo.

## II INTRODUCCION

Los cereales constituyen, desde milenios, la fuente principal de alimentos para el hombre. El origen de su cultivo no se conoce con precisión; se supone que inició alrededor del curso bajo del Nilo, en donde el trigo y otros granos comenzaron a cultivarse hacia los años 8000 a 6000 A J.C. El maíz constituyó el alimento básico en las grandes civilizaciones americanas precolombinas -azteca, maya, inca-, habiéndose localizado granos fosilizados en yacimientos preincaicos de 5000 años de antigüedad. El cultivo del arroz surgió simultáneamente, en el sudeste asiático y en Africa, los primeros datos del cultivo del arroz en China están fechados alrededor del año 2800 A J.C. (Primo, 1982).

En 1977 la cosecha mundial de cereales ascendió a cerca de mil millones de toneladas. En cuanto a producción, los cereales más importantes son: trigo, arroz y maíz, que suman el 75% del total. El trigo y el arroz constituyen el alimento básico de las cuatro quintas partes de la población mundial. El 60% de las proteínas consumidas actualmente por el hombre provienen de los cereales (Primo, op. cit.)

El trigo, consumido por el hombre principalmente en forma de pan y otros productos horneados, es el cereal más importante en Europa, Oriente Próximo, América del Norte y Oceanía. El arroz es el alimento básico para la mitad de la humanidad. El maíz es el cereal básico para la América Central y México, importante en América del Sur y sudeste de Africa. El sorgo y el mijo constituyen el alimento básico en grandes áreas de Africa.

El salvado de arroz y el germen de maíz constituyen una fuente de aceite comestible. Algunos cereales -maíz sobre todo- son materia prima para la obtención industrial de almidón, la cebada juega un papel importante en la industria cervecera.



Actualmente se está investigando la posibilidad de obtener y cultivar nuevos cereales, con propiedades y características mejores. Por ejemplo el Triticale, cruce de de Trigo (*Triticum*) y Centeno (*Secale*) supera al trigo en valor nutritivo y al centeno en calidad para panificación. Su cultivo está extendiéndose en numerosos países (Primo, op. cit. pág. 1).

El fósforo es un elemento esencial en el crecimiento y desarrollo de las plantas por estar asociado con algunas de sus funciones vitales como por ejemplo, la fotosíntesis, y además una deficiencia de este nutrimento puede ocasionar amarillamiento en las hojas y modificaciones en su desarrollo.

Las plantas adaptadas a suelos ácidos minerales utilizan una gran variedad de mecanismos para contrarrestar factores adversos del suelo. Dentro de estos mecanismos se encuentra la *Actividad fosfatásica*, llevada a cabo por un grupo de enzimas *hidrolasas* llamadas *fosfatasas*.

Debido a las repercusiones que tiene el fósforo en el desarrollo de los cereales y en general, de todas las plantas; de la importancia económica y alimentaria del Trigo y Triticale, producidos a gran escala en países europeos, en algunas regiones de nuestro país con gran éxito y al porcentaje territorial de suelos ácidos, es por lo que el presente trabajo se encaminó a evaluar la influencia del fósforo en la *Actividad fosfatásica radical* entre variedades de trigo y triticale.

### III OBJETIVOS

#### 3.1 GENERAL

Determinar la influencia del fósforo en la Actividad Fosfatásica entre las diferentes variedades de Trigo (*Triticum aestivum*) y Triticale (*X Triticosecale Wittmack* )

#### 3.2 PARTICULARES

Evaluar las diferencias de actividad fosfatásica de la raíz de trigo y triticale como respuesta al estrés por deficiencia de Fósforo.

Evaluar el comportamiento de la Actividad Fosfatásica a nivel radical en variedades de trigo y triticale a diferentes edades ó etapas de desarrollo.

#### HIPOTESIS

La Actividad Fosfatásica es una propiedad inter e intraespecifica y se ha observado que existen diferencias en cuanto a ésta entre genotipos de la misma especie, por lo que se plantea la siguiente hipótesis:

"En condiciones de estrés nutricional por deficiencia de P, la actividad fosfatásica de los genotipos de Trigo y Triticale será afectada".

### 4.1 FOSFORO

El fósforo es un elemento esencial en el crecimiento y desarrollo de las plantas, por lo que se asocia con algunas funciones vitales como: la utilización de azúcares y almidones, fotosíntesis, formación del núcleo y división celular, elaboración de grasas, organización celular, transmisión de la herencia, etc. (Ortiz, 1977).

El fósforo en las semillas se acumula sobre todo en forma de fitina, una sal cálcico magnésica del ácido inositol hexafosfórico. Este compuesto se hidroliza enzimáticamente durante la germinación, el fosfato pasa a la forma inorgánica y puede ser utilizado para otros propósitos. El fósforo es un constituyente de los fosfolípidos y éstos actúan como materiales de reserva en las semillas mientras que participan en el metabolismo de las plantas en crecimiento. Por otro lado los ácidos nucleicos forman los genes de las plantas, los que determinan sus cualidades hereditarias: su función como material genético consiste en determinar la naturaleza de cada una de las proteínas celulares que se sintetizan, en su mayoría son enzimas que catalizan distintas reacciones metabólicas. El fósforo se da en algunas de estas enzimas aunque no participa directamente en la catálisis. En el metabolismo vegetal el P desempeña un papel directo como transportador de energía, e.g. en la fotosíntesis como fósforo inorgánico constituye la fuente de los iones fosfato que forman parte de los compuestos orgánicos de los diferentes ciclos metabólicos así como el que los repone a medida que son utilizados. La concentración de P inorgánico en las plantas se halla condicionado a la reserva del suelo (Black, 1975).

Las plantas en desarrollo contienen cantidades apreciables de P en los tejidos meristemáticos y al igual que el nitrógeno son traslocados de los tejidos viejos a los nuevos, especialmente en los suelos con baja disponibilidad de fósforo, y a medida que se acerca a la madurez, pasa al fruto y a las semillas (Ortiz, op. cit. pág 8).

#### 4.1.1 DEFICIENCIA DE FOSFORO EN LAS PLANTAS

Los síntomas de las carencias y toxicidades nutricionales son consecuencia de daños en el metabolismo de la planta. Muchos síntomas son muy característicos de cierta carencia o toxicidad que afecta el metabolismo y disminuye el crecimiento, y permiten identificarla (Snowball y Robson, 1991).

Aunque una deficiencia extrema de P puede producir amarillamiento en las hojas, el síntoma más común es la aparición de una coloración verde oscuro o azulada que puede presentarse acompañada de tintes bronceados o purpúreos. Este criterio de diagnóstico es limitado por ser poco específico, puesto que las deficiencias de N y otras condiciones producen coloraciones parecidas. Además, algunas clases de plantas tienen por naturaleza ese color, otras no la tienen aun cuando las padezcan.

Cuando ambas deficiencias coinciden, las plantas presentan las siguientes características: hojas pequeñas, crecimiento lateral reducido, defoliación prematura, la cual comienza por las hojas inferiores; la floración es escasa y se retarda la apertura de las yemas en primavera. La similitud en la respuesta vegetal al fósforo y nitrógeno, en este sentido puede resultar de dos semejanzas en los dos nutrimentos en lo que respecta al comportamiento en las plantas (Ortiz, op. cit. pág. 8).

La ubicación de los síntomas de las carencias nutricionales en las plantas dependerá del grado y la velocidad de traslado de los nutrimentos desde las hojas viejas hacia las partes nuevas. Los nutrimentos difieren notablemente en cuanto a su movilidad dentro de la planta (Snowball y Robson, 1991).

#### 4.1.2 FOSFORO EN EL SUELO

El fósforo es relativamente estable en los suelos y no presenta compuestos que pueden ser volatilizados y lixiviados fácilmente. Esta alta estabilidad resulta de una baja solubilidad que a veces causa problemas en la disponibilidad de fósforo para las plantas, a pesar de la continua mineralización de compuestos orgánicos del suelo (Hans, 1975).

El fósforo se presenta en el suelo casi exclusivamente como ortofosfatos y todos los compuestos son derivados del ácido fosfórico. Los fosfatos del suelo se dividen en dos grupos: inorgánicos y orgánicos. En los inorgánicos los iones  $H^+$  del ácido fosfórico se reemplazan por cationes formando sales. En los orgánicos uno ó más  $H^+$  dan origen a enlaces estéricos y el resto puede ser reemplazado por cationes. De acuerdo con la estructura química existen cinco tipos principales de compuestos fosfatados en la M.O.: 1) fosfolípidos, 2) ácidos nucleicos, 3) fosfatos metabólicos, 4) fosfoproteínas, 5) fosfatos del inositol. La fracción principal esta constituida por los del quinto grupo, que constituyen hasta el 50% del P orgánico y en algunos suelos hasta el 75% (Hans, Ibid).

Entre los fosfatos inorgánicos del suelo se han podido establecer formas químicamente bien definidas: formas cristalizadas, no bien cristalizadas o amorfas, fosfatos adsorbidos y presentes en la solución del suelo. Entre los cristalinos se consideran a los cálcicos, aluminicos y férricos. La distribución de los fosfatos inorgánicos depende del grado de intemperismo y al desarrollo del suelo, así mismo se ve influenciado por las condiciones del pH del suelo. En reacciones neutras o alcalinas, predominan los fosfatos de calcio, bajo condiciones ácidas los de Fe y Al. La distribución de los fosfatos inorgánicos también depende de la granulometría del suelo: en suelo arenoso predominan los fosfatos cálcicos y en los arcillosos los aluminicos y férricos (Hans, 1975).

En suelos muy ácidos se tienen grandes cantidades de Fe y Al en solución y formando minerales; los compuestos del P soluble con estos elementos recién precipitados suministran algo de P a las plantas, sin embargo con el tiempo se forman partículas más grandes e insolubles. Al encalar el suelo el P se combina con el Ca y pueden ser más favorable para la asimilación del P a pHs que van de 6.0 a 7.5. (Hans, op. cit. pág 10).

#### 4.1.3 PROBLEMAS DE ABASTECIMIENTO DE P EN LAS PLANTAS

Otros factores que influyen en la disponibilidad del P son: (a) carencia de aereación del suelo: disminuye la cantidad de P aprovechable; (b) compactación del suelo: disminuye la aereación, inhibe grandemente la absorción del P por las plantas; (c) la humedad del suelo tiene una profunda influencia, se ha demostrado que al movilizarse más agua a través de la planta, más P es absorbido por las raíces; (d) las temperaturas bajas retardan el desarrollo de las raíces (Hans, op. cit. pág 10).

La disponibilidad del fósforo para las plantas esta fuertemente determinada por: pH, contenido de Fe, Mn y Al solubles en el suelo, así mismo de la presencia de otros elementos químicos o especies iónicas con los que se manifiestan efectos sinérgicos (iones amonio, magnesio, o hidrógenos) o efectos antagónicos (iones silicatos, arseniatos, cromatos, etc.); cantidad y descomposición de la materia orgánica (actividad quelante); y la cantidad de microorganismos de vida libre o simbioses (micorrizas) (Hans, op. cit. pág 10)

#### 4.1.4 IONES FOSFATO Y PH DEL SUELO

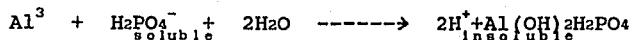
La forma iónica en turno del P en el suelo, esta determinada por el pH de la solución en el cual el ión es encontrado. Cuando el suelo es de pH neutro o ligeramente alcalino, el ión  $\text{HPO}_4^-$  (fosfato monoácido) es aparentemente la forma mas común. Cuando el pH se encuentra ligeramente a moderadamente ácido, tanto el ión  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  y el ion  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  (fosfato diácido), se encontrarán en la solución del suelo. A mayor acidez del suelo, el ión  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  tiende a dominar.

Usualmente, una reacción ácida del suelo, en la que coexisten tanto los iones fosfato monoácidos y diácidos es más propicia para el desarrollo de los cultivos.

#### 4.1.5 FACTORES QUE CONTROLAN LA DISPONIBILIDAD DEL FOSFORO

a) Precipitación de fosfatos mediante iones de Fe, Al y Mn.

En reacción ácida de un suelo, el Fe y Al solubles se encuentran frecuentemente y reaccionan con los iones diácidos convirtiendo el P en una forma insoluble de acuerdo con la siguiente reacción:



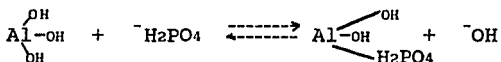
al quedar insoluble este nutrimento no es aprovechado por las plantas (Hans, op. cit. pág 10).

Aunque la reacción anterior representa un equilibrio químico, éste no se da en el suelo, debido a que el Fe, Al y Mn solubles exceden por mucho a la cantidad de iones fosfato presentes en la solución del suelo, impidiendo se alcance un equilibrio. En consecuencia, la reacción se desplaza hacia la derecha formando fosfatos insolubles, quedando sólo pequeñas cantidades de iones fosfato diácido aprovechables para las plantas que se hallen en tales condiciones (Hans, op. cit. pág 10)

b) Precipitación de fosfatos mediante óxidos hidratados.

Además de reaccionar con los iones Fe, Al y Mn, los fosfatos reaccionan también con los hidróxidos hidratados insolubles de estos mismos elementos, tales como la limonita y la goethita. Así es que la cantidad real de fosfato fijada por óxidos hidratados es mayor que la precipitación química por Fe, Al y Mn solubles (Hans, op. cit. 10)

Los compuestos que se forman, como resultado de la fijación de los iones  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  por los óxidos hidratados de hierro y aluminio son fosfatos hidroxidados.



c) Fijación por arcillas silíceas.

Es otra forma de fijación de P, se presenta bajo condiciones de acidez moderada y lo constituyen las arcillas silicatadas como la caolinita, montmorillonita e illita entre otras.

d) Intercambio aniónico.

Parte del fosfato que reacciona con los compuestos de Fe y Al y con las arcillas silíceas, esta expuesto al fenómeno de intercambio aniónico, proceso en el cual se puede sustituir el  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  por otros iones como  $\text{OH}^-$ .



### 4.3 ADAPTABILIDAD

Las plantas adaptadas a los suelos minerales ácidos utilizan una gran variedad de mecanismos para enfrentar factores adversos del suelo. Estos mecanismos están regulados separadamente (por ejemplo tolerancia al Al y Mn) o están frecuentemente interrelacionados (Tolerancia al Al y eficiencia a la adquisición de P). Desde el punto de vista agronómico, el total de los mecanismos individuales son importantes cuando se determinan los requerimientos necesarios para mejorar los suelos ácidos (en particular abonar o fertilizar). En extensas áreas trópicas y subtropicales la capacidad de fijar P de los suelos minerales ácidos es muy alta, de esta manera la deficiencia en fósforo es un factor nutricional muy importante en el crecimiento de las plantas (Sánchez y Salinas, 1981).

En plantas silvestres adaptadas a suelos ácidos, la poca o inadecuada fertilidad presenta síntomas visibles de deficiencia de nutrimentos o toxicidad (por ejemplo, de Al o Mn). En dichas plantas, el aumento de las concentraciones de nutrimentos como P, Ca, o Mg son altas lo cual indica una adaptación por evasión del estrés. Esta adaptación, no refleja la deficiencia en la salida de nutrimentos pero sí de la lenta velocidad de crecimiento es por eso que el nivel suministrado de nutrimentos minerales debe ser incrementado. Por consiguiente, la eficiencia en el uso de nutrimentos, esto es, la cantidad de materia seca producida por unidad de nutrimento es bajo en estas plantas y por lo tanto esta estrategia de adaptación no puede ser introducida para especies cultivables. Sin embargo, esta forma de conducta es empleada por algunas raíces de ciertas especies tropicales cultivables a pesar de las diferencias de rendimiento producida por la acidez del suelo, la concentración de nutrimentos minerales con respecto a los remanentes es el mismo (Abruña-Rodríguez et. al., 1982).

### 4.3.1 TOLERANCIA CONTRA EVASION

De acuerdo con Levitt el concepto general de adaptación al estres ha sido alcanzado por el de tolerancia al estres y/o evasión al estres. Debido a factores del estres, las plantas cultivadas son expuestas a crecer en suelos minerales ácidos, por regla general ambas estrategias son requeridas simultáneamente, aunque variando el grado. Los componentes más importantes de la estrategia de tolerancia y evasión al estres para la adaptación de las plantas se muestra a continuación:

Figura 1  
Tolerancia contra Evasión del Estres  
(Marschner, 1991)

---

ESTRATEGIAS DE ADAPTACION DE LAS PLANTAS  
A SUELOS ACIDOS

---

TOLERANCIA AL ESTRES

Baja demanda interna de  
nutrimentos

Compartimentación, recirculación  
de nutrimentos.

Alta tolerancia de los tejidos  
a elementos minerales tóxicos

EVASION AL ESTRES

Incremento en la adquisición de nutrimentos  
limitantes.

Cambios en la raíz inducidos en la rizosfera

Exclusión del Al (Mn) desde los sitios o canales sensitivos.

Rizósfera favorable a microorganismos, asociaciones, simbiosis.

---

Las altas concentraciones de aluminio y la deficiencia de fósforo en suelos ácidos son el factor clave que limita la producción de cosechas en éstos.

#### 4.3.2 TOLERANCIA AL ESTRES

Los mecanismos de tolerancia para la adaptación requieren de una baja demanda interna o una mayor recirculación de nutrimentos, siendo menos importante la alta tolerancia de los tejidos a minerales tóxicos, en particular Al y Mn. Para Mn, distintos genotipos presentan diferencias en la tolerancia a Mn en tejidos jóvenes. Estas diferencias son notables y son resultado de numerosos procesos que remueven Mn de los sitios metabólicos e incluye la oxidación y compartimentación en paredes celulares, deposición en pelos de hoja (Blamey *et. al.*, 1986), acomplejamiento por polifenoles (Aoba, 1986) o una distribución más uniforme en el tejido que en la hoja (Horst, 1983). La tolerancia del tejido a altas concentraciones de Mn es incrementada por altas temperaturas (Ruffy *et. al.*, 1979) y Si (Horst y Marschner, 1978)

#### 4.3.3 EVASION DEL ESTRES

Este medio de adaptación está bien documentado para fósforo y es llevado a cabo, por ejemplo, a lo largo del área superficial de la raíz en cualquiera de las propiedades inherentes al genotipo (Föhse *et. al.*, 1988; Ozane *et. al.*, 1969) o como respuesta a la deficiencia de P (Anghinori y Barber, 1989; Dinkelaker *et. al.*, 1989). Los nutrimentos, las reservas de las semillas, en particular Mo y P, son también importantes componentes de adaptación.

Una alta eficiencia en la disponibilidad de fósforo puede estar también relacionada con parámetros cinéticos tales como  $I_{max}$ , y bajo  $K_m$ , y valores de  $C_{min}$  (Föhse *et. al.*, 1988; Itoh, 1987).

#### 4.3.4 CAMBIOS INDUCIDOS EN LA RIZOSFERA

La estrategia de evasión del estrés induce cambios en la rizósfera siendo una importante clave en suelos minerales ácidos. Estos cambios son realizados por uno u otro mecanismo no específico, por ejemplo: cambios en la razón de salida de cationes-aniones correspondientes a diferencias de pH, liberación de carbono orgánico o mecanismos específicos en respuesta a deficiencias (exudados de solutos orgánicos). Los cambios están también relacionados con una alta densidad de microorganismos en la rizósfera comparada con la del demás suelo.

El agotamiento en la rizósfera es una característica típica de una baja movilidad de nutrimentos en el suelo (K, P). En suelos ácidos minerales, el agotamiento de la fertilidad puede ocurrir por muchos nutrimentos, incluyendo el Ca y Mg.

Adicionalmente, el pH de la rizósfera puede diferir del pH del suelo por más de dos unidades, dependiendo del suministro de nitrógeno ( $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{NO}_3^-$ , fijación simbiótica  $\text{N}_2$ ) de las plantas, del estado nutricional de las plantas y del pH dado por la capacidad amortiguadora del suelo. En suelos ácidos, el grado de nitrificación es baja con respecto a la de suelos neutros, y las plantas adaptadas a suelos ácidos pueden preferir  $\text{NH}_4^+$  comparado con  $\text{NO}_3^-$  ó tolerar concentraciones altas de  $\text{NH}_4^+$  (Gigon y Rorison, 1972).

#### 4.4 ACTIVIDAD FOSFATASICA

Durante los últimos años, se han acumulado evidencias que sugieren que la actividad microbiana juega un papel significativo en las transformaciones del fósforo en el suelo (Chauhan *et. al.*, 1981). De manera similar Heal (1984) y Sauerbeck (1987) demostraron que el P orgánico del suelo es producto de la actividad microbiana, al ser transformado en la rizósfera. De acuerdo con esto, la disponibilidad del P está dado por la acción de las fosfatasa de los organismos del suelo.

De cualquier modo, los factores que controlan la disponibilidad del fósforo orgánico presente en el suelo para ser aprovechado por la planta aún no han sido aclarado. Sin embargo es de especial interés el papel de las llamadas fosfatasa de las raíces y su dependencia genética (Helal, 1990).

La Actividad fosfatásica es una reacción enzimática que llevan a cabo un grupo de enzimas denominadas Fosfatasa. En general el nombre de "Fosfatasa" ha sido utilizado para describir a un grupo de Enzimas que catalizan la hidrólisis de los ésteres y anhídridos del ácido fosfórico . La Comisión de Enzimas de la Unión Internacional de Bioquímica han clasificado a este grupo de enzimas como el Quinto Grupo. Éste incluye las hidrolasas fosfomonoesterasas, las hidrolasas fosfodiesterasas, las hidrolasas trifosfomonoesterasas, enzimas actuantes en anhídridos que contengan fósforo y enzimas actuantes en enlaces P-N de manera semejante a las fosfoamidasa (Tabatabai, 1982).

La gran variedad de especies acuáticas (incluyendo a las algas y en especial a la *Spirodela oligorrhiza*) utilizan los fosfatos orgánicos como fuentes de fósforo para su crecimiento, hidrolizando enzimáticamente los fosfatos orgánicos por Fosfatasa Extracelulares y absorbiendo el producto de la reacción los fosfatos inorgánicos . Además, con cada una de estas especies, las fosfatasa externamente accesibles aumentan su actividad cuando las plantas son cultivadas en medios sin fosfatos (Dracup et. al., 1984).

El papel de las fosfatasas extracelulares en la nutrición por fósforo de plantas terrestres aún no ha sido aclarado. Aproximadamente tres especies han sido utilizadas para demostrar que las raíces de plantas terrestres poseen Fosfatasas Extracelulares. En primer lugar, la Actividad Fosfatásica ha sido demostrada *in vivo* bajo condiciones estériles y no estériles usando raíces intactas. Otra evidencia que muestra el sitio activo extracelular de las Fosfatasasa ha sido obtenida por medio de: (a) tinción histoquímica de secciones fijas de raíz y (b) medición en extractos de paredes celulares (Dracup et. al., 1984).

Es poco probable que la Actividad Fosfatásica en suelo sea útil para determinar la producción en cultivos o de la concentración de fósforo en éste (Speir and Ross, 1978). De cualquier modo, las enzimas fosfatasas responden al estres por deficiencia de fósforo incrementando su actividad enzimática. La relación inversa entre la disponibilidad del fósforo y la Actividad Fosfatásica en medio ácido ha sido examinada en base a predicciones realizadas al someter a estres por fósforo ciertos pastos, otros cultivos y especies forestales. Mc Lachlan (1976) mostró que la Actividad Fosfatásica en raíces de Cereales y de Trébol está relacionada con la Productividad y que el aumento de dicha actividad en estas especies puede llegar a ser mayor cuando existe deficiencia de fósforo. Se ha concluido que la Actividad Fosfatásica se puede utilizar para detectar especies adaptadas para tomar el fósforo en suelos de baja fertilidad. En cultivos de Trigo, Mc Lachlan y De Marco (1982) han encontrado que la acción de las Fosfatasas Acidas presentes en raíces, hojas y en plantas maduras resultan buenas indicadoras de la concentración de fósforo presente en la planta.

En estos estudios, las plantas fueron cultivadas en cajas de cristal o en especie de armarios bajo condiciones controladas teniendo como substrato arena o turba. Más tarde, en estudios de campo, Mc Lachlan (1984) encontró que el factor "Edad de la Planta" y Textura del suelo resultaron ser factores inherentes a la utilidad de la Actividad Fosfatásica Acida en hoja como predictora de la productividad de grano y de la concentración de fósforo en la planta. De cualquier forma, se ha concluido que es posible establecer niveles estandar de Actividad Fosfatásica en cultivos y ambientes particulares.

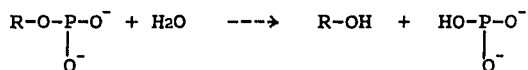
La Actividad Fosfatásica Acida como mecanismo de tolerancia al estres resulta ser más alta en la superficie radical que hacia el interior del suelo y la actividad de esta enzima se incrementa como respuesta de las raíces a la deficiencia de fósforo (Marschner, 1991).

Bajo condiciones de insuficiencia de fósforo, en extractos de tejidos de muchas plantas, se ha encontrado un incremento de la actividad fosfatásica bajo estres de fósforo (Besford, 1978).

La habilidad para tomar fósforo en situaciones de bajo P disponible está asociado con la capacidad de las plantas a acidificar el medio radical y su relación con la actividad fosfatásica. La actividad puede ser incidental al transporte de fósforo inorgánico o asociado con la conversión de formas inorgánicas a orgánicas (Bialeski, 1973).

A una concentración dada de fósforo, una planta puede utilizar más el fósforo inorgánico que otro, entonces la actividad fosfatásica se ve reducida por el efecto de represión del fósforo inorgánico, y esta reducción resulta ser un buen indicador del potencial de la planta para hacer uso del P en los casos de dificultad para su disponibilidad (Mc Lachlan y De Marco, 1980).

Las enzimas clasificadas como fosfatasa ácida y alcalinas muestran una actividad óptima en rangos ácidos y alcalinos respectivamente. La ecuación general de la reacción catalizada por la fosfatasa ácida y alcalina es :



Estudios realizados por Eivazi y Tabatabai (1977) y Juma y Tabatabai (1978) han demostrado que la actividad fosfatásica ácida es predominante en suelos ácidos y la fosfatásica alcalina es predominante en suelos alcalinos. La relación inversa entre la actividad de la fosfatasa ácida y el pH del suelo sugieren que en una u otra la velocidad de síntesis y la liberación de esta enzima por microorganismos del suelo o la estabilidad de esta enzima está relacionada con el pH del suelo (Tabatabai, 1982).

Los cambios en la concentración de  $\text{H}^+$  influyen en las enzimas, sustratos y cofactores enzimáticos alterando su ionización y solubilidad. La velocidad de actividad enzimática puede manifestar cambios marcados resultado de las fluctuaciones de pH en el suelo (Tabatabai, op. cit.).



## 4.5 TRIGO Y TRITICALE

### 4.5.1. TRIGO

#### 4.5.1.1 ORIGEN

El origen de su cultivo no se conoce con precisión; al parecer se supone que se inició alrededor del curso bajo el río Nilo, en donde junto a otros granos comenzaron a cultivarse hacia los años 8000 a 6000 A J.C. (Primo, 1982).

#### 4.5.1.2 MORFOLOGIA Y ANATOMIA DE LA PLANTA

En una planta de trigo encontramos, de abajo hacia arriba, lo siguiente: sistema radical, tallo principal y tallos secundarios o macollos, hojas, inflorescencias (una en el extremo de cada tallo principal y macollos) (Soldano, 1978).

##### Raíces

Las raíces son numerosas, fibrosas y se extienden en la superficie y profundidad de acuerdo a las condiciones del suelo, por lo general es un sistema radical superficial. Existen dos clases de raíces, las primarias o seminales, y las secundarias o adventicias. Cuando la radícula se alarga, en la germinación, constituye la primera raíz seminal y unas dos horas después aparecen dos raíces seminales. Las raíces secundarias o adventicias se forman en los nudos inferiores de los tallos, son más gruesas que las seminales (Soldano, ibidem)

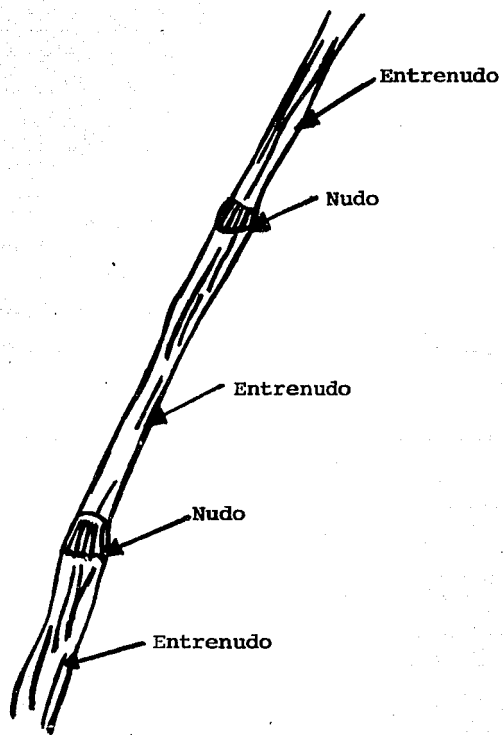
## TALLO

Existe un tallo principal y varios tallos secundarios llamados macollos. El tallo principal nace del embrión, mientras que los macollos nacen del principal. Como en toda la familia de Gramíneas, el tallo es una caña, formada de nudos y entrenudos (Figura 1). El nudo es una porción maciza y pequeña, donde se encuentran las yemas que dan origen a las hojas, como así también a los macollos. La altura total del tallo oscila entre 0.60 y 1.70 mts. Los macollos nacen de las yemas que se encuentran en los nudos basales del tallo principal (Soldano, op. cit. pág 22).

## HOJA

Nace en el nudo, y está formada de dos partes principales, la vaina y la lámina, y de dos estructuras accesorias, la ligula y las aurículas.

La hoja nace en el nudo, y la vaina se desarrolla como un tubo hacia arriba, que envuelve el entrenudo superior. La vaina crece conjuntamente con el entrenudo pero al llegar a la parte superior se abre y en este sitio se origina la lámina, la cual se dirige hacia afuera. Las láminas de las distintas hojas son alternas, pues una se dirige a la derecha y la otra hacia la izquierda (Figura 2). La lámina tiene una forma lanceolada, con una nervadura central que la divide en dos partes de ancho desigual siendo la más ancha más corta que la otra. La longitud de la hoja depende de la posición sobre el tallo (Soldano, op. cit. pág 22).



**FIGURA 1**

**Representación esquemática de un tallo de trigo señalando la posición de los nudos y entrenudos.**

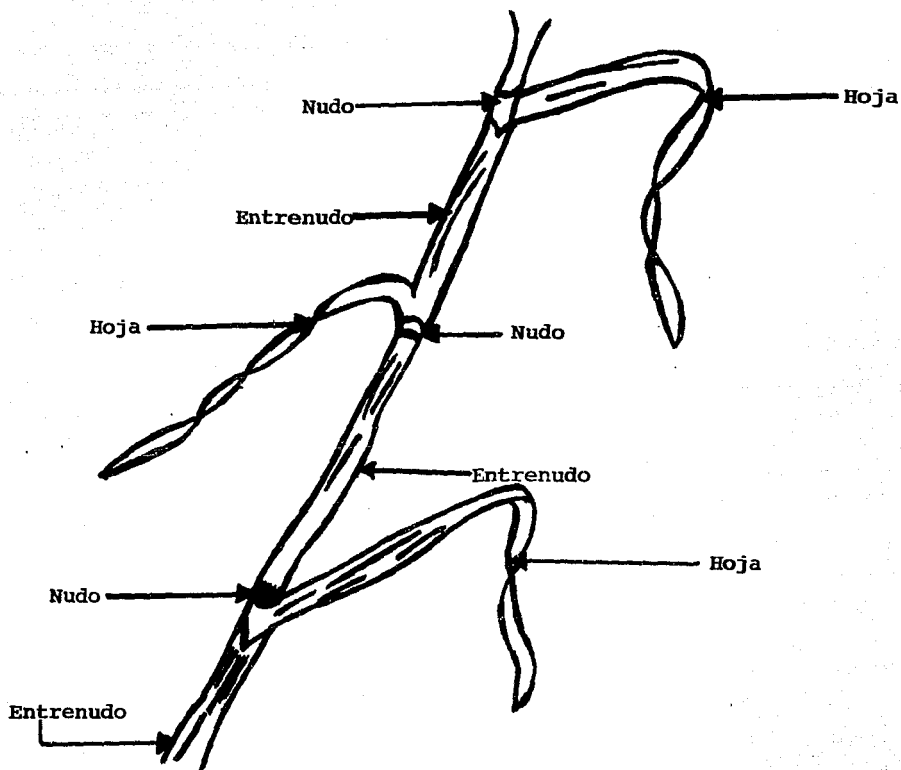


FIGURA 2

Posición y forma de las hojas dentro del tallo de -  
la planta de trigo.

## INFLORESCENCIA

En la parte superior, tanto el tallo principal como cada macollo, termina en la inflorescencia llamada *espiga*. Esta es una inflorescencia compuesta, pues consta de un eje central llamado *raquis*, sobre el cual se insertan las inflorescencias simples llamadas *espiguillas* (Soldano, op. cit. pág 22).

## FLOR

La flor es hermafrodita, teniendo tres estambres y dos estilos que llevan unos estigmas plumosos. El conjunto floral o sexual tiene a ambos lados los lodículos o glumélulas, que son dos pequeñísimas formaciones membranosas a costados del ovario. Todo el conjunto floral está encerrado en una casilla llamada *antecio*, formada por dos brácteas llamadas *glumelas*. La reunión de varias flores constituye una *espiguilla*, (Figura 3); cada espiguilla posee un pequeño eje llamado *raquilla* sobre el cual se insertan las flores de la misma (Soldano, op. cit. pág 22).

## ESPIGA

Consta de un eje central llamado *raquis*, el cual es articulado, o sea, formado de pequeños segmentos llamados *artejos* (Figura 4). La parte superior del artejo es el muelle o cojín y aquí es donde se inserta la espiguilla. La espiga va formándose en la caña y a los 15 ó 20 días del nacimiento de la plántula, y se va elevando a medida que crece el tallo. La vaina que nace del último nudo del tallo protege a la espiga al principio, luego se nota como un hinchamiento de esa vaina y finalmente la espiga se muestra al exterior (se dice entonces que el trigo está *espigando*) (Soldano, op. cit. pág 22).

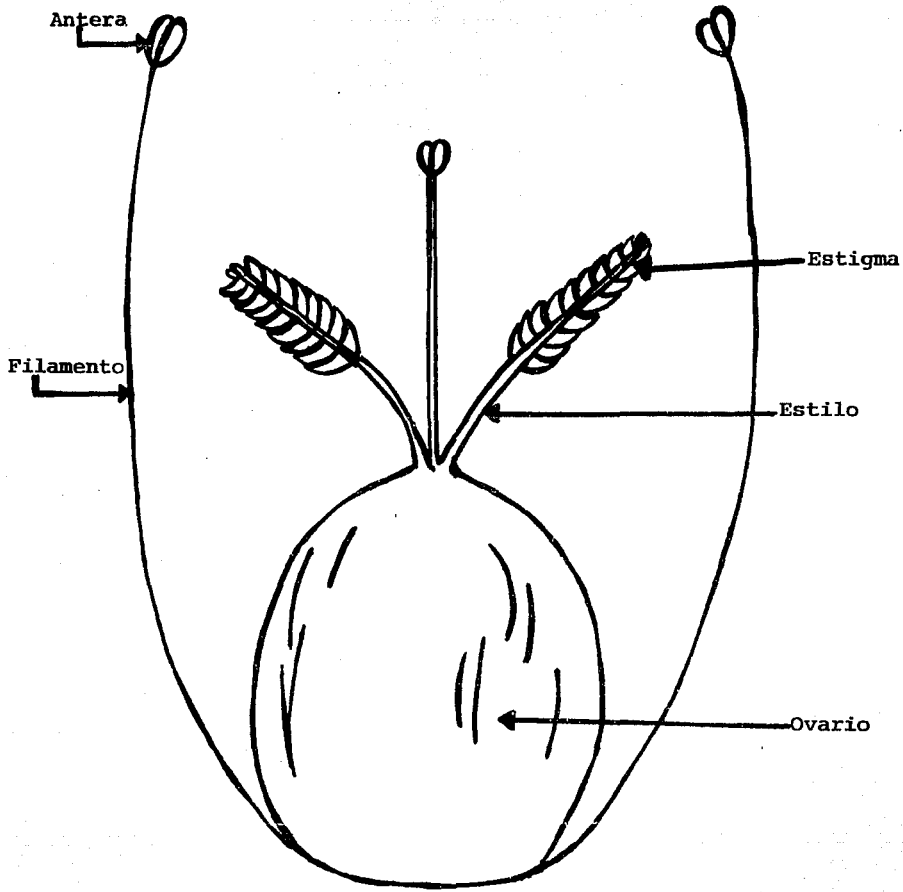


FIGURA 3

Partes anatómicas que constituyen una flor de trigo.

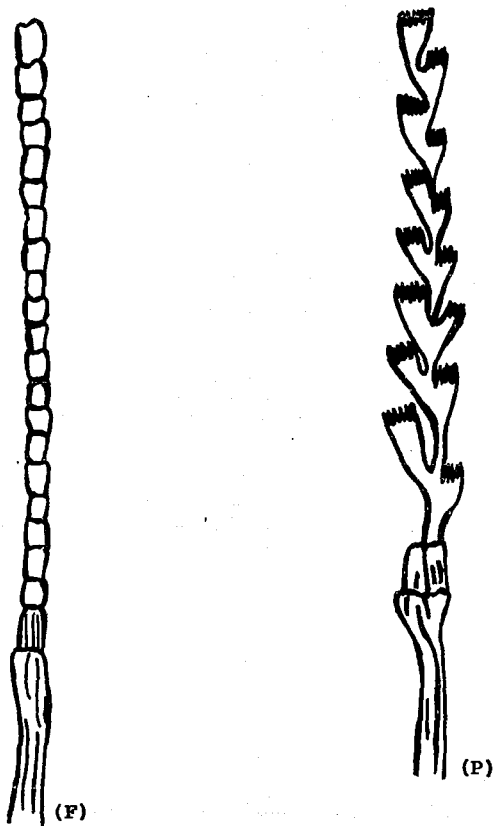


FIGURA 4. RAQUIS: (F) FRENTE; (P) PERFIL

Raquis: Eje central de una espiga de trigo.

Posición: (F) Frente; (P) Perfil.

## GRANO

El grano es un cariopse, o sea, un fruto seco, indehiscente, estando la semilla bien adherida al fruto. Este se compone de epicarpio, mesocarpio y endocarpio, todo lo cual constituye una delgada capa exterior debajo de la cual está la semilla, compuesta de embrión o futura planta y albumen o endospermo (Soldano, op. cit. pág 22).

Externamente un grano de trigo (Figura 5) puede ser más o menos ovoide, cilíndrico, elipsodea, etc. El largo puede variar desde 4mm hasta 12 mm. En los trigos de pan el largo es de 7-6 mm. y los de fideo de 11 a 12 mm. El grano presenta dos caras, una dorsal y una ventral, en la dorsal se encuentra el escudo o escudete y que es el sitio en donde se encuentra el embrión.

La proporción de las distintas partes del grano varía según la forma, tamaño y tipo de grano pero en general puede aceptarse la siguiente:

Embrión o germen	2%	
Endospermo	85%	
Tegumento ext.	13%	(Soldano, op. cit.)

En cuanto a la composición química del grano, también es variable dentro de ciertos límites, es más o menos la siguiente:

Agua	10-13%	
Almidón	63-71%	
Proteínas	10-15%	
Celulosa	2-3%	
Azúcares	2-3%	
Grasas	1-2%	
Sustancias minerales	1-2	(Soldano , op. cit.)



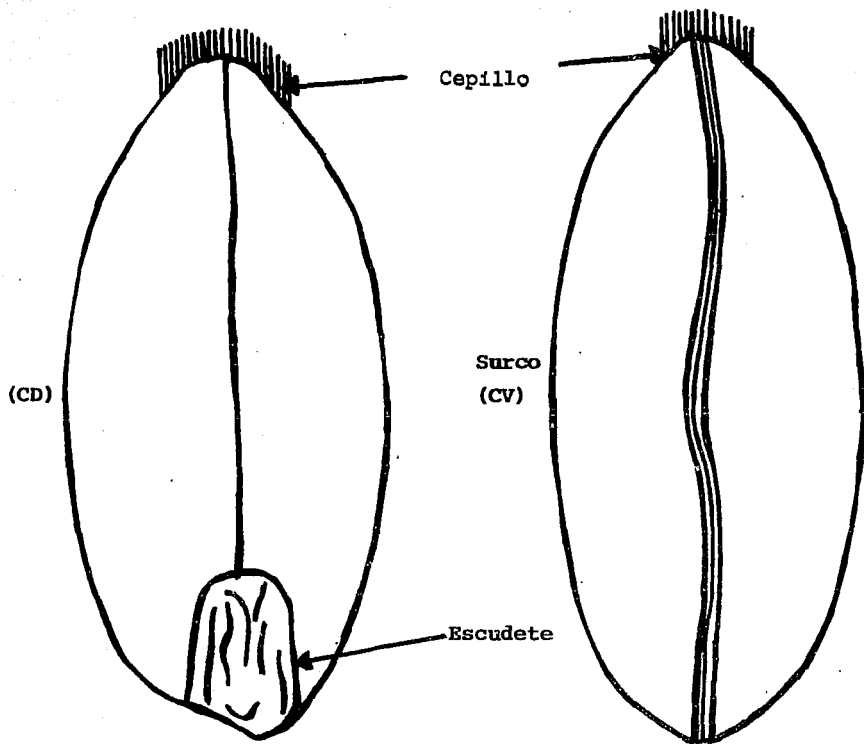


FIGURA 5

Aspecto exterior de un grano de trigo: (CD) Cara -  
dorsal; (CV) Cara ventral.

CLASIFICACION	TAXONOMICA
REINO	VEGETAL
DIVISION	TRACHEOPHYTA
SUBDIVISION	PTEROPSIDAE
CLASE	MONOCOTILEDONEA
SUBCLASE	ANGIOSPERMA
GRUPO	GLUMIFLORA
ORDEN	GRAMINALES
FAMILIA	GRAMINAE
GENERO	<u>Triticum</u>
ESPECIE	<u>aestivum</u>

#### 4.5.1.3 IMPORTANCIA ECONOMICA Y ALIMENTARIA

Por la importancia que tiene en la dieta del pueblo mexicano, este grano se ha constituido en uno de los cultivos relevantes en México. La tendencia de la producción revela incrementos sostenidos desde principios de los años 50's hasta mediados de los 60's. De 1970 a 1981, hubo un alza de sólo 19% equivalente a una tasa media anual de 1.7 % comparada con la producción agrícola nacional (5.1 %) y con la tasa demográfica (2.9 % entre 1970 y 1980).

En 1982 la superficie triguera correspondió a 6.5% del total cosechada en el país y se concentró en el noroeste (Sonora y Sinaloa sobre todo) y en centro (Guanajuato, principalmente). En 1981, seis Estados produjeron 85% del trigo, con 75% de la superficie sembrada y 80% de lo sembrado en ellos correspondió al grano, lo que destaca su importancia para las economías locales.

La mayoría del trigo producido se dedica al consumo humano, aunque no se descarta el uso de grano de menor calidad como alimento animal (BANAMEX, 1983).

Existen alrededor de siete especies principales de trigo (Triticum sp.). Todas son plantas anuales o anuales-invernales. Del trigo común se cultivan muchas variedades, incluyendo especies anuales verdaderas (Trigo de primavera) y trigos invernales (Trigos de invierno u otoño), trigos duros con granos pequeños ricos en proteínas, trigos baldos de granos grandes, ricos en almidones y formas de grano blanco o de granos rojos (Cronquist, 1987).

Las proteínas constituyen alrededor del 13% en peso, del grano entero de trigo. Porcentajes más bajos -alredor del 10%- se presentan en el arroz, cebada y maíz, y mayores -20 a 22%- en la avena y triticale (Primo, 1982).

#### 4.5.1.4. SINTOMAS DE DEFICIENCIA DE FOSFORO

Durante las primeras etapas de crecimiento vegetativo, la característica más notable de la carencia de fósforo en el trigo es el menor desarrollo y vigor de la planta. El color de todas las hojas de las plantas que carecen de fósforo se torna verde oscuro opaco y se observa un ligero moteado en la hoja más vieja. Las hojas se ven más enroscadas de lo normal y las más viejas a veces encierran a las más jóvenes. Las partes nuevas pueden parecer largas y débiles, y permanecer plegadas durante mucho tiempo.

Sin embargo, las hojas viejas son las que presentan los síntomas específicos. La clorosis comienza en el ápice de la hoja y avanza hacia su base, pero ésta, como el resto de la planta, mantiene un color verde oscuro. A diferencia de la carencia de N, la necrosis de esas partes cloróticas es bastante rápida; el ápice se torna de color anaranjado o café oscuro y se arruga, mientras que el resto de la hoja se vuelve amarillo. Para entonces, la segunda hoja más vieja generalmente ya presenta los síntomas tempranos de la carencia de fósforo. Otros síntomas frecuentes de esta carencia son la madurez retrasada e irregular y las espigas pequeñas (Snowball y Robson, 1991).

## 4.5.2 TRITICALE

### 4.5.2.1 ORIGEN

El triticale es un nuevo género vegetal producido artificialmente por el hombre. El género resulta del cruzamiento sea de un trigo hexaploide o tetraploide (Triticum sp.) con la especie de centeno diploide (Secale sp.) seguido de la duplicación del complemento cromosómico del híbrido F<sub>1</sub> estéril. El nombre de Triticale se acuñó a partir del prefijo Triticum y del sufijo de Secale, los géneros progenitores. O'Mara fué el primero en obtener y describir un triticale F<sub>1</sub> estéril, aunque el primer triticale fértil fue reportado en 1888, por Rimpau, investigador alemán (Quiñones, 1983).

Muchos de los primeros triticales fueron el tema de estudio de botánicos y citogenetistas, cuyo interés principal radicaba en el aspecto taxonómico y filogenético de híbridos intergénéricos. No fué sino hasta principios de la década de 1930 cuando el Triticale comenzó a ser evaluado como un cultivo potencial (Quiñones, 1983).

### 4.5.2.2 MORFOLOGIA Y ANATOMIA DE LA PLANTA

Morfológicamente, la planta del triticale es semejante en general al tipo de planta de la cual proviene que es el Trigo. En lo relativo al trigo, éste tiende a ser más robusto y vigoroso en su habitat de crecimiento, con un grano y una espiga más larga. Dependiendo de la constitución genética de la planta, la forma del grano aunque semejante al del trigo puede variar particularmente, en si, se encuentra encogido o arrugado.

El Triticale puede crecer en invierno de acuerdo con las variedades (o especies) de trigo y centeno usados en la cruz.

La morfología externa del grano del triticale se asemeja a la de sus especies progenitoras, centeno y trigo. Los granos se desarrollan dentro de las flores, usualmente en tres espigas. El número de espigas va desde 30 a 40 por cabezuela. Potencialmente una simple cabezuela puede desarrollarse sobre 100 granos.

En la madurez, los granos están secos (10 a 20% de humedad). Los granos son característicamente largos en los tipos hexaploides, con 10 a 12 mm de longitud y 3 mm de ancho (Bushuk y Larter, 1980).

## CLASIFICACION TAXONOMICA

REINO: VEGETAL

DIVISION: TRACHEOPHYTA

SUBDIVISION: PTEROPSIDAE

CLASE: MONOCOTILEDONEA

SUBCLASE: ANGIOSPERMA

GRUPO: GLUMIFLORA

ORDEN: GRAMINALES

FAMILIA: GRAMINAE

TRIBU: TRITICEAE

GENERO: Triticosecale

ESPECIE: *sp*

### 4.5.2.3 IMPORTANCIA ECONOMICA Y ALIMENTARIA

Los triticales hexaploides no poseen las mismas características panaderas que las formas octaploides. Learter et al. (1969) no consideran que esto sea un factor limitante puesto que es probable que el triticale hexaploide se difunda primero en los países donde se consume pan sin levadura. Algunas líneas de triticale se han procesado experimentalmente como hojuelas tostadas de tipo "cornflakes", con excelentes resultados. Otros usos se encuentran en la industria de los licores y cerveza, y en los concentrados para los animales.

El contenido proteínico de los triticales hexaploides está al mismo nivel que el de los trigos harineros, con un balance de aminoácidos que se compara favorablemente con el trigo y la cebada, particularmente los aminoácidos básicos lisina y treonina.

Los estudios efectuados en el CIMMYT muestran que los contenidos de proteínas y de lisina son afectados por el medio ambiente y que existe una relación inversa entre el contenido de proteína y el porcentaje de lisina.

El Triticale puede llegar a jugar un importante papel en la elaboración de bizcochos, galletas y en el pan nuestro de cada día (por ejemplo, tortillas y pan). A largo plazo éste gran potencial puede llegar a convertirlo en un productor a gran escala (Müntzing, 1979).

5.1 SELECCION DE MATERIALES.

5.1.1. MATERIALES DE CULTIVO

Para el presente trabajo se seleccionaron semilleros de unisel con 200 orificios aproximadamente como soportes de cultivo, conos de papel como contenedores de las semillas en una primera etapa de desarrollo; vasos de unisel del No. 10 para la realización de los trasplantes de las plántulas contenidas en conos de papel y, agrolita como sustrato.

5.1.2. MATERIALES DE GERMINACION

Los diferentes genotipos de Triticale utilizados fueron los siguientes:

SCB-664	SCB-542
ALAMOS	SCB-643
CANANEA 79	ERONGA 83
STIER 25	TARASCA 87

Para el caso de los genotipos de Trigos, éstos fueron:

S-035	S-048
S-034	S-047
S-033	S-053
S-032	S-051

Estos genotipos son variedades provenientes del Brasil adaptados a condiciones ácidas del suelo, seleccionados para compararlos con variedades de triticale no aptos para desarrollarse este tipo de suelo.

### 5.1.3. MATERIALES DE ANALISIS DE LABORATORIO

Los reactivos necesarios para los métodos de laboratorio que permitieron hacer las determinaciones de Actividad Fosfatásica Radical y por ciento de fósforo fueron los que a continuación se mencionan:

Buffer Universal Modificado (MUB) pH=6.5

Para-nitrofenilfosfato (p-NPP) 3mM

Cloruro de Calcio ( $\text{CaCl}_2$ ) 0.5 M

Hidróxido de sodio (NaOH) 0.5 M

Para-nitrofenol (p-NP). Este reactivo se empleó exclusivamente para preparar las Curvas de Calibración.

Digestión Húmeda:

Acido nítrico concentrado.

Mezcla de ácido perclórico-ácido sulfúrico concentrados.

Procedimiento:

Acido nítrico 1:2 en agua (V/V).

Solución de Vanadato de Amonio 0.25% en agua.

Solución de Heptamolibdato de amonio 5% en agua.

Estándar de fosfato.

Dentro de los Aparatos y Equipo de Laboratorio que se emplearon están los siguientes:

Balanza Analítica.

Balanza Semianalítica.

Baño María con regulador de temperatura.

Plancha de arena.

Campana de Extracción.

Molino de aspas de acero inoxidable.

Espectrofotómetro.



## 5.2 SELECCION DE TRATAMIENTOS

A partir de los resultados obtenidos de pruebas preliminares se seleccionó el número de semillas por cono, el número de tratamientos, tiempo de los tratamientos a los cuales se someterían cada uno de los genotipos, destreza en la realización del método de laboratorio y número de muestreos.

## 5.3 SOLUCION NUTRITIVA

En la preparación de una solución nutritiva se pueden emplear fertilizantes, sales de grado industrial, ácidos comerciales y reactivos químicos, los cuales proporcionan al cultivo los nutrimentos necesarios para su desarrollo. La selección de los componentes a emplear para la preparación de la solución nutritiva, está en función de las características químicas del agua a utilizar, su disponibilidad y costo.

El concepto de solución nutritiva ideal para una especie varía dependiendo del objetivo que puede ser la producción, en otras, el crecimiento aéreo, radical, etc. Las fórmulas de fertilizantes empleadas para cultivar en suelo, no pueden usarse como una base para cultivos sin suelo por las diferentes condiciones físicas en que se encuentran las plantas, en especial su sistema radical. Por lo tanto, la solución nutritiva utilizada en este trabajo fué la propuesta por Rodríguez (1989). La composición de esta solución se encuentra en el Cuadro siguiente:

CUADRO 2. Cantidades de compuestos químicos que al agregarse a 8 litros de agua corresponden a una Solución Nutritiva al 100%

Composición química	Nutrimiento aportado (meq/l)
NH <sub>4</sub> SO <sub>4</sub>	1 de N
Ca(NO <sub>3</sub> ).4H <sub>2</sub> O	1 de Ca, 1 de N
MgSO <sub>4</sub> .7H <sub>2</sub> O	1 de P, 2 de Ca
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	1 de K, 1 de N
NaH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	1.2 de P
	(%)
Fe-EDTA	0.8
Micronutrientos	0.8

#### 5.4 DISEÑO EXPERIMENTAL

El diseño experimental utilizado fué uno completamente aleatorizado.

Se pusieron a germinar los genotipos en semilleros, colocando tres semillas por cono, instalándose ocho conos por genotipo equivalente a 128 unidades experimentales e igual a 258 plantas suficientes para cuatro repeticiones. Se aplicó solución nutritiva con dos dosis de fósforo considerándose necesario realizar dos experimentos más con la finalidad de reproducir el fenómeno enzimático. La variable principal entre el experimento uno y el dos radica en la disminución de la concentración de fósforo en la solución nutritiva de 1.2 meq/l P a 0.6 meq/l P; y entre el experimento dos y tres es la fecha de siembra.

## 5.5 INSTALACION Y MANEJO

Este trabajo se estableció en las instalaciones del Centro de Edafología, Laboratorio de Nutrición Vegetal del Colegio de Postgraduados en Montecillo, México.

EXPERIMENTO I: La fecha de siembra fué el 10. de Abril de 1992, se colocaron tres semillas por cono y a los 15 días se transplantaron a vasos de unicel del No.10 cosechándose el 12 de Mayo del mismo año. La solución nutritiva fué aplicada con ayuda de una piceta, transcurridos 15 días a partir de la fecha de siembra y antes de esta fecha se agregó únicamente agua destilada.

EXPERIMENTO II: La fecha de siembra fué el 13 de Mayo de 1992, de igual forma que en el experimento anterior se colocaron tres semillas por cono, a los 15 días se transplantaron y se aplicó solución nutritiva. La fecha de cosecha correspondió al 23 de Junio de 1992.

EXPERIMENTO III: La fecha de siembra fué el 2 de Julio de 1992 y la cosecha el 7 de Agosto de 1992. La instalación y el manejo del experimento se realizó de la misma manera que en los dos experimentos anteriores.

## 5.6 APLICACION DE TRATAMIENTOS

Los 16 genotipos fueron sometidos a condiciones de estres en los primeros ocho días mientras se llevaba a cabo la germinación regando sólo con agua destilada. La aplicación de solución nutritiva consistió en dos tratamientos: un lote testigo suministrándole solución nutritiva sin fósforo (0.0 meq/l P) y un lote, con solución nutritiva con fósforo (1.2/0.6 meq/l P). Con el fin de aplicar los tratamientos se dividió en dos el número de conos de cada genotipo y a cada mitad se le adicionó solución nutritiva diferente.

## 5.7 MANTENIMIENTO DEL EXPERIMENTO

En un inicio (durante 15 días) sólo se proporcionó agua destilada para que emergieran las plántulas. Transcurridos 21 días se aplicó solución nutritiva con 0.0 meq/l P y 1.2/0.6 meq/l P hasta los 31 días que fué la "edad" máxima a la cual se cosecharon para efectuar algunos análisis.

## 5.8 MUESTREOS

El primer muestreo se realizó transcurridos 21 días ("Edad 1"), fecha en la cual se determinó la Actividad Fosfatásica radical a cada uno de los genotipos. Ocho días después (28 días), correspondiente al segundo muestreo se hizo la evaluación de la actividad enzimática de los genotipos sometidos a las dos dosis de fósforo. En el tercer muestreo, es decir, a los 31 días después de la siembra se llevó a cabo la determinación de las fosfatasas, correspondiente a la etapa tres.

El mismo número de muestreos efectuados en este experimento se conservaron para los otros dos experimentos.

## 5.9 VARIABLES DE ESTUDIO

### 5.9.1. Análisis Radical.

De varios métodos disponibles para ensayar la Actividad Fosfatásica, el Método desarrollado por Tabatabai y Bremner (1969) y citado por Tabatabai (1982) (Ver anexo) se adaptó para tejido radical, (Cruz, 1993) el procedimiento es el siguiente:

1. Colocar 0.1 g de raíz en un mortero.
2. Agregar 2 ml de MUB (Buffer Universal Modificado) pH=6.5, 1 ml de p-NPP (para-nitrofenilfosfato, el cual se prepara en el mismo buffer) y se macera perfectamente utilizando arena de cuarzo para homogeneizar el material.
3. Tomar 0.3 ml del extracto, agregar 4 ml de MUB y 1 ml de p-NPP, tapar e incubar a 37 C durante 10 minutos.
4. Después de 10 minutos, remover el tapón y añadir 1 ml de  $\text{CaCl}_2$  0.5 M y 4 ml de NaOH 0.5 M.
5. Filtrar la suspensión a través de papel filtro del No. 42 el cual debe estar perfectamente plegado.
6. Medir la intensidad del color amarillo del filtrado con un espectrofotómetro a 400 nm.
7. Calcular el contenido de para-nitrofenol en el filtrado por referencia de la curva de calibración formada por estándares conteniendo: 0, 1, 2, 3, 4 y 5  $\mu\text{g}$  de para-nitrofenol.

8. Para preparar esta curva de calibración se procede de la siguiente manera: diluir 1 ml de solución estándar (0.0072 M) de para-nitrofenol a 100 ml en un matraz volumétrico y mezclar fuertemente. Pipetear alícuotas de 0, 1, 2, 3, 4 y 5 ml de esta solución estándar en un matraz volumétrico de 50 ml; ajustar el volumen a 5 ml por adición de agua y proceder como se describe para el análisis de para-nitrofenol de las muestras incubadas (esto es, agregar 1 ml de  $\text{CaCl}_2$  0.5 M y 4 ml de NaOH 0.5 M, mezclar y filtrar la suspensión resultante). Leer a 400 nm.

NOTA: Si la intensidad de color del filtrado excede la de los 50 mg del estándar de p-NPP, una alícuota del filtrado puede ser diluida con MVB hasta que el colorímetro pueda leer dentro de los límites de la Curva de Calibración.

#### FUNDAMENTO DE LA TECNICA

Esta técnica consistió en la estimación colorimétrica del ortofosfato liberado como resultado de la acción enzimática.

Cuando el para-nitrofenilfosfato es usado como sustrato, el fenol formado puede ser estimado por el Método de Hockenhull et. al. (1953), Kind y King (1954) o de acuerdo con Fishman y Lerner (1953).

Una unidad de Actividad Fosfatásica ácida es definida como aquella cantidad con la cual se cataliza la liberación de 1 micromol de para-nitrofenol/gramo de materia fresca/hora. La actividad específica se puede expresar también en unidades por miligramo de proteína.

### 5.9.3. Otras determinaciones.

Al final del Experimento Dos y Tres se determinó la concentración de fósforo en raíz y parte foliar. El método de análisis fué el Amarillo de Vanadato-Molibdato (Jackson, 1970) la lectura se hizo en un espectrofotómetro Bausch & Lomb (Spectronic 20) a una longitud de onda de 470 nm, con este dato se calculó la extracción y concentración de fósforo en parte foliar y raíz.

### 5.9.3. Otras determinaciones.

Además de la determinación de fósforo se determinó el Peso Fresco y el Peso Seco de raíz y parte foliar de las plantas del Experimento Dos y Tres; únicamente el Peso Seco de raíz y parte foliar de las plantas del Experimento Uno. Las pesadas se realizaron en una Balanza Semianalítica Sartorius max. 1000 g.

### 5.9.4. Análisis Estadístico.

Se utilizó el paquete estadístico SAS para efectuar el Análisis de Varianza en un diseño completamente aleatorizado, así como pruebas de comparaciones de medias usando el procedimiento de Tukey.

Con toda esta información se procedió a realizar análisis de los resultados obtenidos.

## VI RESULTADOS Y DISCUSION

Los resultados obtenidos de la determinación de Actividad Fosfatásica (P-asa) a nivel radical entre diferentes genotipos de Trigo y Triticale de la realización de tres experimentos se encuentran conjuntados en los Cuadros 1, 2 y 3 respectivamente, representados gráficamente por etapas o "edades". Anexos a éstos se elaboraron tablas de relación Peso Fresco/Peso Seco y % de fósforo de la cosecha de algunas muestras obtenidas de estos experimentos.

En los Cuadros A1-A12 se encuentran algunos datos estadísticos correspondientes al Análisis de Varianza y comparación de medias de cada uno de los experimentos y tratamientos (Ver apéndice).

### 6.1 EXPERIMENTO UNO

En el cuadro 1 y Figura 1, los datos correspondientes al Experimento I muestran la gran diferencia que existe entre la Actividad Fosfatásica (P-asa) radical de los genotipos de Trigo y Triticale. Esta diferencia es mayor a distintas "edades" como se ha llamado a las diferentes etapas de desarrollo de la planta.

#### 6.1.1. EFECTO DE LA EDAD

En el primer muestreo ("Edad 1") y sin dosis de fósforo, la actividad de las fosfatasas de raíces para los diferentes genotipos mostró el siguiente comportamiento: En los trigos se observan valores que van de 50.14  $\mu\text{Mol-pNP/gmf/h}$  para el genotipo S-035 a 97.50  $\mu\text{Mol-pNP/gmf/h}$  en el S-053, mientras que los triticales en el mismo muestreo van de 28.23  $\mu\text{Mol-pNP/gmf/h}$  a 77.07  $\mu\text{Mol-pNP/gmf/h}$  en las variedades Stier 25 y Tarasca 87 respectivamente.



Los trigos en general tienen mayor actividad P-asa que los triticales, quizás porque los trigos aquí utilizados fueron seleccionados en base a su alta adaptabilidad a suelos ácidos (según CIMMYT) y es una característica genética que va incluida en el germoplasma, mientras que, los genotipos de triticales fueron seleccionados en base a su buen desarrollo en suelos ácidos evaluados en otros trabajos. Por efecto de edad y por efecto de aplicaciones de fósforo en la solución nutritiva, se observa que la actividad P-asa de trigos varía de 50.14  $\mu\text{Mol-pNP/gmf/h}$  a 172.80  $\mu\text{Mol-pNP/gmf/h}$  como mínima y máxima, mientras que en los triticales va de 28.23  $\mu\text{Mol-pNP/gmf/h}$  a 152.27  $\mu\text{Mol-pNP/gmf/h}$  (Cuadro 1 y Figura 1).

En el muestreo 1 ("Edad 1"), las actividades fosfatásicas de raíces más altas registradas se encuentran en los trigos S-053 (97.50  $\mu\text{Mol-pNP/gmf/h}$ ) y S-048 (94.50  $\mu\text{Mol-pNP/gmf/h}$ ) y Tarasca 87 (77.07  $\mu\text{Mol-pNP/gmf/h}$ ). Las actividades más bajas se localizan en los trigos S-031 (50.14  $\mu\text{Mol-pNP/gmf/h}$ ) y S-033 (51.07  $\mu\text{Mol-pNP/gmf/h}$ ) y los triticales Stier 25 (28.23  $\mu\text{Mol-pNP/gmf/h}$ ) y SCB-643 (35.66  $\mu\text{Mol-pNP/gmf/h}$ ).

En el segundo muestreo ("Edad 2") se observan diferencias entre genotipos de Trigo y Triticale. Si se comparan el tratamiento sin fósforo del primer muestreo con el del segundo se verá el efecto de edad. En el Cuadro 1 y Figura 2 puede observarse que en general la actividad fosfatásica en raíces aumentó con la edad, siendo el efecto de edad más notorio en los triticales que en los trigos, al menos en este primer periodo de una semana. De los trigos que aumentaron la actividad por efecto de edad se encuentran: S-048, S-051 y S-043 que incrementaron su actividad 135, 177 y 165 % respectivamente. Los triticales que más aumentaron su actividad en el mismo periodo de estudio fueron Cananea 79 (152.27  $\mu\text{Mol-pNP/gmf/h}$ ), SCB-542 (131.33  $\mu\text{Mol-pNP/gmf/h}$ ) y SCB-643 (116.67  $\mu\text{Mol-pNP/gmf/h}$ ) con aumentos del 420, 242 y 327 % respectivamente. Es conveniente recalcar que el mayor aumento de actividad radical, por efecto de edad se observó, en general en aquellos genotipos en los cuales la actividad inicial (muestreo 1) fué más baja, caso de S-051 y SCB-643.

Es decir, en variedades que tuvieron una baja actividad inicial (con fósforo en las reservas de las semillas) se observaron los más altos aumentos por efecto de edad.

El efecto de edad es diferente en cada uno de los genotipos, mientras que algunos como el trigo S-033 aumentaron de 51.07, 89.46 y 172.80 unidades de actividad fosfatásica en las edades 1, 2 y 3 respectivamente, en el transcurso de 10 días de estres por deficiencia de fósforo la actividad aumentó tres veces. Por el contrario, otros genotipos como el trigo S-053 no modificaron su actividad por efecto de la edad. Para el primer caso se pasó de una actividad inicial muy baja aumentando grandemente con la edad y en el segundo caso partió de una actividad inicial alta manteniéndose más o menos constante en el transcurso del tiempo. Si se utilizara como criterio de selección el hecho de obtener genotipos con alta actividad fosfatásica resulta conveniente probarlos bajo condiciones de escaso abastecimiento de fósforo.

Para los triticales se pueden hacer observaciones del mismo tipo, donde el genotipo SCB-664 aumentó de 37.14, 84.91 y 94.63  $\mu\text{Mol-pNP/gmf/h}$  de actividad fosfatásica a las edades 1, 2 y 3 respectivamente; el SCB-643 de 35.66 a 116.67 y el Cananea 79 de 36.21 a 152.27 unidades de actividad P-asa. Para el primer genotipo se pasó de una actividad inicial muy baja incrementándose notablemente a la "edad 2" y manteniéndose más o menos constante en el transcurso del tiempo; para el segundo y tercer caso se partió de una actividad inicial baja incrementándose grandemente a la "edad 2" y decreciendo con el paso del tiempo. Si se utilizara como criterio de selección obtener genotipos de triticales con alta actividad fosfatásica, éstos genotipos sería conveniente mantenerlos bajo condiciones de estres nutrimental por un período de tiempo más prolongado.

Del segundo muestreo se puede resaltar lo siguiente: A diferencia del primer muestreo, los triticales presentaron en general, mayor actividad P-asa que los trigos, lo cual indica que en un período de una semana y por estres por fósforo, los triticales reaccionan con aumentos notorios de actividad fosfatásica que los trigos. Es decir, que los trigos tienen naturalmente una alta actividad fosfatásica ("edad 1") comparada con la de los triticales, sin embargo, por efecto de tiempo y estres por P, los triticales reaccionaron más activamente expresando diferencias entre genotipos como respuesta al estres nutrimental.

En el muestreo 3 ("Edad 3"), los trigos continuaron aumentando su actividad P-asa con respecto a los dos muestreos anteriores, excepto para los genotipos S-043 y S-051. Para el caso de los triticales, sólo tres genotipos (SCB-664, Eronga 83 Tarasca 87) alcanzaron su máxima actividad en este muestreo, mientras que los otros lo alcanzaron en el muestreo 2.

En este estudio la más alta actividad P-asa la desarrollaron los trigos a los 31 días de la siembra y los triticales en general a los 28 días, esto indica que los triticales reaccionan más rápidamente que los trigos al estres por deficiencia de fósforo (Cuadro 1).

### 6.1.2. EFECTO DEL FOSFORO

En lo que se refiere al efecto del fósforo se observa (Cuadro 1 y Figura 2 y 3) que en ausencia de fósforo la actividad fosfatásica es superior que en presencia de P en el medio nutritivo. Esto indica que el fósforo tiene un efecto inhibitor en la actividad de las enzimas fosfatasa.

En el segundo muestreo ("Edad 2") los genotipos de trigo más sensibles a la aplicación de fósforo fueron: S-048, S-043 y S-051 ya que su actividad disminuyó 49, 42 y 38 % respectivamente, mientras que los triticales SCB-542 y Cananea 79 la disminuyeron 66 y 35 %.

En el mismo cuadro se observan genotipos de trigo y triticale que no afectaron su actividad fosfatásica por la presencia de P en la solución nutritiva como es el caso del S-034 y S-033 correspondientes a los trigos, y Tarasca 87 en el caso de los triticales.

En el tercer muestreo ("Edad 3") los efectos depresivos del fósforo sobre la actividad P-asa resultaron más notorios en los trigos y desaparecen en los triticales (Figura 3).

Para el caso de los trigos, todas las variedades disminuyeron su actividad de 10 a 59 % por efecto de fósforo en el medio nutritivo.

En cambio, la actividad fosfatásica de raíces de los triticales no mostró la misma respuesta que los trigos ya que mientras en los trigos se notó el efecto de P sobre la actividad P-asa al inhibirla fuertemente, para el caso de los triticales Stier 25, SCB-643, Eronga 83 y Tarasca 87 hubo una inhibición de la actividad fosfatásica del 14 al 24 %, mientras que en los genotipos Alamos y SCB-542 se observa lo contrario, una estimulación de 194 y 105 % respectivamente.

En general, el efecto inhibitorio del fósforo sobre la actividad P-asa aumentó en el transcurso del tiempo en los trigos, de 11 a 59 % en el segundo y tercer muestreo respectivamente y en los triticales este efecto tendió a desaparecer, esto hace suponer que la actividad fosfatásica de raíces de trigo es más sensible a la presencia de P que la fosfatasa de raíces de triticale.

Si la actividad P-asa se utilizara como un criterio de selección podrían probarse los genotipos que poseen una alta actividad fosfatásica por efecto de estrés o deficiencia de P en el medio nutritivo y/o aquellos que tienen alta actividad fosfatásica en presencia de fósforo.

Al grupo de genotipos que poseen una alta actividad como respuesta al estres por deficiencia de fósforo pertenecen los trigos S-048, S-043 y S-032, y los triticales Cananea 79 y SCB-643.

Al grupo que no se ven afectados por la presencia de P conservando una alta actividad P-asa se encuentran los trigos S-053 y S-035 y los triticales Eronga 83 y Tarasca 87.

De acuerdo con los Cuadros de Análisis de varianza y de agrupación de Medias por la prueba de Tukey (Ver apéndice) se comprueba que existen diferencias en Actividad Fosfatásica entre genotipos de Trigo y Triticale en condiciones de estres nutrimental por deficiencia de fósforo.

En el Cuadro A7 se observa que a cero fósforo los trigos presentan un promedio de tres agrupaciones distintas a lo largo de tres edades siendo mayor la diferencia de grupos en la edad "2". Es decir, la actividad fosfatásica media entre genotipos de trigo es distinta a esta edad. Los triticales también presentaron diferencias entre si a la edad "2" pues tiene dos grupos distintos más que a la edad "3". Comparando ambas especies, es a la edad "2" donde se tiene la mayor diferencia de Actividad P-asa entre variedades. De igual forma en el Cuadro A1 demuestra que a la edad "2" se tiene una suma de cuadrados, un cuadrado medio y un coeficiente de variación menores a los de las otras edades, también un valor de F calculada, R-cuadrada y actividad fosfatásica media altas, y un nivel de significancia confiable (0.0001), por lo tanto, estadísticamente hay diferencias de actividad fosfatásica en genotipos de Trigo y Triticale en una misma edad por deficiencia de fósforo.

En el Cuadro A8 (1.2 meq/l P) se indica que a la edad "2" los trigos presentan tres grupos distintos con medias iguales en comparación con la edad "3" en la cual sólo hay dos, esto es, la actividad P-asa media entre genotipos es diferente al menos a una edad. Los triticales tuvieron un comportamiento similar, con la diferencia que cuentan con dos grupos más. Esto se apoya en los resultados contenidos en el Cuadro A2 los cuales estadísticamente resultan significativos, por lo tanto, existen mayores diferencias de actividad fosfatásica en variedades de Trigo y Triticale a la edad "2".

## CUADRO 1

## EXPERIMENTO UNO

ACTIVIDAD FOSFATASICA RADICAL EN DIFERENTES VARIETADES DE  
TRIGO Y TRITICALES

EDAD	EDAD "1" (15 días)	EDAD "2" (22 días)		EDAD "3" (31 días)	
DOSIS	0.0	0.0	1.2	0.0	1.2
		( meq/l P )			

(μMol-pNP/gmF/h)

## TRIGOS

S-035	50.14	86.60	60.91	107.97	96.68
S-034	55.71	78.04	83.75	112.12	51.43
S-033	51.07	89.46	78.04	172.80	74.06
S-032	57.57	93.26	74.23	135.77	55.74
S-048	94.72	127.53	64.71	135.77	58.63
S-043	66.86	110.39	64.71	84.34	55.54
S-053	97.50	85.65	93.26	119.32	97.71
S-051	67.79	119.91	74.23	100.80	89.48

(μMol-pNP/gmF/h)

## TRITICALES

SCB664	37.14	84.91	66.99	94.63	98.74
Alam	37.14	116.10	98.97	56.57	110.06
Can 79	36.21	152.27	98.97	78.17	88.45
Stier 25	28.23	78.04	64.71	89.48	70.97
SCB542	54.23	131.33	58.05	98.74	103.88
SCB643	35.66	116.67	87.55	84.34	72.62
Eron 83	48.28	70.42	97.07	131.66	106.97
Taras 87	77.07	100.88	91.74	111.08	84.34

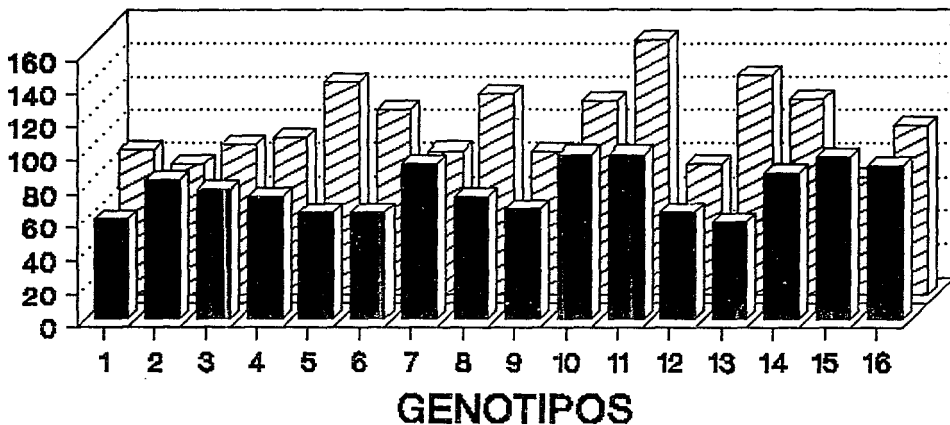




# FIGURA 2

EXPERIMENTO 1. EFECTO DEL P/ACT. FOSF.  
ENTRE DIST. GENOTIPOS DE TRIGO Y TRITC.

ACT. FOSF. POR HA. MICROGRAMOS/HA



■ 1.2 MEQ/L P    ▨ 0.0 MEQ/L P



## 6.2 EXPERIMENTO DOS

En el Cuadro 2 y Figura 4, los datos correspondientes al Experimento dos muestran la diferencia que hay entre la Actividad Fosfatásica (P-asa) de raíces de variedades de trigo y triticale. Esta diferencia es marcada a diferentes etapas de desarrollo de la planta.

### 6.2.1.EFECTO DE LA EDAD

En el primer muestreo ("Edad 1") y sin fósforo, la actividad fosfatásica entre los diferentes genotipos mostró el siguiente comportamiento: Los trigos presentaron valores que van de 26.16  $\mu\text{Mol-pNP/gmf/h}$  en el genotipo S-035 a 62.44  $\mu\text{Mol-pNP/gmf/h}$  en el S-043, mientras que en los triticales en este mismo muestreo se observan valores que van de 13.01 a 42.19  $\mu\text{Mol-pNP/gmf/h}$  en la variedad Cananea 79 y Alamos respectivamente.

Por efecto de edad y de dosis de fósforo en la solución nutritiva se observa lo siguiente: La actividad P-asa de los trigos varía de 26.16 a 62.44  $\mu\text{Mol-pNP/gmf/h}$  como mínima y máxima respectivamente, mientras que en los triticales ésta varía de 13.01 a 42.19  $\mu\text{Mol-pNP/gmf/h}$  (Cuadro 2 y Figura 4).

En el muestreo 1, las más altas actividades fosfatásicas de raíces se encuentran en los trigos S-043 y S-033 y en los triticales Alamos y SCB-542. Las más bajas actividades se localizan en los trigos S-035, S-051 y S-034, y los triticales Cananea 79 y SCB-664.

Para el muestreo 2 ("Edad 2") se continua observando diferencias entre genotipos de trigo y triticale. Comparando el primer muestreo con el segundo se verá el efecto de edad. En general, la actividad fosfatásica de raíces aumenta con la edad (Cuadro 2), siendo más notorio en los triticales que en los trigos, al menos en un primer período de una semana. De los trigos que más aumentaron su actividad por efecto de edad se encuentran S-035, S-053 y S-051 que aumentaron su actividad 174, 173 y 198 % respectivamente. De los triticales que más aumentaron su actividad en el mismo período de estudio son Stier 25, SCB-664 y Cananea 79 con aumentos del 239, 401 y 665 % respectivamente. El mayor aumento de actividad radical se observa en aquellos genotipos en los que la actividad inicial es originalmente más baja como en los genotipos S-051, Cananea 79, SCB-664 y Stier 25. O sea que en variedades que tienen una baja actividad inicial se observan los más altos incrementos por efecto de edad.

El efecto de edad es distinto en cada uno de los genotipos, mientras que en algunos como el trigo S-051 aumentó de 26.16, 51.90 y 62.32 de unidades de actividad fosfatásica en las edades 1, 2 y 3 respectivamente, en el transcurso de 14 días de estres por fósforo la actividad aumentó casi dos veces. Por el contrario, otros como el trigo S-034, casi no modificó su actividad por efecto de edad. En el primer caso se pasó de una actividad inicial baja a una alta y en el segundo caso parte de una actividad inicial baja y se mantiene más o menos constante en el transcurso del tiempo.

Para los triticales se pueden hacer observaciones del mismo tipo, donde el genotipo Stier 25 aumentó de 31.22 a 74.66 y 140.08 unidades de actividad fosfatásica ( $\mu\text{Mol-pNP/gmf/h}$ ) a las edades 1, 2 y 3 respectivamente a 21 días de estres por deficiencia de fósforo, incrementándose cuatro veces. En este muestreo ningún genotipo mantuvo constante su actividad fosfatásica. Si se utilizara como criterio de selección obtener genotipos con alta actividad fosfatásica sería conveniente probarlos bajo condiciones de deficiencia de fósforo por un periodo más prolongado de tiempo.

Del segundo muestreo se puede resaltar, que a diferencia del primero e igual que en el experimento anterior, los triticales presentaron en general mayor actividad P-asa que los trigos, esto indica que en un periodo de una semana y por insuficiencia de fósforo, los triticales reaccionan con mayores incrementos que los trigos, lo cual significa que los trigos seleccionados tienen naturalmente una actividad fosfatásica alta ("Edad 1") comparada con la de los triticales, sin embargo, por efecto de edad y estres por deficiencia de P, los triticales reaccionan activamente, manifestando diferencias entre genotipos como mecanismo de adaptación.

En el muestreo 3 ("Edad 3"), los trigos disminuyeron su actividad fosfatásica con respecto a los dos anteriores muestreos, excepto para los genotipos S-034, S-033, S-043 y S-051. Para el caso de los triticales, únicamente dos genotipos alcanzaron la máxima actividad, mientras que la mayoría la desarrollaron en el muestreo 2.

En esta etapa de desarrollo la más alta actividad P-asa la presentaron los trigos a los 22 días de la siembra y los triticales en su mayoría a los 31 días de la siembra, esto indica que los trigos reaccionan de forma más rápidamente que los triticales a la deficiencia de fósforo (Cuadro 2).

## 6.2.2. EFECTO DEL FOSFORO

Con respecto al efecto del fósforo se observa (Cuadro 2 y Figura 5 y 6) que en el segundo muestreo ("Edad 2") los genotipos de trigo más susceptibles al suministro de fósforo fueron el S-032 y S-048 disminuyendo su actividad 82 y 84 % respectivamente.

Igual que en el experimento anterior se observan genotipos de trigo y triticale que no afectaron en mucho su actividad fosfatásica por presencia de P en la solución nutritiva como es el caso de los siguientes variedades: S-034 y S-033 para trigos y SCB-542 para triticales.

Para el tercer muestreo ("Edad 3") los efectos inhibitorios del fósforo sobre la actividad fosfatásica resultaron más notorios en los triticales y casi nulo en trigos debido a que genéticamente están adaptados para tolerar estres nutrimental por lo que continuaron llevando a cabo actividad P-asa aún en presencia de P en la solución nutritiva.

En el caso de los triticales, las variedades SCB-643, Cananea 79 y Stier 25 disminuyeron su actividad P-asa 14, 43 y 53 % respectivamente, mientras que SCB-664 y SCB-542 casi no la modificaron. A esta misma edad, la actividad fosfatásica de raíces de triticale no mostró la misma respuesta que los trigos; en Stier 25, Cananea 79, y SCB-643 hay una inhibición que va desde 14 a 53% y en SCB-664, Eronga 83 y Tarasca 87 se observa lo contrario; una estimulación de 194 y 228 % respectivamente.

El grupo de genotipos que poseen una alta actividad como una respuesta al estres por deficiencia de fósforo lo constituyen los trigos: S-043 y S-051, y casi todos los triticales excepto Tarasca 87.

El grupo de genotipos que se ven afectados por la presencia de fósforo incrementando su actividad P-asa lo componen todos los genotipos de trigo excepto el S-033 y los triticales Cananea 79 y SCB-664.

## CUADRO 2

## EXPERIMENTO DOS

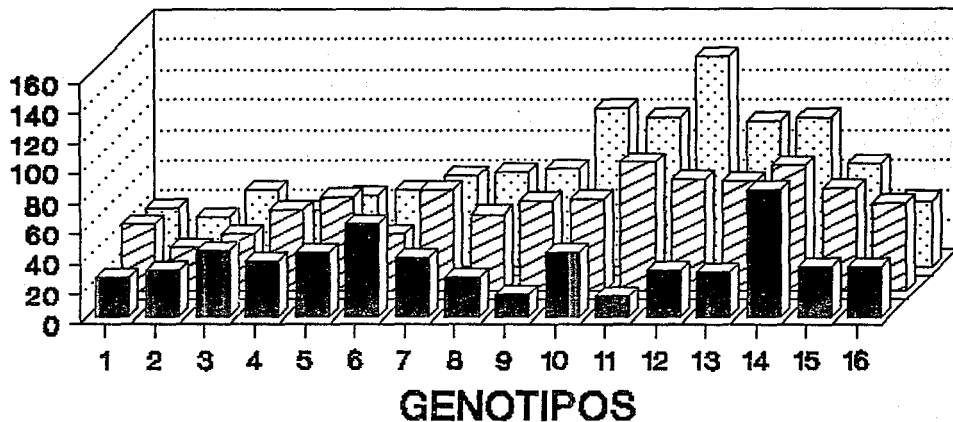
ACTIVIDAD FOSFATASICA RADICAL EN DIFERENTES VARIEDADES DE  
TRIGO Y TRITICALE

EDAD	EDAD "1" (15 días)	EDAD "2" (22 días)		EDAD "3" (31 días)	
DOSIS	0.0	0.0	0.6	0.0	0.6
	( meq/l P )				
(μMol-pNP/gmf/h)					
TRIGOS					
S-035	26.16	45.53	36.87	39.62	78.72
S-034	30.37	29.14	30.05	34.04	69.72
S-033	43.87	38.24	41.88	51.16	49.34
S-032	37.13	54.63	10.02	38.14	85.82
S-048	42.19	62.83	10.02	47.06	48.00
S-043	62.44	39.15	33.69	51.16	72.00
S-053	38.81	67.38	51.90	60.09	78.14
S-051	26.16	51.90	48.26	62.32	69.50
(μMol-pNP/gmf/h)					
TRITICALES					
SCB664	15.19	61.00	86.50	65.11	73.92
Alam	42.19	67.38	77.39	105.11	125.76
Can 79	13.01	86.50	59.18	99.52	56.64
Stier 25	31.22	74.66	44.61	140.08	66.81
SCB542	39.66	73.75	71.93	97.66	105.60
SCB643	37.97	83.77	44.61	99.52	85.44
Eron 83	32.91	69.20	55.54	68.83	133.44
Taras 87	32.91	59.18	40.06	44.65	101.76

# FIGURA 4

EFECTO DE EDAD/ACT. FOSF. RAD. ENTRE  
DIST.GEN. DE TRIGO Y TRITC. TRAT O P

ACT. FOSF. RAD. MICROFILM



EXPERIMENTO 2

EDAD "1"

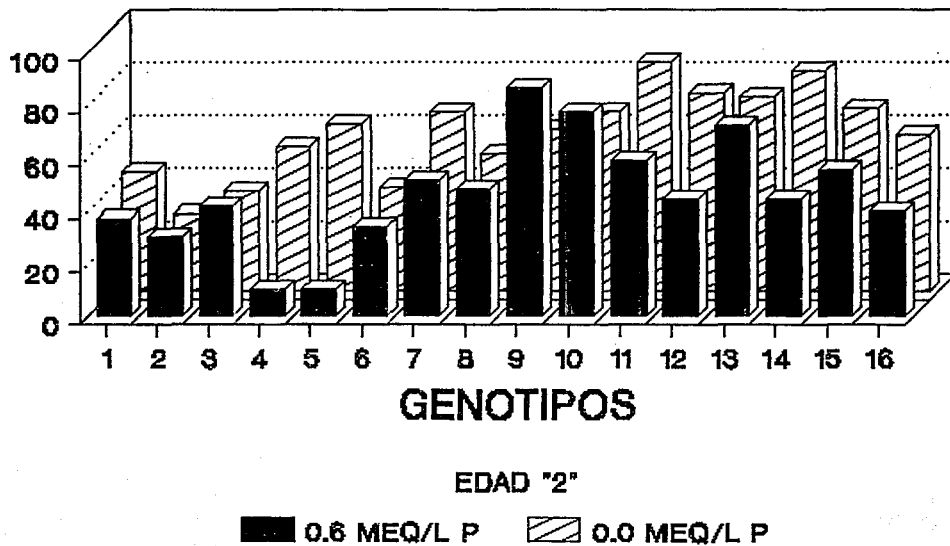
EDAD "2"

EDAD "3"



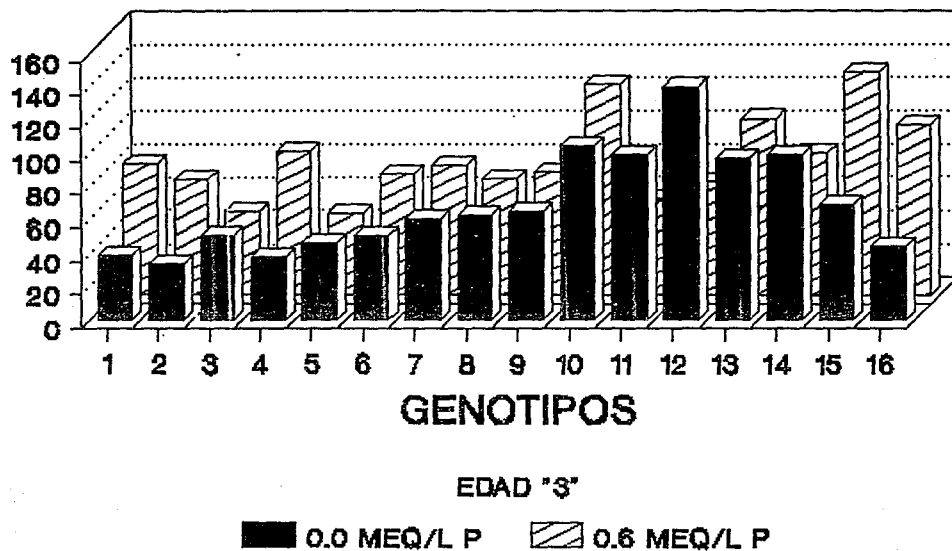
**FIGURA 5**  
**EXPERIMENTO 2. EFECTO DEL P/ACT. FOSF.**  
**RAD. ENTRE DIST. GEN. DE TRIGO Y TRITC.**

ACT. FOSF. RAD. MICRONUTRIENTES



**FIGURA 6**  
**EXPERIMENTO 2. EFECTO DEL P/ACT. FOSF.**  
**RAD. ENTRE DIST. GEN. DE TRIGO Y TRITC.**

A C T . F O S F . R A D . E N T R E D I S T . G E N . D E T R I G O Y T R I T C .



En el Cuadro A9 se tiene que a cero fósforo los trigos presentan un promedio de tres agrupaciones a la edad "1" pero cuatro en la edad "3". Es decir, la actividad P-asa media entre genotipos de trigo es diferente a la edad "3" y de igual manera los triticales. Esto es apoyado en el Cuadro A3 en el que se observa una suma de cuadrados y un cuadrado medio bajos; un valor de F calculada y R-cuadrada altos, y un nivel de significancia de 0.0001, entonces, estadísticamente hay diferencias de actividad P-asa en genotipos de trigo y triticale a la edad "3". a diferencia del experimento I en el que se observó a la edad "2" debido quizás a un efecto de época de siembra la que favoreció una mayor actividad actividad P-asa por efecto de edad.

En el Cuadro A10 (0.6 meq/l P) se observa el mismo número de grupos con medias iguales a los 7 y 14 días de aplicada la dosis de fósforo a los genotipos de trigo y triticale, es decir, la actividad fosfatásica media es igual por efecto de edad y de fósforo, por lo tanto, no hay diferencias entre genotipos en ambas especies. El Cuadro de Análisis de Varianza A4 presenta valores de F calculada, nivel de significancia, R-cuadrada y coeficiente de variación parecidas que apoyan lo anterior, en contraste con el experimento I en el cual hubo diferencias por efecto de fósforo al menos a una edad, esto es, la mayoría de las variedades se comportan de forma similar cuando se le suministra el nutrimento, muy diferente a lo reportado por la bibliografía indica que con dosis de P se tiene un decremento de actividad fosfatásica.

## 6.3 EXPERIMENTO TRES

El Cuadro 3 y Figura 7 se muestran valores de actividad P-asa correspondientes al Experimento III, el cual se instaló con la finalidad de repetir una vez más la evaluación enzimática en una época de siembra diferente a la de experimentos anteriores.

### 6.3.1 EFECTO DE EDAD

En el primer muestreo ("Edad 1"), en los trigos se observan valores que van de 27.01  $\mu\text{Mol-pNP/gmf/h}$  en el genotipo S-035 a 54.02  $\mu\text{Mol-pNP/gmf/h}$  en S-032, mientras que en triticales los valores van de 28.05 a 60.25  $\mu\text{Mol-pNP/gmf/h}$  en las variedades Alamos y Stier 25 respectivamente (Cuadro 3).

Los triticales, en general, presentaron mayor actividad P-asa que los trigos, contrario a lo detectado en experimentos anteriores, diferencia ocasionada quizás por la distinta época de siembra del primero y segundo experimento, esto favoreció a los triticales y no a los trigos como se esperaba. Por deficiencia de fósforo en la solución nutritiva, se observa que la actividad P-asa de los triticales varió de 28.05 a 88.72  $\mu\text{Mol-pNP/gmf/h}$  como mínima y máxima respectivamente, mientras que en los trigos ésta fue de 27.01 a 55.74  $\mu\text{Mol-pNP/gmf/h}$  (Cuadro 3 y Figura 7)

En el muestreo 1 ("Edad 1"), las más altas actividades fosfatásicas de raíces encontradas fueron para los triticales Stier 25 y Tarasca 87 y en los trigos S-032 y S-051. Las más bajas se evaluaron en los triticales Alamos y Cananea 79 y los trigos S-035 y S-034.

Para el segundo muestreo se continua observando diferencias entre genotipos de trigo y triticales. Si se comparan valores del tratamiento sin fósforo del primer muestreo con el del segundo, se verá que existe efecto de edad pero negativo. Al respecto en el Cuadro 3 y Figura 7 se observa que la actividad fosfatásica de raíces disminuyó con la edad para el caso de todos los genotipos. El efecto de edad resulto distinto a lo esperado y sólo Cananea 79 observó un incremento de 36.36 a 88.72  $\mu\text{Mol-PNP/gmf/h}$  de actividad fosfatásica a tres edades, equivalente a 244 %.

Por el incremento obtenido se podría recomendar ampliamente como un genotipo con alta actividad fosfatásica radical, sin embargo, habría que prolongar el tiempo de estres.

En el muestreo 3 los trigos aumentaron un poco su actividad fosfatásica con respecto al muestreo anterior excepto S-043, S-053 y S-051. En los triticales, la mayoría de los genotipos incrementaron su actividad excepto SCB-643.

Para este estudio la más alta actividad P-asa la desarrollaron algunos trigos a los 15 días de la siembra y algunos triticales a los 31 días, esto es que los trigos en general reaccionan más rápido que los triticales a la deficiencia de P dadas sus características genéticas.

### 6.3.2 EFECTO DEL FOSFORO

Con respecto al efecto del fósforo se observa que en el segundo muestreo los genotipos de trigo que llevaron a cabo mayor actividad P-asa fueron: S-032, S-033 y S-053 con una estimulación de 233, 258 y 375 % respectivamente. Para el caso de los triticales los incrementos corresponden a las variedades SCB-664 y SCB-542 con estímulos de 297 y 461% respectivamente (Figura 9).

En el tercer muestreo no se nota el efecto del P sobre la actividad fosfatásica radical al igual que se observó en el segundo muestreo. Los efectos estimulativos sobre la actividad P-asa aumentaron con respecto a la edad resultando mayores en los triticales con respecto a los trigos, sin embargo para ambas especies se tiene un efecto inhibitorio en algunas de sus variedades. Los trigos S-048 y S-051 presentaron una inhibición de 47 y 35 % respectivamente, en cambio, para Cananea 79, Stier 25 y Tarasca 87 ésta correspondió al 37, 21 y 3 % respectivamente (Figura 9). Esto significa que hubo un efecto inhibitorio de la actividad fosfatásica radical similar a la de los experimentos anteriores, lo cual le da reproducibilidad a este efecto.

En general se puede decir que el efecto inhibitorio del P sobre la actividad P-asa casi no aumentó en el transcurso del tiempo ocasionado por evasión a la disponibilidad del nutrimento en la solución nutritiva.

CUADRO 3

EXPERIMENTO TRES

ACTIVIDAD FOSFATASICA RADICAL EN DIFERENTES VARIETADES DE TRIGO Y TRITICALE

---

EDAD	EDAD "1" (15 días)	EDAD "2" (22 días)		EDAD "3" (31 días)	
DOSIS	0.0	0.0	0.6	0.0	0.6
		( meq/l P )			

---

(μMol-pNP/gmf/h)

TRIGOS

S-035	27.01	10.75	18.94	13.93	46.45
S-034	30.13	19.55	31.57	30.66	53.88
S-033	37.39	7.33	18.94	40.88	48.31
S-032	54.02	7.33	17.14	25.08	40.88
S-048	31.16	15.15	27.06	55.74	29.73
S-043	33.24	13.20	16.24	4.64	26.01
S-053	35.32	7.33	27.52	2.79	35.30
S-051	47.78	22.97	23.46	21.37	13.93

(μMol-pNP/gmf/h)

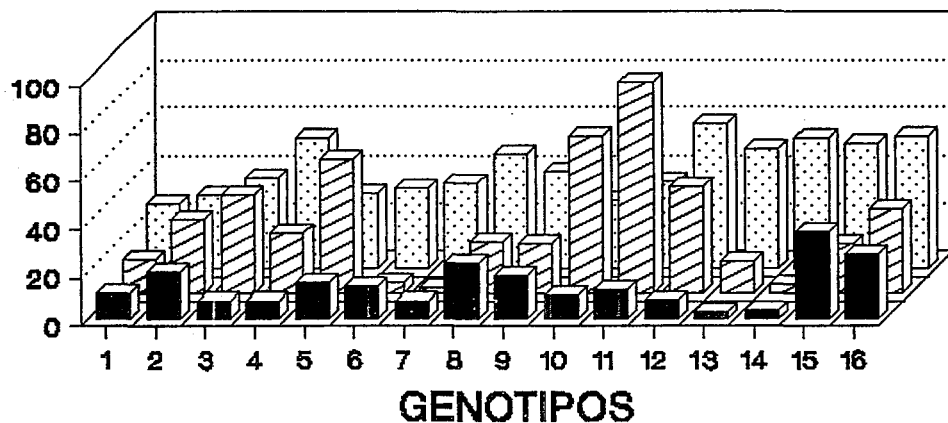
TRITICALES

SCB664	40.51	17.59	52.33	20.44	52.96
Alam	28.05	9.77	17.14	65.04	92.91
Can 79	36.36	11.73	14.43	88.72	55.74
Stier 25	60.25	7.82	19.85	44.59	35.30
SCB542	49.86	2.93	13.53	14.86	35.30
SCB643	54.02	33.23	18.04	4.18	46.45
Eron 83	51.94	36.17	24.36	20.44	21.37
Taras 87	55.06	26.39	7.22	35.30	34.37

---

**FIGURA 7**  
**EFFECTO DE EDAD/ACT. FOSF. RAD. ENTRE**  
**DIST. GEN. DE TRIGO Y TRITIC. TRAT 0 P**

ACT. FOSF. RAD. MICROFILMADO



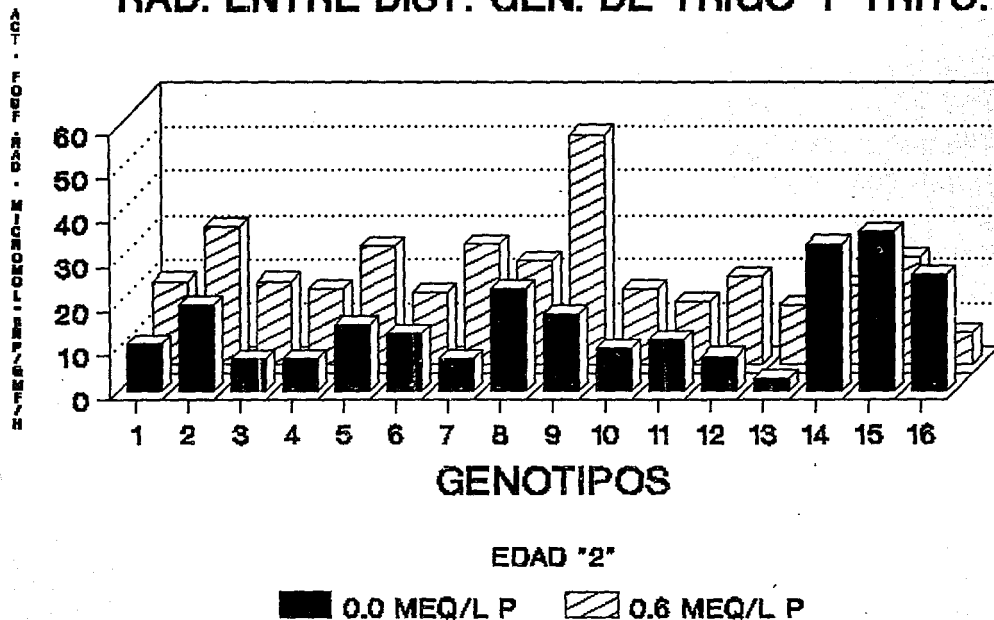
EXPERIMENTO 3

■ EDAD "2"    ▨ EDAD "3"    ▩ EDAD "1"



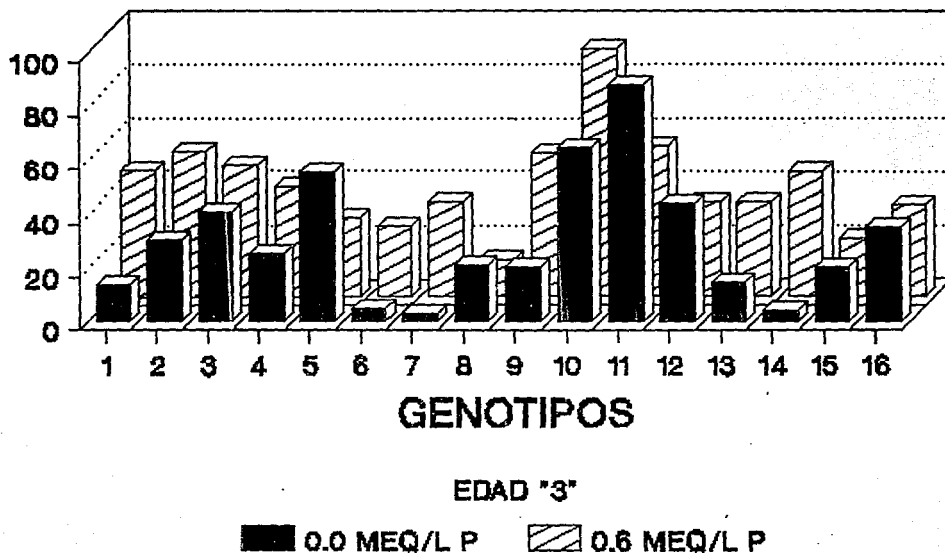
# FIGURA 8

## EXPERIMENTO 3. EFECTO DEL P/ACT. FOSF. RAD. ENTRE DIST. GEN. DE TRIGO Y TRITC.



**FIGURA 9**  
**EXPERIMENTO 3. EFECTO DEL P/ACT. FOSF.**  
**RAD. ENTRE DIST. GEN. DE TRIGO Y TRITC.**

ACT. FOSF. RAD. MICROMOJIB. 1967/68



El Cuadro A11 presenta un mismo número de grupos con medias semejantes a las edades "1" y "3" tanto para trigos como triticales. Esto significa que la mayoría de las variedades de ambas especies tuvieron diferencias similares a los 15 y 31 días de estres por deficiencia de fósforo y respaldados estadísticamente por un análisis de varianza (Cuadro A6). Al comparar estos resultados con los del experimento I se observa que no hay similitud entre uno y otro; con relación al experimento II se encuentra semejanza al menos a una edad.

Con 0.6 meq/l P (Cuadro A12) se tiene que al igual que para el experimento II se obtuvo la misma agrupación de medias a las dos edades con dosis de fósforo en trigos y triticales, por lo tanto, no hay diferencias estadísticas entre variedades de ambas especies en los dos experimentos de repetición debido a cambios en la concentración de fósforo en la solución nutritiva, época de siembra y/o factores externos.

Las diferencias de actividad fosfatásica de los genotipos de trigo y triticale en los experimentosa I, II y III determinadas por la influencia del fósforo están asociadas con las características genéticas propias de las variedades, el pH de la solución del suelo, el contenido de Fe, Mn, y Al solubles, y a la disponibilidad del fósforo para la plantas (Hans, 1975). A su vez la habilidad para tomar fósforo en situaciones de bajo P disponible está determinado por la capacidad de las plantas para acidificar el medio radical (Bielecki, 1973). Cada genotipo respondió al estres por fósforo, en una primera "edad" o etapa de desarrollo con las reservas presentes en la semilla, aquí el fósforo se acumula sobre todo en forma de fitina, una sal cálcico magnésica del ácido inositol hexafosfórico. Este compuesto se hidroliza enzimáticamente durante la germinación, el fosfato pasa a la forma inorgánica y es utilizada con otros propósitos (Black, 1975).

Es decir, la actividad enzimática se encuentra parcialmente inhibida en una primera edad, sin embargo, al transcurrir el tiempo de estres, entonces la maquinaria metabólica se activa por deficiencia de fósforo pues el contenido de fósforo en la semilla se ha terminado y ya no satisface la demanda de nutrimento en etapas posteriores de desarrollo . Otros reportes (Ried and Bielecki, 1970; Sedenko and Zaitseva, 1984; Smyth and Chevalier, 1984 citados por Speir and Cowling, 1991) indican que una alta deficiencia de fósforo provoca un aumento de actividad fosfatásica como estímulo al estres, por otra parte, otros experimentos reportan que al haber una marcada deficiencia de fósforo se incrementa la actividad P-asa con sintomas visibles en las plantas (Besford, 1979; Boutin, 1980 citados por García y Jocelyne, 1992).

Por efecto de fósforo, la razón de que la actividad P-asa radical no decreciera con la aplicación de una dosis se debió probablemente a algún (os) factor(es) que controla(n) la disponibilidad del fósforo como son: precipitación de fosfatos mediante iones de Fe, Al y Mn o precipitación de fosfatos mediante óxidos hidratados (Hans, 1975); otra posible explicación podría ser la habilidad de las plantas para tomar fósforo en situaciones de baja disponibilidad la cual está asociada con su capacidad de acidificar el medio radical y con la actividad fosfatásica. Ahora bien, la actividad puede ser incidental al transporte de fósforo inorgánico o asociado con la conversión de formas inorgánicas a orgánicas (Bielecki, 1973).

Mc Lachlan y De Marco (1980) indican que a una concentración dada de fósforo, una planta puede utilizar más el fósforo inorgánico, entonces, la actividad fosfatásica se ve reducida por efecto de represión del fósforo inorgánico, y esta reducción resulta un indicador del potencial de la planta para hacer uso del P en situaciones de baja disponibilidad. De ahí que las diferencias de actividad P-asa de algunos genotipos fueran mayores en aquellas que incrementaron su actividad más de lo teóricamente esperado. A la par, también la estrategia de evasión al estrés induce cambios en la rizósfera y estos cambios están relacionados con una alta densidad de microorganismos comparada con la del suelo entonces una mayor actividad fosfatásica. También el agotamiento de la rizósfera es una característica típica de una baja movilidad de nutrimentos, especialmente de K y P (Gigon y Rorison, 1972). Por otra parte, en cultivos de trigo, Mc Lachlan y De Marco (1982) encontraron que la acción de las fosfatasa ácidas presentes en raíces, hojas y plantas maduras son indicadoras de la concentración de fósforo en la planta.

En el caso de los triticales no se cuenta con información al respecto, sin embargo, el Triticale es un híbrido de trigo y centeno por lo que los resultados obtenidos bibliográficamente reportados para alguno de ellos pueden ser más o menos comparables con los de este trabajo.

En el Cuadro 4 se encuentran representados los promedios de las evaluaciones de Actividad Fosfatásica de los genotipos seleccionados a lo largo de tres experimentos. Los promedios de cada experimento se obtuvieron de las medias de los valores correspondientes a tres "edades" o etapas diferentes de desarrollo de las plantas aplicando dos dosis de fósforo.

En general para el primer experimento el valor más alto correspondió al Tarasca 87 con 96.34  $\mu\text{Mol-pNP/gmf/h}$  y Alamos con 104.51  $\mu\text{Mol-pNP/gmf/h}$  a 0.0 y 1.2 meq/l P respectivamente, es decir, estos genotipos pertenecen al grupo de triticales. El experimento dos reporta al Stier 25 con 81.98  $\mu\text{Mol-pPN/gmf/h}$  como el más alto reportado a 0.0 meq/l P y el Eronga 83 con 88.76  $\mu\text{Mol-pNP/gmf/h}$  a 1.2 meq/l P de dosis. Sin embargo, para el experimento tres se tiene que el Cananea 79 (45.60  $\mu\text{Mol-pNP/gmf/h}$ ) y el Alamos (55.02  $\mu\text{Mol-pNP/gmf/h}$ ) resultaron los altos a 0.0 y 0,6 meq/l P respectivamente. Si comparamos los resultados obtenidos en este trabajo con los reportados por García y Jocelyne (1992) para tomate se observa que los valores de actividad fosfatásica caen dentro de sus tablas de resultados.

CUADRO 4

ACTIVIDAD FOSFATASICA RADICAL MEDIA DE TRES EDADES  
EN DIFERENTES VARIEDADES DE TRIGO Y TRITICALE

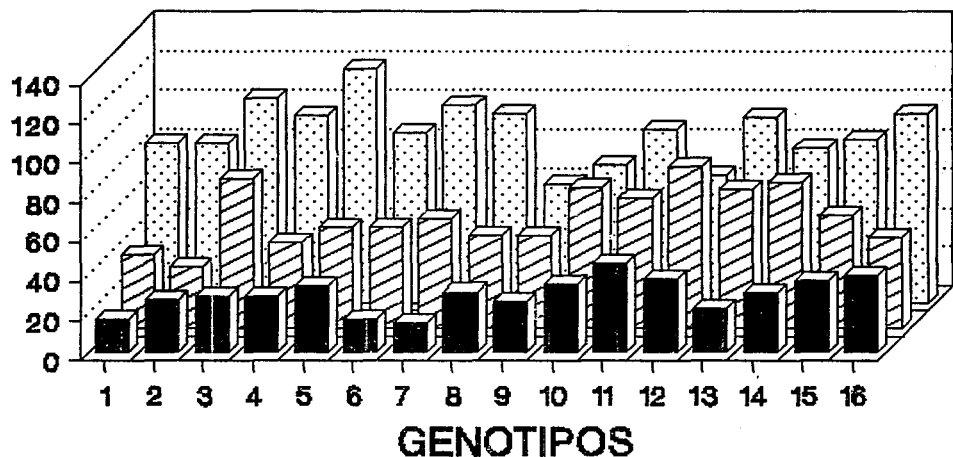
DOSIS	EXP I		EXP II		EXP III	
	0.0	1.2	0.0	0.6	0.0	0.6
( meq/l P )						
(μMol-pNP/gmf/h)						
<b>TRIGOS</b>						
S-035	81.23	78.79	37.10	62.12	17.23	32.69
S-034	81.95	67.59	31.18	49.58	26.78	42.72
S-033	104.44	76.05	44.42	45.61	28.53	33.62
S-032	95.53	64.88	43.30	47.92	28.81	29.01
S-048	119.34	61.67	50.69	29.01	34.01	28.39
S-043	87.19	60.12	50.91	52.84	17.02	21.12
S-053	100.82	95.48	55.42	65.02	15.14	31.41
S-051	96.16	81.85	46.79	58.88	30.70	18.69
(μMol-pNP/gmf/h)						
<b>TRITICALES</b>						
SCB-664	60.89	82.82	47.01	80.21	26.18	52.64
Alam	69.93	104.51	71.56	67.71	34.28	55.02
Canan 79	88.88	93.71	66.34	57.91	45.60	35.08
Stier 25	65.25	67.84	81.98	55.71	37.55	27.57
SCB-542	94.76	80.96	70.35	88.76	22.55	24.41
SCB-643	78.89	80.08	73.75	65.02	30.47	32.24
Eron 83	83.45	102.02	56.98	94.49	36.18	22.86
Taras 87	96.34	88.04	45.58	70.91	38.91	20.79

gmf= gramos de materia fresca.

h= hora.

**FIGURA 10**  
**EFFECTO DE EDAD /ACT. FOSF. RAD. MEDIA E**  
**DIST. GEN. DE TRIGO Y TRITC. TRAT. O P**

ACT. FOSF. RAD. MEDIA E  
 DIST. GEN. DE TRIGO Y TRITC. TRAT. O P



■ EXPERIM. III    ▨ EXPERIM. II    ▤ EXPERIM. I





RELACION BROTES/RAIZ EN PESO SECO DE LA MEDIA DE PLANTAS  
OBTENIDAS DE DIFERENTES GENOTIPOS DE TRIGO Y TRITICALE

	PESO SECO ( GRAMOS )			
	PARTE FOLIAR		RAIZ	
	0.0	1.2	0.0	1.2
	( meq/l P )			
<b>TRIGOS</b>				
1	0.45	1.00	0.28	0.73
2	0.62	0.63	0.43	0.52
3	0.45	0.42	0.33	0.40
4	0.47	0.83	0.34	0.59
5	0.42	0.50	0.26	0.24
6	0.28	0.46	0.18	0.36
7	0.08	0.24	0.04	0.14
8	...	0.62	...	0.37
<b>TRITICALES</b>				
1	0.24	0.77	0.13	0.39
2	0.56	0.81	0.37	0.57
3	0.46	1.18	0.31	0.86
4	0.24	1.10	0.20	0.89
5	0.39	1.34	0.20	0.78
6	0.24	1.09	0.14	0.68
7	...	0.98	...	0.58
8	...	0.62	...	0.37

Los lugares punteados corresponden a datos no obtenidos por falta de material vegetal.

## CUADRO.6

## EXPERIMENTO DOS

RELACION BROTE/RAIZ EN PESO FRESCO , PESO SECO Y % DE FOSFORO  
DE LA MEDIA DE PLANTAS OBTENIDAS DE DIFERENTES VARIEDADES  
DE TRIGO Y TRITICALE

	PFF		PFR		PSF		PSR		% P	
	0.0	0.6	0.0	0.6	0.0	0.6	0.0	0.6	0.0	0.6
	( meq/l P )									
-----										
TRIGOS										
1	2.46	3.42	3.54	4.71	0.44	0.59	0.47	0.33	0.064	0.161
2	2.58	3.79	3.83	6.29	0.49	0.66	0.36	0.53	0.098	0.249
3	2.90	3.74	6.29	4.19	0.66	0.57	0.53	0.42	0.102	0.178
4	2.97	7.73	3.79	8.98	0.57	1.46	0.48	0.36	0.088	0.143
5	3.49	6.09	3.99	6.09	0.79	1.26	0.43	0.60	0.074	0.208
6	3.37	5.69	5.64	7.06	0.67	1.17	0.48	0.77	0.097	0.221
7	3.22	5.08	5.20	8.50	0.62	0.95	0.50	0.60	0.079	0.174
8	4.52	4.98	5.38	7.90	0.81	1.01	0.56	0.51	0.083	0.237
-----										
TRITICALES										
1	4.47	5.03	5.03	4.45	0.89	0.94	0.39	0.49	0.105	0.131
2	3.28	2.47	5.93	2.80	0.60	0.44	0.42	0.41	0.110	0.114
3	6.56	4.06	6.50	4.07	1.28	0.76	0.61	0.47	0.129	0.119
4	2.52	3.71	3.78	5.01	0.37	0.67	0.36	0.82	0.110	0.104
5	3.64	7.24	4.64	4.36	0.72	0.81	0.49	1.53	0.085	0.085
6	2.69	4.94	2.98	3.27	0.54	0.96	0.28	0.41	0.093	0.088
7	3.16	2.74	4.68	2.81	0.60	0.48	0.36	0.37	0.083	0.125
8	4.22	3.48	6.87	2.90	0.80	0.58	0.60	0.47	0.089	0.122

PFF=Peso fresco foliar

PFR=Peso fresco raiz

PSF=Peso seco foliar

PSR=Peso seco raiz

CUADRO 7

EXPERIMENTO TRES

RELACION BROTES/RAIZ EN PESO FRESCO Y % DE FOSFORO DE LA MEDIA DE PLANTAS OBTENIDAS DE DIFERENTES VARIETADES DE TRIGO Y TRITICALE

	PFF		PFR		FOSFORO			
	( gramos )				( por ciento )			
	0.0	0.6	0.0	0.6	P. Foliar		Raiz	
				0.0	0.6	0.0	0.6	
( meq/l P )								
<b>TRIGOS</b>								
1	3.66	2.35	7.34	2.40	0.244	0.248	0.206	0.600
2	3.65	1.97	5.31	3.89	0.185	0.225	0.153	0.188
3	3.03	2.73	4.87	3.22	0.190	0.238	0.219	0.144
4	1.36	2.20	2.05	3.53	0.188	0.244	0.198	0.206
5	4.69	3.61	7.23	5.50	0.238	0.255	0.206	0.140
6	2.00	2.66	4.11	4.54	0.238	0.210	0.194	0.175
7	3.00	2.48	....	4.21	0.194	0.188	0.178	0.160
8	3.93	3.15	....	4.32	0.250	0.188	0.163	0.185
<b>TRITICALES</b>								
1	2.96	3.27	4.21	5.02	0.310	0.225	0.263	0.144
2	1.22	1.25	1.85	1.97	0.269	0.269	0.225	0.121
3	3.62	2.38	5.92	3.48	0.213	0.269	0.138	0.165
4	3.92	4.36	6.08	5.64	0.210	0.260	0.156	0.160
5	2.54	3.80	3.20	5.93	0.206	0.244	0.144	0.148
6	3.83	1.50	3.97	2.69	0.206	0.219	0.131	0.225
7	4.80	6.47	4.98	8.39	0.194	0.125	0.135	0.185
8	2.29	4.45	2.72	3.73	0.244	0.263	0.173	0.163

Los espacios punteados corresponden a la falta de material vegetal.

PFF=Peso fresco foliar

PSF=Peso seco foliar

Los Cuadros 5 , 6 y 7 corresponden a resultados de pruebas adicionales que se realizaron como parte complementaria a las determinaciones de Actividad P-asa. Estos resultados presentan un panorama general de la posible asimilación del nutrimento suministrado (fósforo). Esto es, qué tanto asimilaron las plantas el fósforo a lo largo de 31 días de desarrollo no a una edad en particular. Las diferencias entre peso húmedo y peso seco obtenidos para cada variedad muestran cuál alcanzó un mejor desarrollo y por qué tratamiento. También los porcentajes de fósforo indican que genotipos asimilaron más el nutrimento en cuestión y bajo que dosis apoyando el aumento o disminución de la Actividad fosfatásica.

Como se puede observar en el Cuadro 5, los pesos secos más altos, tanto para parte foliar como para raíz correspondieron a los triticales cuando se les suministró fósforo, es decir, las plantas de los triticales tomaron más este nutrimento que los trigos . Sin embargo, el trigo S-034 obtuvo un valor de peso seco mayor que cualquier otro triticales a cero concentración de fósforo.

Del Cuadro 6, la observación más relevante son los resultados de porcentaje de fósforo en tejido vegetal. Sin aplicación de fósforo, los triticales registraron mayor porcentaje de este nutrimento que los trigos. Esto significa que los genotipos respondieron de manera diferente con fósforo que sin éste.

En el Cuadro 7 se observan porcentajes de fósforo tanto para la parte foliar como para raíz, esto permite diferenciar la asimilación de este macronutrimento en sitios distintos de la planta. En cuanto a la raíz, los porcentajes más altos se registraron para los triticales en ambos tratamientos.

La parte foliar no presentó diferencias significativas entre el contenido de fósforo con ó sin tratamiento. En general, el crecimiento de las plantas no se vió afectado al someterlas a estres nutrimental manteniendo un desarrollo similar.

## VII. CONCLUSIONES

De acuerdo con los resultados obtenidos en los tres experimentos, se generaron las siguientes conclusiones:

### GENERAL

La Actividad Fosfatásica es una propiedad inter e intraespecifica en la cual se determinó la influencia del fósforo sobre la actividad fosfatásica entre distintas variedades de trigo y triticale resultando diferente en condiciones de estres nutrimental por deficiencia de fósforo.

#### 7.1 DIFERENCIAS ENTRE GENOTIPOS

Existen diferencias de Actividad P-asa significativas entre distintos genotipos de Trigo y Triticale. Las diferencias entre genotipos de trigo resultaron mayores durante el experimento I, no así en los experimentos II y III en los que se acentuó dichas diferencias entre variedades de Triticale ocasionadas quizás por la diferente época de siembra de los experimentos.

#### 7.2 EFECTO DE EDAD

Por efecto de edad se concluye que los genotipos de Trigo desarrollaron mayor actividad fosfatásica que las variedades de Triticale, esto es, respondieron por más tiempo al estres por deficiencia de fósforo.

El genotipo S-033 mantuvo el mismo comportamiento a lo largo de los tres edades y el genotipo S-048 incrementó su actividad fosfatásica más a la edad "3". De los triticales que mantuvieron su incremento de actividad enzimática en las tres "edades" se encuentran: Cananea 79, en los experimentos I y II, y Alamos 83 en el experimento II y III.

### 7.3 EFECTO DE FOSFORO

Respecto a la reacción al fósforo se observó que bajo ausencia de fósforo se estimula la actividad P-asa, es decir, la aumentaron; sin embargo algunas variedades la disminuyeron debido a que la actividad fosfatásica puede ser inhibida como mecanismo de adaptación al estrés por fósforo.

### 7.4 EFECTO DE ESPECIE

Resumiendo las conclusiones anteriores se determina que el Triticale (*X Triticosecale Wittmack*) resultó ser una especie que utiliza como mecanismo de adaptación, la actividad fosfatásica radical en mayor proporción que el Trigo (*Triticum aestivum*) para satisfacer la demanda de fósforo de la plantas ocasionada por la acidez del suelo, y que para los experimentos realizados en este trabajo se creó a través de solución nutritiva carente del nutrimento para estimular la acción de las fosfatasas. De esa manera se evaluó la influencia del P en la actividad fosfatásica de raíz en las variedades de Trigo y Triticale. Por lo tanto, se recomienda hacer pruebas por más tiempo en diferentes suelos con varios niveles de fósforo.

## VIII BIBLIOGRAFIA CITADA

- Abruña-Rodríguez F. Vicente-Chandler J. Rivera E. and Rodríguez J.  
1982 *Effect of soil acidity factors on yield and foliar composition of tropical root crops.* Soil Sci. Am. J. 46, 1004-1007
- Anghinoni I and Barber 1980 *Phosphorus influx and growth characteristics of corn roots as influenced by phosphorus supply.* Agron. J. 72, 685-688
- Aoba K. 1986. *Exceso manganese disorder in fruit trees.* Japan. Agric. Res. Quartely 20, 38-47
- BANAMEX, 1983. *El Trigo en México*, LIX (695) pp. 494-502.
- Blamey F et. al., 1986. *Role of trichomes in suflower tolerance to manganese toxicity.* Plant and Soil 71, 171-180
- Barrett-Lennard E.G., A.D. Robson, and H. Greenway, 1982. *Effect of phosphorus Deficiency and Water Deficit on phosphorus Activities from Wheat Leaves.* Journal of Experimental Botany .Vol.33 No.135 pp. 682-693.
- Black C.A., 1975. *Relaciones Suelo-Planta. Tomo II.* Edit. Hemisferio Sur pp. 613-716.
- Brady, N.C., 1984. *The Nature and Properties of Soils* 9th Edit Mc Millan Publishing Company.
- Browman M. G. and M.A. Tabatabai, 1978. *Phosphodiesterase Activity of Soil.* Journal Paper J.-8933 of the Iowa Agric. & home Econ. Exp. Sth Ames Iowa. Los Angeles .Calif. Vol. 42. pp. 284-289.
- Besford R.T. 1978. *A phosphatase as a potential indicator of the glasshouse cucumber (Cucumis sativus).* J. Sci Food Agric. 29:87-91.



- Bieleski R.L. 1973. *Phosphatase pools, phosphatase transport and phosphorus availability*. *Annu. Rev. Plant Physiol.* 24,225.
- Bushuk W. y E.N. Larter 1980. *Triticale: Production Chemistry and Technology*. *Advances in cereal Science and Technology*. Vol III Ed by Panoram. American Association of Cereal Chemist Incorporated S.T. Poul, Minnesota.
- Chapin F S III 1983. *Adaptation of selected trees and grasses to low availability of phosphorus*. *Plant and Soil* 72, 283-297
- Chapin F S III 1988. *Ecological aspects of plant mineral nutrition*. In *Advances in Plant Nutrition* 3. Eds B. Tinker and A Läubli pp. 161-192. Praeger, New York.
- Chauhan B.S., Stewart J.W. and Paul E.A.. 1981. *Effect of labile inorganic phosphate status and organic carbon additions on the microbial uptake of phosphones in soils*. *Can. J. Soil Sci* 61, 337-3385.
- Cronquist A., 1987. *Introducción a la botánica*. Edit. CECSA. México.
- Cruz, F.G. 1993. *Evaluación de la absorción de fósforo de diferentes genotipos de Triticale (X Triticosecale Wittmack) en suelos con diferente capacidad de fijación de fósforo*. Tesis de Maestría en Ciencias. C.P. (En preparación).
- Dick W. A. and M. A. Tabatabai, 1978. *Inorganic Pyrophosphatase Activity of Soils*. *Soil. Biol. Biochem.* Vol. 10. Prindin Great Britain. pp. 59-65.
- Dinkelaker B. R. and Marschner H. 1989. *Citric acid secretion and precipitation of calcium citrate in the rhizosphere of white Lupin (Lupinus albus L.)*. *Plant Cell Environ.* 12, 285-292.

- Dracup et. al., 1984. Effect of phosphorus deficiency on phosphatase activity of cell walls from roots of subterranean clover. J. Exp. Bot. 35:466-480.
- Eivazi y Tabatabai. 1977. Phosphatases in soils. Soil Biol. Biochem. 9:167-172.
- Föhse D. Claassen N. and Jungk A. 1988. Phosphorus efficiency of plants I. External and Internal P requirement and P uptake efficiency of different plant species. Plant and Soil 110, 101-109.
- Gakurus and C. Lefebvre, 1991. Acid Phosphatase :Screening Zairian Zea mays varieties for Aluminium Tolerance. Cereal Research Communications. Vol. 19. Num. 4. pp. 477-481.
- Garcia and Jocelyne. 1992. Root morphology and acid phosphatase activity in tomato plants during development of and recover from phosphorus stress. Journal of Plant Nutrition. 15(11),2491-2503.
- Gigon A and Rorison I H 1972. The response of some ecologically distinet plant species to nitrate-and to ammonim-nitrogen J Ecol. 60, 93-102
- Grauer U E and Horst W J 1990. Effect of pH and nitrogen source on aluminium toleranceof rye (Secale cereale L.) and yellow lupin (Lupinus luteus. L.) Plant and Soil . 127, 13-21
- Grinsted M J et. al. 1982. Plant-induced changes in the rhizosphere of rape (Brassica napus var. Emerald) seedlings I pH change and the increase in P concentration in the soil solution. N ew Phytol 91,19-29
- Guthier R.E. et. al., 1991. Acid Phosphatases Associated with Phosphorus Deficiency in Wheat: Partial Purification and Properties. Aust. J. Plant Physiol. Vol. 18 627-36. pp 618-677.

- Hans W. F., 1975. *Química de suelos con énfasis en Suelos de América Latina*. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la FAO. Edit. IICA Turrialba. Costa Rica.
- Helal H. M., 1990. *Varietal differences in root phosphatase activity as related to the utilization of organic phosphates*. *Plant and Soil*, 123. Printed in the Neartherlands. pp.161-163.
- Herbien S. A. and J.L. Neal, 1990. *Soil pH and Phosphatase Activity commun in Soil Plant Anal.*, 21 (586 ).pp. 439-456.
- Horst W.J. 1983. *Factors responsible for genotypic manganese tolerance in cowpea (Vigna unguiculata)*. *Plant and Soil* 72. 213-218.
- Horst y Marschner. 1978. *Effect of excesive manganese supply on uptake and traslocation of calcium in bean plants (Phaseolus vulgaris L.)*. *Z flanzensphysiol.* 87:137-148.
- Horst y Marschner. 1983. *Effect of aluminum on root growth, cell division rate and mineral element contents in roots of Vigna unguiculata genotypes*. *Z. flanzensphysiol.* 109:95-103.
- Itoh S 1987. *Characteritcs of phosphorus uptake of chickpea in comparasion with pigeonepa, soybean, and maize*. *Soil Sci. Plant Nutr.* 33, 417-422
- Jackson P C and St. John J B 1980. *Changes in membrane lipids of roots associated with changes in permeability. I. Effect of undissociated organic acids*. *Plant Physiol.* 66, 801-804
- Juma y Tabatabai. 1978. *Distribution of phosphomonoesterases in soil*. *Soil Sci.* 126:101-108.
- Jungk and Classen N 1989. *Availability in soil and acquisition by plants as the basis for phosphorus and potassium supply to plants*. *Z . Pflanzenernaehr, Bodenkd.* 152, 151-157.

- Kinraide T B. and Parker D R 1989. *Assessing the phytotoxicity of mononuclear hydroxy-aluminum*. Plant, Cell Environ. 12, 479-487.
- Kiss y Radulescu. 1975. *Biological significance of enzymes accumulated in soil*. Adv. Agron. 27:25-87.
- Klotz F and Horst W J 1988. *Genotypic differences in aluminium tolerance of soyban (Glycine max L.) as affected by ammonium-and nitrate-nitrogen nutrition*. Plant Physiol. 132, 702-707.
- Klotz F and Horst W J 1988. *Effect of ammonium-and nitrate-nitrogen nutrition on aluminium tolerance of soybean (Glycine maz L.)*. Plant Physiol. 111, 59-65.
- Marschner H 1990. *Effect of soil acidification on root growht, nutrient and water uptake*. In International Congress on Forest Decline Research. Friedrichshafen 1989. Ed. B Ulrich. pp.381-404.
- Marschner H. 1991. *Mechanisms of adaptation of plants to acid soils*. Plant and soil. Kluwer Academic Publishers Printed in the Netherlands. 134:1-20. pp. 7-20.
- Mc Lachlan K. D. and D.G. De Marco, 1980. *Acid Phosphatase Activity of intact Roots and Phosphorus Nutrition in Plants III. Its relation to phosphorus Garnering by wheat and a comparison with leaf activity as Measure of phosphorus status. Part III. Aust J. Agric.Res. 31, 441-8.*
- Mc Lachlan K. D. 1984. *Effects of drought, aging and phosphorus status on leaf acid phosphatase activity in wheat*. Aust. J. Agric Res. 35:777-787.
- Müntzing Arne, 1979. *Triticale Today*. TRITICALE. pp. 14-23.

- National Academy Press. 1989. *TRITICALE A Promising Addition to the World's Cereal Grains*. National Research Council Staff. Washington D.C. pp. 14-23.
- Ortiz Villanueva, 1977. *Fertilidad de suelos*. U.A.CH.
- Ozane P G. Keay J and Biddiscombe E f 1969. *The comparative applied phosphate requeriments of eight anual pasture species*. Austr. J. Agric. Res. 20,809-818.
- Polle A. Enrique and Calvin F.k., 1990. *Genetics and Breeding of Cereals for Acid Soils and Nutrient.Efficiency crops as Enhancers of Nutrient Use* .Academic Press Inc All rights of reproduction in any form reserved. pp 81-130.
- Primo E Y. 1982. *Química Agrícola III. Alimentos*. Edit. Alhambra, España. pp. 26-31.
- Quiñones M.A. 1983. *Triticale : Un Género Botánico producido por el hombre*. Mejoramiento e Investigación sobre TRITICALE en el CIMMYT Folleto Num. 24. Editor F.J. Zallinsky.
- Rodríguez C. E. 1989. *Absorción de agua y nutrimentos en el cultivo de Pepino (Cucumis sativus L.) en Hidoponia*. Tesis de Maestria en Ciencias. C.P. Montecillo, Méx.
- Rufy T W, Miner W W and Raper jr. C D 1979. *Temperature effects on growth and manganese tolerance in tobacco*. Agron. J. 71, 638-644.
- Salgadi Maldonado Saúl,1986. *Influencia del tipo de semilla y profundidad de siembra sobre el rendimiento del Triticale, Trigo y Centeno*. Tesis de Licenciatura. Chapingo, México. pp. 11-15.
- Sánchez P A and Salinas J G 1981. *Low input technology for managing Oxisols and Ultisols in tropical America*. In *Advances in Agronomy* 34, pp. 280-406.

Schmidt y Laskowski. 1961. *Phosphatase ester cleavage (survey)*. In the Enzymes (P. D. Boyer H. Lardy, and K. Myrback Eds. 2 nd edn. Academic Press. New York. pp. 3-35.

Soldano R. Osvaldo, 1978. *Trigo-Cultivo*. Edit. Albatros. Buenos Aires. pp. 9-37.

Snowball, K. y A.D. Robson. 1991. *Carencias y toxicidades nutricionales que afectan al trigo*. Una guía para su identificación en el campo. México, D.F. : CIMMYT.

Speir y Ross. 1978. *Soil phosphatase and sulphatase*. In: Burns RG (ed) *Soil Enzymes*. Academic Press, London. pp. 197-250.

Tabatabai M.A. 1977. *Effects of trace elements on meanse activity in soils*. *Soil Biol. Biochem.* 9:9-13.

Tabatabai M.A. 1982. *Soil Enzymes*. Methods of soil Analysis. Part 2. Chemical and Microbiological Properties-Agronomy Monograph No. 9. ( 2nd Edition ) Iowa State University. Ames, Iowa.

Whipps J M and Lynch J M 1986. *The influence of rhizosphere on crop productivity*. *Adv. Microbial Ecol.* 6, 187-244.

IX APENDICE  
CUADRO A1

PARAMETROS IMPORTANTES DEL ANALISIS DE VARIANZA  
DE LA ACTIVIDAD FOSFATASICA RADICAL ENTRE DIFERENTES  
VARIETADES DE TRIGO Y TRITICALE

EXPERIMENTO I (0.0 MEQ/L P)			
Variable Independiente	ACF 1 Edad "1"	ACF 2 Edad "2"	ACF 3 Edad "3"
Suma de cuadrados	24187.467	24919.136	31305.093
Cuadrado medio	1343.748	1384.396	1739.172
Valor F calculada	30.30	29.77	5.61
Nivel de signif. Pr>F	0.0001	0.0001	0.0001
R-cuadrada	0.923	0.947	0.765
Coef. var.	11.959	6.726	15.531
Raiz cuadrada del cuadrado medio del error	6.659	6.819	17.609
ACF media	55.689	101.398	113.374
Edad "1"= 15 días			
Edad "2"= 22 días			
Edad "3"= 31 días			

PARAMETROS IMPORTANTES DEL ANALISIS DE VARIANZA  
DE LA ACTIVIDAD FOSFATASICA RADICAL ENTRE DIFERENTES  
VARIETADES DE TRIGO Y TRITICALE

EXPERIMENTO I (1.2 MEQ/L P)		
Variable independiente	ACF 2 Edad "2"	ACF 3 Edad "3"
Suma de cuadrados	12852.7868	42599.210
Cuadrado medio	714.043	2366.623
Valor F calculada	4.45	7.62
Nivel de signif. Pr>F	0.0001	0.0001
R-cuadrada	0.6670	0.7530
Coef. var.	16.294	21.202
Raíz cuadrada del cuadrado medio del error	12.668	17.625
ACF media	77.7462	83.1281
Edad "1"= 15 días		
Edad "2"= 22 días		
Edad "3"= 31 días		



CUADRO A3

PARAMETROS IMPORTANTES DEL ANALISIS DE VARIANZA  
DE LA ACTIVIDAD FOSFATASICA RADICAL ENTRE DIFERENTES  
VARIETADES DE TRIGO Y TRITICALE

EXPERIMENTO II (0.0 MEQ/L P)			
Variable independiente	ACF 1 Edad "1"	ACF 2 Edad "2"	ACF 3 Edad "3"
Suma de cuadrados	4192.93	9231.66	58192.23
Cuadrado medio	262.06	576.98	3637.01
Valor F calculada	13.25	2.92	69.36
Nivel de signif. Pr>F	0.0001	0.022	0.0001
R-cuadrada	0.934	0.757	0.986
Coef. var.	12.794	23.051	7.241
Raíz cuadrada del cuadrado medio del error	4.447	14.051	7.241
ACF media	34.76	58.55	87.80

Edad "1"= 15 días

Edad "2"= 22 días

Edad "3"= 31 días

PARAMETROS IMPORTANTES DEL ANALISIS DE VARIANZA  
DE LA ACTIVIDAD FOSFATASICA RADICAL ENTRE DIFERENTES  
VARIETADES DE TRIGO Y TRITICALE

EXPERIMENTO II (0.6 MEQ/L P)		
Variable independiente	ACF 2 Edad "2"	ACF 3 Edad "3"
Suma de cuadrados	12413.32	32731.10
cuadrado medio	775.83	2045.69
Valor F calculada	7.30	6.78
Nivel de signif. Pr>F	0.0002	0.0003
R-cuadrada	0.886	0.878
Coef. var.	20.804	17.429
Raiz cuadrada del cuadrado medio del error	10.306	17.373
ACF media	49.539	99.679
Edad "1"= 15 días		
Edad "2"= 22 días		
Edad "3"= 31 días		

PARAMETROS IMPORTANTES DEL ANALISIS DE VARIANZA  
DE LA ACTIVIDAD FOSFATASICA RADICAL ENTRE DIFERENTES  
VARIETADES DE TRIGO Y TRITICALE

EXPERIMENTO III			
(O.O MEQ/L P)			
Variable independiente	ACF 1 Edad "1"	ACF 2 Edad "2"	ACF 3 Edad "3"
Suma de cuadrados	3682.67	2896.34	19566.88
Cuadrado medio	230.17	181.02	1222.93
Valor F calculada	13.23	7.47	42.93
Nivel de signif. Pr>F	0.0001	0.0002	0.0001
R-cuadrada	0.933	0.888	0.978
Coef. var.	9.930	25.263	5.337
Raíz cuadrada del cuadrado medio del error	4.171	4.923	5.337
ACF media	42.006	19.486	36.667
Edad "1"= 15 días			
Edad "2"= 22 días			
Edad "3"= 31 días			

PARAMETROS IMPORTANTES DEL ANALISIS DE VARIANZA  
DE LA ACTIVIDAD FOSFATASICA RADICAL ENTRE DIFERENTES  
VARIETADES DE TRIGO Y TRITICALE

EXPERIMENTO III (0.6 MEQ/L P)		
Variable independiente	ACF 2 Edad "2"	ACF 3 Edad "3"
Suma de cuadrados	3209.42	10191.17
Cuadrado medio	200.59	636.94
Valor F calculada	3.98	7.21
Nivel de signif. Pr>F	0.0053	0.0002
R-cuadrada	0.809	0.885
Coef. de var.	31.382	18.601
Raíz cuadrada del cuadrado medio del error	7.096	9.397
ACF media	22.613	50.517
Edad "1"= 15 días		
Edad "2"= 22 días		
Edad "3"= 31 días		

A7.EXPERIMENTO UNO

COMPARACION DE MEDIAS POR LA PRUEBA DE TUKEY DE LA ACTIVIDAD  
P-ASA CERO FOSFORO ENTRE DISTINTAS VARIETADES DE  
TRIGO Y TRITICALES A DIFERENTES EDADES

EDAD	EDAD "1"	EDAD "2"	EDAD "3"
<b>TRIGOS</b>			
S-035	d-f	e-f	bc
S-034	de	f-g	bc
S-033	d-f	e-g	a
S-032	de	d-f	ab
S-048	a	ab	ab
S-043	cd	a-d	c
S-053	ab	e-g	bc
S-051	cd	a-c	bc
<b>TRITICALES</b>			
SCB-664	fg	d-g	bc
Alamos	fg	a-d	bc
Cananea 79	fg	a	c
Stier 25	g	f-g	bc
SCB-542	de	ab	bc
SCB-643	fg	a-c	c
Eronga 83	ef	g	a-c
Tarasca 87	bc	cd	b-c

A8 EXPERIMENTO UNO  
 COMPARACION DE MEDIAS POR LA PRUEBA DE TUKEY DE LA ACTIVIDAD  
 P-ASA 1.2 MEQ/L P ENTRE DISTINTAS VARIEDADES DE  
 TRIGO Y TRITICALE A DIFERENTES EDADES

EDAD	EDAD "2"	EDAD "3"
TRIGOS		
S-035	cd	bc
S-034	a-d	c
S-033	a-d	c
S-032	a-d	c
S-048	a-d	c
S-043	b-d	c
S-053	a-c	bc
S-051	a-d	bc
TRITICALES		
SCB-664	fg	a
Alamos	fg	ab
Cananea 79	fg	bc
Stier 25	g	bc
SCB-542	de	ab
SCB-643	fg	bc
Eronga 83	ef	ab
Tarasca 87	bc	bc

A9 EXPERIMENTO DOS  
 COMPARACION DE MEDIAS POR LA PRUEBA DE TUKEY DE LA ACTIVIDAD  
 P-ASA CERO FOSFORO ENTRE DISTINTAS VARIETADES DE  
 TRIGO Y TRITICALE A DIFERENTES EDADES

EDAD	EDAD "1"	EDAD "2"	EDAD "3"
<b>TRIGOS</b>			
S-035	c-e	ab	fg
S-034	b-c	b	g
S-033	ab	ab	e-g
S-032	bc	ab	c-e
S-048	bc	ab	c-e
S-043	a	ab	c-e
S-053	bc	ab	c-e
S-051	c-e	ab	c-e
<b>TRITICALES</b>			
CBS-664	.de	ab	cd
Alamos	bc	ab	b
Cananea 79	e	a	b
Stier 25	b-e	ab	a
SCB-542	bc	ab	b
SCB-643	bc	ab	b
Eronga 83	b-d	ab	c
Tarasca 87	b-d	ab	d-g

A10 EXPERIMENTO DOS  
 COMPARACION DE MEDIAS POR LA PRUEBA DE TUKEY DE LA ACTIVIDAD  
 P-ASA 0.6 MEQ/L P ENTRE DISTINTAS VARIETADES DE  
 TRIGO Y TRITICALE A DIFERENTES EDADES

EDAD	EDAD "2"	EDAD "3"
<b>TRIGOS</b>		
S-035	de	a-d
S-034	de	c-d
S-033	b-e	d
S-032	de	d
S-048	de	d
S-043	c-e	b-d
S-053	a-d	a-d
S-051	a-e	cd
<b>TRITICALES</b>		
CBS-664	a	b-d
Alamos	ab	ab
Cananea 79	a-d	cd
Stier 25	b-e	cd
SCB-542	a-c	a-c
SCB-643	b-e	a-d
Eronga 83	de	a
Tarasca 87	b-e	a-d



A11 EXPERIMENTO TRES  
 COMPARACION DE MEDIAS POR LA PRUEBA DE TUKEY DE LA ACTIVIDAD  
 P-ASA CERO FOSFORO ENTRE DISTINTAS VARIEDADES DE  
 TRIGO Y TRITICALES A DIFERENTES EDADES

EDAD	EDAD "1"	EDAD "2"	EDAD "3"
<b>TRIGOS</b>			
S-035	g	c-d	fg
S-034	g	a-d	d-f
S-033	c-g	cd	c-e
S-032	ac	cd	d-f
S-048	f-g	b-d	bc
S-043	e-g	cd	g
S-053	d-g	cd	g
S-051	a-f	a-c	ef
<b>TRITICALES</b>			
CBS-664	b-g	a-d	ef
Alamos	g	cd	b
Cananea 79	d-g	cd	a
Stier 25	a	cd	b-d
SCB-542	a-e	d	fg
SCB-643	ac	ab	g
Eronga 83	a-d	a	ef
Tarasca 87	ab	a-c	c-f

A12 EXPERIMENTO TRES  
 COMPARACION DE MEDIAS POR LA PRUEBA DE TUKEY DE LA ACTIVIDAD  
 P-ASA 0.6 MEQ/L P ENTRE DISTINTAS VARIEDADES DE  
 TRIGO Y TRITICALE A DIFERENTES EDADES

EDAD	EDAD "2"	EDAD "3"
S-035	b	bc
S-034	ab	b
S-033	b	bc
S-032	b	bc
S-048	ab	bc
S-043	b	bc
S-053	ab	bc
S-051	ab	c
TRITICALES		
CBS-664	a	b
Alamos	b	a
Cananea 79	b	ab
Stier 25	b	bc
SCB-542	b	bc
SCB-643	b	bc
Eronga 83	ab	bc
Tarasca 87	b	bc

## ANEXO 1

ENSAYOS DE ACTIVIDAD FOSFATASICA RADICAL ENTRE DIFERENTES  
VARIETADES DE TRIGO Y TRITICALE

DOSIS	ENSAYO I	ENSAYO II	
	0.0	0.0	1.2
(MEQ/L P)			
(μMol-pNP/gmf/h)			
TRIGOS			
LS VAR 1	38.54	---	---
LS VAR 3	16.73	---	---
LS VAR 4	58.31	---	---
TRITICALES			
STIER 25	39.55	105.45	58.38
SCB-542	23.83	111.11	90.39
TARASCA 87	81.13	158.18	103.57
CANANEA 79	94.32	7.53	116.76
ALAMOS	62.88	86.63	73.44
SCB-643	54.76	120.52	90.33
ERONGA 83	59.84	---	---
SCB-644	57.81	---	---

ANEXO 2  
TECNICA ORIGINAL PARA EL ENSAYO DE ACTIVIDAD FOSFATASICA  
ACIDA ADAPTADA PARA RAIZ  
(TABATABAI,1982)

PROCEDIMIENTO:

1.- Colocar 1 gramo de suelo en un matraz Erlenmeyer o frasco de agitación de 50 ml.

2.- Agregar 0.2 ml de Tolueno, 4 ml de Buffer Universal Modificado pH=6.5 (fosfatasa ácida) o pH=11 (fosfatasa alcalina) y 1 ml de para-Nitrofenilfosfato (solución hecha con el mismo buffer); girar el matraz o frasco por unos cuantos segundos para mezclar el contenido.

3.- Tapar el matraz y colocarlo en un incubador a 37 C (Baño María o estufa)

4.- Después de una hora, remover el tapón y agregar 1 ml de Cloruro de calcio 0.5 M y 4 ml de hidróxido de sodio 0.5 M

5.- Girar el frasco o matraz por unos segundos y filtrar la suspensión del suelo a través de un Whatman No. 2 o similar.

6.- Medir la intensidad del color amarillo del filtrado con un fotocolorímetro Klett-Summerson (400nm).

7.- Calcular el contenido de para-nitrofenilfosfato en el filtrado por referencia de la Curva de Calibración formada por estándares conteniendo 0, 1, 2, 3, 4 y 5 µg de para-nitrofenol.