



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES
"ZARAGOZA"

RESPUESTA DEL TRITICALE (X TRITICOSECALE WITTMACK) A DIFERENTES
DOSIS DE FERTILIZACION FOSFATADA Y ABONAMIENTO, BAJO DISTINTOS
TRATAMIENTOS DE ENCALADO EN UN ANDOSOL.

REPORTE DE INVESTIGACION
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

B I O L O G O

P R E S E N T A :

ANGELICA S. MEDRANO BERNAL

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.

CONTENIDO

Página

1. RESUMEN	1
2. INTRODUCCIÓN	2
3. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	4
3.1. Cereales	4
3.1.1. Clasificación taxonómica del trigo, centeno y triticale	5
3.2. Triticale	5
3.2.1. Origen	5
3.2.2. Historia	6
3.2.3. Características generales	7
3.3. Suelos ácidos	11
3.3.1. Descripción	11
3.3.2. Causas de acidificación del suelo	13
3.4. Efectos del pH sobre la nutrición de plantas ...	14
3.5. Andosoles	15
3.6. Encalado	16
3.6.1. Materiales de encalado	17
3.6.2. Efecto benéfico de la cal sobre el suelo ..	18
3.6.3. Efectos deteriorantes del sobreencalado ..	20
3.7. Fertilizantes	21
3.7.1. Urea	22
3.7.2. Superfosfatos	23
3.8. Abonos orgánicos	25
4. OBJETIVOS	27
5. HIPÓTESIS	29
6. DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO	30
6.1. Localización y descripción del área de trabajo ..	32
7. MATERIALES Y MÉTODOS	36
7.1. Materiales utilizados	36
7.2. Distribución y asignación de tratamientos	38
7.3. Métodos	40

7.3.1. Mediciones periódicas de las plantas	40
7.3.2. Análisis físicos y químicos del suelo	41
7.3.3. Análisis foliar	42
7.3.4. Análisis proteico del grano de triticale	42
7.3.5. Análisis estadístico.....	43
8. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	44
8.1. Propiedades físicas y químicas del suelo	44
8.2. Efecto del encalado sobre la disponibilidad de fósforo	46
8.3. Asimilación de fósforo por el triticale	56
8.4. Respuesta de pH al encalado	59
8.5. Aluminio intercambiable	61
8.6. Rendimiento de grano y forraje	64
8.7. Nitrógeno total y proteína en el grano	69
8.8. Altura de planta y longitud de espiga	71
9. CONCLUSIONES	79
10. SUGERENCIAS	80
11. BIBLIOGRAFÍA	81
12. APÉNDICE	87
13. AGRADECIMIENTOS	99

1. RESUMEN

En el presente estudio se evaluó el desarrollo de un cultivo de triticale (*X Triticosecale Wittmack*), cereal obtenido de la cruce de trigo (*Triticum sp.*) y centeno (*Secale sp.*). El trabajo se realizó en un suelo de ANDO, el cual presenta generalmente problemas de fijación de fósforo. Se usaron diferentes tratamientos de cal (0.0 Kg./Ha. y 979 Kg./Ha.), a fin de disminuir la acidez del suelo. También se manejaron distintas dosis de fertilizante fosfatado y abono orgánico, para finalmente, analizando rendimiento de grano y forraje, determinar una dosis óptima económica de los mismos.

Los resultados mostraron una baja disponibilidad de P en el suelo encalado, así como una baja asimilación del nutrimento por las plantas. Sin embargo, la altura de plantas, longitud de espiga, rendimiento de grano y de forraje, siempre fueron mayores en el suelo con adición de cal. Por otro lado, los resultados de extracción de P por las plantas muestran que las del suelo encalado extrajeron el nutrimento en mayor proporción, por lo que se afirma, se originó un efecto de dilución de P en dichas plantas, razón por la que se encontró en bajas cantidades en el tejido foliar. En cuanto a los bajos porcentajes de fósforo obtenidos en el suelo con adición de cal, se cree que dichos resultados fueron ocasionados por el método de extracción de P usado (Método de Truog), el cual es funcional para suelos ácidos, y es muy probable que sea poco eficaz en un suelo encalado.

El encalado en el suelo de ANDO, resultó benéfico para el triticale, disminuyó la acidez potencial del suelo y generó mayores rendimientos de grano y forraje en comparación con el suelo no encalado. Finalmente, se encontró que la dosis óptima económica de fertilizante y abono fue, en este trabajo, 60 Kg. de fertilizante fosfatado y 2 Ton. de abono por hectárea.

2. INTRODUCCIÓN

La Organización de las Naciones Unidas (O.N.U.), en una serie de investigaciones realizadas en la década de los 70's, estimó que para sustentar la población que habitará nuestro planeta en el año 2000 será necesario incrementar la producción agrícola en un 60 % (Ortiz, 1981 citado por Pérez, 1989).

Por su parte, la F.A.O. (Food and Agricultural Organization), en 1976, inicia una serie de proyectos con el objeto de obtener una primera aproximación del potencial de producción de los recursos de las tierras del mundo y, con ello, reunir la base de datos necesaria para planificar el desarrollo de la agricultura del futuro (Pérez, 1989).

Tamayo (1980), señala que de la superficie total de México, el 15% (30 millones de hectáreas), constituyen la superficie potencialmente laborable. De ésta, el 80 %, o sea 24 millones de hectáreas, son clasificadas como áreas de temporal, de las cuales un alto porcentaje presenta escasez o inadecuada distribución de la precipitación. Estas causas, entre otras, provocan la obtención de bajos rendimientos de cosecha, mismos que son destinados fundamentalmente al autoconsumo familiar; provocando desabasto en el mercado nacional.

Por lo anterior, actualmente México es un país importador de alimentos; entre los más importantes de estos, se encuentran los cereales, algunos de los cuales constituyen la base de la alimentación en este país.

El 60 % de las proteínas consumidas por el hombre provienen de los cereales. En general, estos contienen del 10 al 15 % de agua; del 70 al 80 % de almidón; del 7 al 10% de proteínas

en sus niveles más bajos y del 20 al 22 % en sus niveles más altos; también contienen huellas de grasa; complejo B; minerales y capas externas no digeribles.

Los cereales se han mejorado en los últimos años gracias a un mejor conocimiento de los mecanismos de reproducción y composición genética de las plantas (Primo, 1979).

Además de la hibridación, para incorporar genes ventajosos a los cereales que actualmente sirven como alimento para el ser humano, se utilizan también los cruzamientos interespecíficos e intergenéricos. Una de las cruza intergenéricas más interesante es la del triticale.

Triticale es el nombre común del producto de la cruza entre trigo (*Triticum sp.*) y centeno (*Secale sp.*); *X Triticosecale Wittmack* es el nombre genérico actualmente aceptado (Peña y Amaya, 1980).

El presente trabajo pretende aportar información que contribuya a ampliar el conocimiento sobre la respuesta del triticale (cereal que en los últimos años ha sido objeto de múltiples estudios en diversas partes del mundo), al manejo de suelos de ANDO. Además de proporcionar datos que ayuden a aumentar su producción en zonas de temporal, como lo es el Ejido de Mesas de Zacango, en el Estado de México.

3. REVISION BIBLIOGRÁFICA

3.1. CEREALES

Los cereales son los frutos de algunas plantas pertenecientes a la familia de las gramíneas. El descubrimiento de los cereales desde hace unos 10 000 a 15 000 años a.C., hizo que el hombre se convirtiera en sedentario asignándose como lugares de origen China, Asia central, cercano Oriente, Mediterráneo, la planicie Mesoamericana y América del Sur, su evolución como cultivo está ligada al desarrollo sociológico humano.

Estos cereales han sido aprovechados por el hombre para su alimentación de distintas maneras; cocidos, enteros, molidos para obtener harina con la cual elabora panes, tortas, tortillas y otros.

Los géneros *Aegilopus*, *Agropyron*, *Haynaldio*, *Triticum* y *Secale*, se agrupan dentro de la subtribu *Triticineae*. Esta subtribu llama la atención por la importancia económica del *Triticum*, *Secale* y en menor grado *Agropyron*; además por los problemas filogenéticos que plantea este género taxonómicamente emparentado (Junco, 1986).

J. Percival (citado por Junco 1986), en Inglaterra postuló que el *Triticum aestivum*, trigo con el que se elabora el pan, contenía 42 cromosomas y que provenía del trigo *Durum* y el pasto *Aegilopus*, los cuales en algún momento del pasado se habían cruzado y duplicado sus cromosomas de forma natural, dando lugar a un híbrido fértil.

Por otra parte, el cultivo del centeno data de aproximadamente cuatro siglos a.C. en Alemania y más tarde en

Europa Meridional (Vavilop, 1926, citado por Junco, 1986), el centeno cultivado desciende del "ryegrass", que se encontraba como hierba en los cultivos del trigo y cebada.

El centeno (*Secale cereale*), es el segundo cereal de importancia en cuanto a la elaboración del pan, aunque en este aspecto es el primero en los países escandinavos y algunos otros de Europa Oriental.

3.1.1. CLASIFICACION TAXONOMICA DEL TRIGO CENTENO Y TRITICALE

	TRIGO	CENTENO	TRITICALE
REINO	Vegetal	Vegetal	Vegetal
DIVISION	Tracheophyta	Tracheophyta	Tracheophyta
SUBDIVISION	Pteropsidae	Pteropsidae	Pteropsidae
CLASE	Angiosperma	Angiosperma	Angiosperma
SUBCLASE	Monocotiledonea	Monocotiledonea	Monocotiledonea
GRUPO	Glumiflora	Glumiflora	Glumiflora
ORDEN	Graminales	Graminales	Graminales
FAMILIA	Graminae	Graminae	Graminae
TRIBU	Triticaceae	Triticaceae	Triticaceae
GENERO	<i>Triticum</i>	<i>Secale</i>	<i>Triticosecale</i>
ESPECIE	<i>aestivum</i>	<i>cereale</i>	<i>Wittmack</i>

3.2. TRITICALE

3.2.1. ORIGEN

El triticale es un cereal obtenido por la combinación del genoma del trigo y centeno. Dependiendo, ya sea del trigo tetraploide ($2n = 4x = 28$ cromosomas), o del trigo hexaploide ($2n = 6x = 42$ cromosomas), son obtenidos los triticales hexaploides y los triticales octaploides

respectivamente. En términos de su composición genómica ambos triticales se representan:

Triticale hexaploide ($2n = 6x = 42$ cromosomas).
trigo tetraploide + centeno = triticales hexaploide.

(AABB) (RR) (AABBRR)

Triticum turgidum L.

Triticale octaploide ($2n = 8x = 56$ cromosomas).
trigo hexaploide + centeno = triticales octaploide.

(AABBDD) (RR) (AABBDDRR)

Triticum aestivum em. Thell.

(Junco, 1986).

3.2.2. HISTORIA

La primera descripción de triticales fué hecha por el científico escocés Wilson en 1875, quien reportó a la Sociedad Botánica de Edimburgo que trabajando con cruzas entre trigo (*Triticum aestivum* L.), como el progenitor femenino y el centeno (*Secale cereale* W.), como masculino, tuvo éxito en obtener dos híbridos estériles. En 1888 entre una población de cruzas entre trigo y centeno, llevadas a cabo por el germano Rimpau, encontró una espiga con 15 semillas fértiles, de las cuales 12 germinaron como plantas fértiles de fenotipo uniforme, siendo los primeros verdaderos triticales, y no fué hasta 1891 que se obtuvo el primer híbrido fértil con características intermedias entre sus progenitores. Años más tarde, en 1936, Müntzing demostró que se trataba de un triticales puro con 56 cromosomas (Aguilar, 1984).

El descubrimiento de interferencia del alcaloide colchicina en la división celular, hecho por Blakeslee y Avery en 1937, trajo como consecuencia un impulso muy grande en el

mejoramiento del triticale. Este alcaloide induce la duplicación de los cromosomas en los híbridos interespecíficos, tornándose parcialmente fértiles. Así el triticale empezó a tomar importancia como cultivo potencial (Baier, 1986).

En 1954, la Universidad de Manitoba en Canadá inició un programa de mejoramiento de triticale y fué en 1964 cuando empezó un programa cooperativo entre esta Universidad y el Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT), con sede en México, donde se intercambié información y germoplasma con la finalidad de mejorar y acelerar la producción de germoplasma más variado (Peña y Amaya, 1980).

3.2.3. CARACTERÍSTICAS GENERALES

Desde 1974 se han desarrollado líneas de triticales que poseen amplia adaptabilidad al medio, exhibiendo tolerancia a suelos ácidos y con acumulaciones tóxicas de fierro y aluminio para la planta.

En cuanto a la estructura del grano de triticale, estudios al microscopio muestran que las características básicas de la superficie del grano son similares a las del grano del trigo, centeno y cebada.

Los granos de triticale son característicamente más largos que los granos de trigo, el color es más amarillento. Observaciones al microscopio de cortes longitudinales del grano de diferentes cereales, indican que la estructura, distribución y tamaño de las diferentes capas de pericarpio y aleurona son básicamente iguales en trigo, centeno y triticale.

Tampoco se encuentra gran diferencia en cuanto a la distribución de almidón y proteína en la célula de endospermo de los tres cereales (Peña y Amaya, 1980).

El grano de triticale tiene una forma peculiar, ovoide, similar a la forma del trigo conforme se va llenando; y su tamaño es de 6 a 8 mm. En el extremo apical se encuentra un penacho de finos pelos denominada barba; a lo largo de la cara ventral del grano se encuentra un repliegue o surco también llamado arruga, el cual es un arrollamiento de la aleurona y todas las capas envolventes. En la zona de la arruga hay una zona vascular fuertemente pigmentada. El grano arrugado de triticale presentó un color oscuro, el cual disminuyó conforme se logró el llenado del grano (Junco, 1986).

Durante la formación del grano, los cambios estructurales del pericarpio, aleurona y endospermo de trigo, centeno y triticale también son similares (Dronzek, et. al. y Simond, citados por Peña y Amaya, 1980).

Con relación al valor nutricional, se ha encontrado que la calidad nutricional del triticale, es en muchos casos superior a la del trigo, maíz, cebada y centeno. Y conforme a transcurrido el tiempo y se han mejorado las características génicas del grano, se ha incrementado, también, el porcentaje de proteína. Actualmente la mayoría de las líneas avanzadas de triticale tienen un valor protéico que fluctúa entre 10 y 15 %.

Pruebas biológicas y químicas han indicado que la superioridad de la proteína de triticale se debe principalmente a contenidos superiores de lisina y aminoácidos azufrados, y en menor grado, a un balance de

aminoácidos mejor. Por ésto es generalmente aceptado que el triticale, como alimento para humanos y para animales provee una calidad nutricional ligeramente mayor que algunos otros cereales.

Se espera que mediante la manipulación genética, el contenido de lisina aumente en triticale, ya que al igual que otros cereales, éste sigue siendo deficiente en dicho aminoácido (Peña y Amaya, 1980).

También se ha comprobado que el contenido de fósforo en éste cereal es más alto que en cualquiera de sus especies progenitoras (4.5 g/Kg. de materia seca, en comparación con 3.8 g/Kg. del trigo y 4.1 g/Kg. del centeno), ésto lo convierte en un elemento conveniente en la alimentación de cerdos y gallinas, animales cuyas necesidades de fósforo son considerables.

Cuando se utiliza como cultivo forrajero se ha encontrado que el triticale tiene un potencial de forraje y contenido protéico superior al de la avena, y rendimientos de ensilaje y forraje más altos que los de trigo, centeno, cebada y avena. Se ha informado que la pastura de triticale dura más que la del centeno, pruebas de pastoreo con novillos añales señalaron aumentos diarios medios en peso equivalentes a 0.72 Kg. en animales alimentados con triticale, en comparación con 0.69 Kg. en los que comían trigo y 0.59 Kg. en los alimentados con centeno.

Aunque algunos estudios alimentarios en los que el triticale fué el cereal básico en la dieta animal, se ha informado que el grano no produjo respuestas congruentes con su contribución de nutrientes, esto indica la presencia de factores antinutritivos presumiblemente heredados de sus

progenitores, por lo que se sugiere proceder con cautela cuando se use triticale como forraje. Sin embargo, muchas de las discrepancias en los resultados pueden atribuirse a la gran variación genética de las muestras que se utilizaron. No obstante, las calidades nutritivas del triticale son tales que, combinadas con sus diversos usos y capacidad de desarrollarse en ambientes difíciles, hacen de este cereal una opción atractiva para los productores de todo el mundo (Varughese, 1987).

Han sido estudiadas las características de molienda de diferentes tipos de triticale, encontrando en todos ellos una deficiente calidad, y rendimientos harineros de entre 50 y 69 % comparados con 66.8 a 73 % de rendimientos harineros producido por trigo. El bajo rendimiento harinero del triticale fue atribuido a los bajos pesos hectolítricos, como resultado de la abundancia de granos arrugados; esto fue problema hasta hace algunos años, hoy en día el triticale ha aumentado el rendimiento por hectárea y de granos llenos, en el CIMMYT se han logrado rendimientos harineros hasta del 73%, con un promedio del 65%.

En cuanto a la calidad para panificación, se observó que éste cereal no toma la calidad y la cantidad del gluten, que hace del trigo un cereal de alto valor comercial. No obstante, también se observó que al utilizar harinas de triticale en mezclas con harinas de trigo en proporción 20:80, las características de panificación fueron mejores comparadas con harinas de 100 % de trigo. Por esto se ha sugerido que las harinas de triticale proveen la actividad enzimática ausente del trigo, necesaria para obtener buenas condiciones de fermentación durante el proceso de panificación.

En la actualidad, la calidad de panificación de triticale ha mejorado gracias a la combinación y selección de líneas

obtenidas de cruzas trigo-triticale. Este avance se debe principalmente a un incremento en el contenido de gluten, así como a una disminución de niveles de actividad enzimática que perjudicaban la producción de los diferentes productos de panificación.

En diferentes regiones del mundo, el triticale empezó a ser más interesante desde el punto de vista comercial. Se espera que con la mejora genética del cultivo, resultado de una amplia cooperación internacional, en un futuro no muy lejano, el triticale se incorporará a los cereales actuales que se cultivan a gran escala para proveer al hombre de una nueva fuente de nutrimentos (Peña y Amaya, 1980).

3.3. SUELOS ÁCIDOS

3.3.1. DESCRIPCIÓN

Se ha estimado, con base al Mapa de Unidades de Suelos de la República Mexicana, que los suelos ácidos de México constituyen el 6.7 % del territorio nacional, (13'128,300 Ha.) (Dirección General de Agrología, 1973). Del total de estos suelos la mayor parte corresponde a ANDOSOLES (8'373,000 Ha.) (Nuñez, 1985).

Los suelos considerados en esta estimación se ubican principalmente, en el Eje Neovolcánico (ANDOSOLES) y en la zona comprendida por el Sur de Veracruz, Tabasco y Chiapas (GLEYSOLES, CAMBISOLES, ACRISOLES y NITOSOLES). Además de éstos suelos, cuyo valor de pH es bajo y que sostienen una vegetación que normalmente es tolerante a la acidez, se deben considerar los suelos de pH neutro o muy ligeramente ácido que ha causa de los procesos naturales de intemperismo y

erosión o de una intensa explotación agrícola (adición de fertilizantes de residuo ácido, excesiva extracción neta de bases por los cultivos), generalmente decrece su porcentaje de bases cambiables, se reduce su pH y consecuentemente se tornan menos valiosos como sostén de buenos cultivos.

En general se acepta que la acidez del suelo puede ser dividida en dos tipos; la activa, o sea la concentración de iones hidrógeno que pueden ser liberados por diversos tipos de materiales del suelo cuando se remueve H^+ de la solución del mismo o cuando se altera el equilibrio del sistema suelo-solución por la adición o sustracción de agua, sales, ácidos o bases. Un tipo de acidez potencial que fácilmente puede contribuir a la acidez activa es la intercambiable, la cual comprende principalmente al Aluminio y al Hidrógeno intercambiable. En numerosos trabajos se ha demostrado que el Aluminio es el principal componente de la acidez intercambiable. Además en ciertos suelos, existe un alto contenido de ácido aún después que el Aluminio intercambiable ha sido removido; esta acidez está asociada con la materia orgánica o con ciertos minerales y se le denomina acidez no intercambiable.

El valor de pH del suelo indica la magnitud de la acidez activa, esto es, la concentración de hidronios en la solución en equilibrio con la fase sólida del suelo, pero no constituye una medida de la acidez potencial, la cual podía tener una magnitud muy diversa para cualquier valor dado de pH. Por esta razón el pH del suelo por sí mismo, no proporciona suficiente información para interpretar los requerimientos de Calcio (Aguilar, 1987).

3.3.2. CAUSAS DE ACIDIFICACIÓN DEL SUELO

Los suelos son ácidos por una o más de las siguientes razones:

1. Lixiviación a causa de lluvia intensa.
2. Origen del suelo de material ácido.
3. Empleo de fertilizantes formadores de ácido, y
4. Acción microbiológica. (Tamhane, 1978).

Entre los principales inconvenientes de una acidez muy pronunciada están:

- Mala nitrificación y reducción de actividad biológica.
- Medio desfavorable para la absorción de los elementos nutritivos y, en particular el ácido fosfórico, que precipita en forma de Fosfato de Hierro y Aluminio.
- Degradación de la estructura.
- Pobre calidad de forrajes, etc.

La acidificación de los suelos cultivados continua inexorablemente a un ritmo tanto más rápido cuanto más intensivo es el cultivo; por lo cual se debe seguir atentamente la evolución de la acidez del suelo. Independientemente del pH que se considere más apropiado, el problema de la recalificación existe: debe impedirse que el pH descienda por debajo del nivel que se estime adecuado por medio de aportes periódicos de enmiendas calizas y magnésicas (Gros, 1981).

3.4. EFECTOS DEL pH SOBRE EL CRECIMIENTO DE LOS CULTIVOS

El pobre crecimiento de los cultivos en suelos ácidos no se debe significativamente a la alta concentración de H^+ , a menos que el valor del pH sea inferior a 4. Más bien los efectos detrimentes de la acidez del suelo son de tipo indirecto y se deben principalmente a:

- 1) Alta concentración de Aluminio intercambiable o en solución,
- 2) Retención de Fósforo,
- 3) Exceso de Manganeso en solución,
- 4) Deficiencia de Calcio, Magnesio o Molibdeno,
- 5) Reducida actividad microbiológica, y
- 6) Reducida capacidad de intercambio catiónico.

Cada uno de estos factores varía en forma diferente en relación al pH del suelo y a sus componentes, por lo cual no es posible establecer un criterio general y aplicable a todos los suelos, acerca del pH óptimo en relación al desarrollo vegetal (Aguilar, 1987).

Las zonas tropicales altas requieren triticales que sean resistentes a la germinación en la espiga y a numerosas enfermedades y que además presenten mejores pesos hectolítricos. El centeno tiene una gran tolerancia intrínseca a los suelos ácidos y esta característica probablemente sea la causa del mejor desempeño general del triticale en ambientes de suelos ácidos. Por ejemplo en 1983, se compararon 10 de los mejores triticales del CIMMYT con las 10 líneas de trigo harinero más tolerantes al suelo ácido, y el rendimiento de los triticales menos productivos fue superior al del mejor trigo harinero; en zonas de suelo ácido y tierras altas, el triticale es muy prometedor y su cultivo aumentado con rapidez entre los agricultores del Edo. de Michoacán (la variedad Eronga 83) y en Río Grande do Sul en Brasil (Varughese, 1987).

3.5. ANDOSOLES

Los ANDOSOLES son suelos de reacción ácida, de profundidad mediana, tienen una capa superficial negra y gruesa, poseen una textura franca o de migajón. Con frecuencia, se presenta tepetate de textura gruesa y aspera en un horizonte más bajo. Son suelos bien provistos de nutrimentos (Tamhane, 1978).

Los ANDOSOLES se originan en regiones volcánicas, están formados por material volcánico y poseen un horizonte A que puede ser mólico oscuro o úmbrico, seguido de un horizonte B cámbico, este material es muy ligero, menor de 0.85 gr/cc (850 Kg/m^3). Mucho del material es amorfo no bien cristalizado.

El material coloidal se caracteriza por la dominancia de alófano (un silicato de aluminio hidratado amórfico de varias composiciones). Son suelos volcánicos de reciente formación, tienen aproximadamente el 60% de cenizas volcánicas vítricas, llamados ANDOSOLES vítricos; generalmente estos se presentan en regiones áridas. Los ANDOSOLES con un horizonte A mólico son ANDOSOLES mólicos, los que tienen un horizonte A úmbrico son ANDOSOLES húmicos, estos se dan en regiones calientes y húmedas, en los trópicos a altitudes de 1000 m. o más. Si sólo tienen un horizonte A ócrico y un horizonte B cámbico son ANDOSOLES ócricos. La mayoría de los ANDOSOLES son buenos para la agricultura, además los mejores suelos en los trópicos. Particularmente si están formados por material volcánico básico o intermedio. Los ANDOSOLES pueden absorber mucha agua, su C.I.C. es alta (35 a 54 meq/100 g) y poseen un alto contenido de materia orgánica (5 a 20 %). Su fertilidad natural es alta. Muchos ANDOSOLES son muy porosos. Si los campos de ANDOSOLES son irrigados, tienen capas poco permeables de Hierro y de acumulación de Manganeso.

En los trópicos húmedos, el alofano es transformado a metahalosita y finalmente a caolinita, consecuentemente, en regiones volcánicas antiguas se encuentran varios suelos en transición a FERROSOLES. En ANDOSOLES vítricos y algunas veces en ócricos de origen andesítico en trópicos húmedos, se forma una placa dura de cementante silíceo (duripan). Esta es dura cuando se encuentra seca, y frágil cuando esta húmeda, es ligeramente permeable al agua y casi impermeable a las raíces (Buringh, 1979).

La formación de ANDOSOLES se ve favorecida por todos los factores ecológicos que aceleran la alteración y permiten una hidratación y la liberación rápida de los silicatos amorfos preexistentes en la roca madre: grandes superficies de contacto (cenizas), riqueza en Hierro y pobreza en Silice de las lavas (lavas básicas) y clima constantemente húmedo, que permita la conservación de los alofanos liberados.

Los ANDOSOLES se desarrollan particularmente en montañas. Caracterizados por su fuerte humedad, generalmente se hallan recubiertos por bosques o praderas (Duchaufour, 1975).

3.6. ENCALADO

El efecto del encalado es diferente para las distintas clases de suelo. El aumento de pH conseguido mediante esta práctica, tiene influencia directa en la disponibilidad de los nutrientes que requiere la planta para su desarrollo y en las condiciones físicas y biológicas del suelo. La capacidad amortiguadora que regula las variaciones del pH, se encuentra ligada a los compuestos inorgánicos y orgánicos que forman el complejo de cambio, los cuales son responsables del comportamiento que presentan los suelos al encalamiento. Los ANDOSOLES, por tener complejo de cambio dominado por material

amorfo, poseen una capacidad amortiguadora muy grande que requiere aplicaciones de cal mucho mayores que las que se necesitarían para otros suelos minerales, con el objeto de conseguir aumentos determinados en el pH. (Ramos y Aguilera, 1981).

El empleo de cal en suelos ácidos aumenta el rendimiento de la mayoría de los cultivos. Se han llevado a cabo experimentos, que han demostrado que cuando los suelos son muy ácidos (pH de 5.3 a 5.6), la aplicación de cal aumentó en forma importante los rendimientos de cultivos como el maíz, trigo, garbanzo, soya y cacahuete (Aguilar, 1987).

3.6.1. MATERIALES DE ENCALADO

Más del 90 % de la cal agrícola es carbonato de calcio, parte es carbonato de magnesio, parte es calcio y una cantidad mucho menor es óxido de calcio o ceniza de madera.

Los materiales de encalado comunes son:

- a) Piedra caliza cálcica (CaCO_3), o piedra caliza molida
- b) Piedra caliza dolomítica ($\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$), derivada de piedra caliza molida rica en Magnesio.
- c) Cal viva (CaO), o piedra caliza quemada.
- d) Cal hidratada (apagada) ($\text{Ca}(\text{OH})_2$), que proviene de cal viva, que ha cambiado a la forma hidroxida al reaccionar con el agua.
- e) Greda (CaCO_3), que resulta de la piedra caliza blanda.
- f) Escoria de altos hornos (CaSiO_3) y (Ca_2SiO_4).

Algunas escorias subproducto de la industria del hierro contienen fósforo y una mezcla de CaO y $\text{Ca}(\text{OH})_2$. Este producto se llama escoria básica y se valora en mayor parte por su contenido de fósforo.

Algunas veces se agrega yeso (CaSO_4), al suelo para suministrar Calcio, pero no se considera material de encalado.

Todos estos materiales de encalado tienen valor para proporcionar Calcio o Calcio y Magnesio, y a la vez que elevan el pH hacen menos tóxico al Aluminio, Manganeso y Hierro. La selección del material de encalado se determina por el costo en relación con su pureza, la facilidad de manejo y la finura que determina la velocidad con la que la cal reacciona en el suelo (Tamhane, 1978).

3.6.2. EFECTOS BENÉFICOS DE LA CAL SOBRE EL SUELO

Se dice que los suelos ácidos no son muy productivos. En algunos casos para aumentar su productividad, el encalado es un primer paso, por las siguientes razones:

1. La cal hace más obtenible al fósforo. Esto sucede principalmente porque en los suelos muy ácidos el fósforo es fijado por el hierro y el aluminio solubles. El encalado reduce la solubilidad de ambos y por consiguiente se retiene menor cantidad de Fósforo en estas formas insolubles e inobtenibles para las plantas.

2. La cal hace más eficaz al potásio en la nutrición de la planta. Cuando es abundante, todas las plantas absorben más cantidad de potásio del que necesitan. La cal reduce la absorción excesiva de potásio. Desde los puntos de vista nutritivo y económico ésta es una buena práctica. Cuando abunda la cal, las plantas consumen menos potásio y más calcio. Dado que en las raciones animales habitualmente sobra potásio y falta calcio, es aconsejable aumentar el porcentaje de este último en las plantas. Desde el punto de vista

económico, la práctica de encalado es aconsejable, porque la planta absorbe más calcio barato y menos potásio caro.

3. La cal aumenta la disponibilidad de nitrógeno al apresurar la mineralización de la materia orgánica.

4. Las bacterias benéficas del suelo son estimuladas en su desarrollo por suministros adecuados de cal en el mismo.

5. El aluminio, el manganeso y el hierro perjudiciales se tornan insolubles e inofensivos cuando el suelo está bien abastecido de cal.

6. Un buen programa de encalado durante un periodo de años mejora la condición física del suelo, ya que reduce su densidad de masa aumenta su capacidad de infiltración e incrementa su velocidad de filtración de agua.

7. Siguiendo un programa adecuado de encalado hay menos erosión del suelo. Este resultado se debe, fundamentalmente, al vigor y densidad mayor de las plantas, después de la aplicación de cal y a la mayor capacidad de infiltración de agua que reduce el escurrimiento e incrementa la cantidad de agua disponible para los cultivos (Tamhane, 1978).

8. Existe aumento de iones OH y disminución de iones H en la solución del suelo. Hay disminución de la toxicidad de Al, Mn y Fe; regulación de la disponibilidad de P y Mo; aumento de la disponibilidad de Ca y Mg; y aumento del porcentaje de saturación. (Cajuste, 1977).

3.6.3. EFECTOS NEGATIVOS DEL SOBREENCALADO

1. Destrucción de la estructura porosa granular que es característica de los suelos lateríticos.
2. Aumento de la velocidad de descomposición de la materia orgánica que acelera su pérdida.
3. Inmovilización o reducción de la disponibilidad de algunos elementos nutritivos como Fe, Mn, Zn, B y Cu y deficiencia de los mismos.
4. Si se usa sólo CaCO_3 , se reprime la absorción de Mg a causa del antagonismo Ca/Mg.
5. Afecta adversamente la relación Ca/K y puede inducir deficiencias de K.

La práctica habitual de encalado consiste en un término medio entre lo que es más eficaz y lo que es más barato por tonelada de cal aplicada. La cal puede aplicarse con provecho en cualquier etapa del sistema de cultivo, pero normalmente es mejor aplicarla varios meses antes del cultivo que más lo necesite.

La cal debe ser aplicada según los requerimientos del suelo, aplicar menos cal a un campo que la que necesita, no dará ningún provecho y del mismo modo, encalar un campo que no lo requiere, no producirá ningún beneficio y puede ser perjudicial. Es aconsejable que la cal recién extendida se mezcle bien con toda la capa de labranza. En suelos muy ácidos, se recomienda que la mitad de la dosis se aplique antes de arar y la otra mitad se aplique y se revuelva después de arar. El daño por exceso de encalado puede reducirse mediante la aplicación de cantidades grandes de

paja y estiércol, corta de abono verde, residuos orgánicos en descomposición. fertilizante de Fósforo, abono o una mezcla de elementos secundarios (Fassbender, 1975).

3.7. FERTILIZANTES

El interés por la producción y empleo de fertilizantes químicos, naturales o sintéticos, surgió desde el tiempo en que Liebig en su " Ley de Restitución " señaló que para el mantenimiento de la fertilidad del suelo era necesaria la reposición de los nutrimentos que los cultivos extraían del suelo (Tamhane, 1978).

El progreso rápido en el desarrollo de los fertilizantes químicos, se presentó después del descubrimiento de los nutrimentos vegetales más esenciales, más o menos hace un siglo. Ahora, se ha estimado que cuando menos una cuarta parte del suministro total de alimentos para el hombre se puede atribuir al uso de fertilizantes químicos.

Los fertilizantes, en un amplio sentido, incluyen a todos aquellos materiales que se agregan a los suelos para suministrar ciertos elementos esenciales al crecimiento de las plantas. No obstante, el término fertilizante usualmente se refiere a los fertilizantes químicos. Estos no contienen nutrimentos vegetales en forma de elementos, como Nitrógeno, Fósforo o Potásio, sino que estos se encuentran en compuestos que suministran las formas iónicas de tales sustancias que las plantas pueden absorber (Foth, 1975).

Para su desarrollo, las plantas requieren dieciséis elementos esenciales; estos son: Carbono , Hidrógeno, Oxígeno, Nitrógeno, Fósforo, Potásio, Calcio, Magnesio, Zinc, Molibdeno Azufre, Cobre, Hierro, Manganeso, Boro y Cloro. Es

probable que en un futuro próximo puedan agregarse el Sodio y el Cobalto a esta lista.

Los tres primeros elementos los obtiene la planta del aire o del agua. El Nitrógeno, el Fósforo y el Potasio son necesarios para la planta en grandes cantidades y por lo tanto, se designan como nutrimentos principales o primarios, y sus necesidades se satisfacen mediante el empleo de fertilizantes comunes de Fósforo, Nitrógeno y Potasio. En los suelos ácidos es necesario el aporte de Calcio y Magnesio. Algunos suelos son también muy pobres en Azufre, pero de ordinario la cantidad de este, suministrado en el superfosfato, es suficiente para la mayoría de las necesidades del cultivo (Tamhane, 1978).

Al resto de los nutrimentos esenciales requeridos por la planta se les conoce como micronutrimentos, y generalmente son adicionados en el follaje de las plantas.

En el presente trabajo se utilizarán los fertilizantes, Urea, como fuente de nitrógeno (siendo en todos los tratamientos constante la dosis determinada), y Superfosfato de Calcio Simple, como fuente de fósforo.

3.7.1. UREA

La Urea [$\text{CO}(\text{NH}_2)_2$], es una sustancia cristalina blanca que contiene un 45 % más o menos, de Nitrógeno (la Urea pura contiene el 46.65 % de Nitrógeno). Este contenido es superior al de cualquier otro fertilizante nitrogenado sólido.

La aplicación de Urea al suelo crea una pequeña pérdida de Calcio del suelo. La tendencia a producir efecto ácido es

mucho más pequeña que la originada por el sulfato de amonio y el nitrato de amonio.

La Urea es un fertilizante concentrado; sus concentraciones altas pueden ser dañinas para las raíces de las plantas si su distribución es desigual. Se aconseja que la Urea se mezcle con cenizas o una cantidad pequeña de tierra para facilitar una distribución pareja a fin de evitarles un peligro o lesión a las plantas (Tamhane, 1978).

3.7.2. SUPERFOSFATOS

La fijación de fosfatos en suelos muy ácidos es elevada, y los efectos benéficos de enmiendas calcáreas y/o silicatadas o ambos estarían orientados hacia la disponibilidad de fosfatos, control de la acidez, disminución de la toxicidad del Al^{+3} y el aumento de bases cambiables. (Ramos y Aguilera, 1981).

La fijación de fósforo consiste en el paso de los fosfatos aplicados al suelo como fertilizante a formas menos solubles que no pueden ser absorbidos por las plantas y que al mismo tiempo son objeto de numerosas reacciones e interacciones con las fases sólidas y líquidas del suelo. Por un lado las cargas electropositivas del complejo coloidal del suelo, absorben iones $H_2PO_4^-$ y HPO_4^{2-} en la superficie de los mismos y por otro, debido a la presencia de iones Ca^{+2} , Al^{+3} y Fe^{+3} en la solución del suelo se produce la precipitación de fosfatos simples o complejos de baja solubilidad. Algunos trabajos han indicado que la fijación presenta correlaciones con varias características del suelo como la materia orgánica, las arcillas, el Al libre y el intercambiable, óxidos e hidróxidos de Fe y Al y alófono. Estos son en principio los

factores que gobiernan la fijación del P en los suelos. (Bornemisza e Igue, 1967; Fassbender, 1966. y 1975).

Para el caso de los suelos derivados de materiales volcánicos, la magnitud del fenómeno de retención del P ha resultado ser acentuadamente mayor que la que se presenta en otros tipos de suelos. Es así como en la literatura se encuentra información sobre la gran capacidad de fijación de P de los suelos derivados de cenizas volcánicas de Hawai, Japón, Nueva Zelanda, Chile, Costa Rica y México. (Birrel, 1964; Fassbender, 1968 y 1969; Kanwar, 1966; Martini, 1969; Monteilh y Sherman, 1972 y Turrent, 1963 citados por Cajuste, 1977).

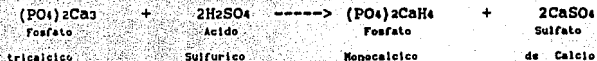
Los superfosfatos son los fertilizantes fosfáticos más importantes en todo el mundo. Esto se debe al hecho de que su fosfato se halla en forma soluble y es de acción rápida.

En el mercado se encuentran tres tipos principales de superfosfatos:

- a) Superfosfato simple.
- b) Superfosfato enriquecido y
- c) Superfosfato concentrado o triple.

Como ya ha sido mencionado, en este trabajo se uso superfosfato de calcio simple.

El Superfosfato simple, es el resultado del ataque de los fosfatos naturales con el ácido sulfúrico, que se combina con la cal, dando sulfato de cal, según la fórmula:



El Superfosfato simple es una mezcla de fosfato monocalcico (16 a 24 % de P_2O_5 soluble en agua y citrato) y de sulfato de cal o yeso aproximadamente al 50 % en peso.

Por otro lado, contiene de un 9 a un 12 % de azufre y el 28 % de CaO , así como pequeñas cantidades de microelementos (Fe , Zn , Mn , B , Mo). El Superfosfato da 18 % P_2O_5 es el más corriente.

Los Superfosfatos están particularmente indicados en todas las tierras provistas normalmente de cal. Se les ha acusado, equivocadamente, de ser responsables de la acidificación de los suelos cultivados; sin embargo, experiencias de larga duración han demostrado que, incluso con dosis fuertes, el Superfosfato no tiene influencia sobre el pH del suelo. (Gros, 1981).

3.8. ABONOS ORGÁNICOS

La principal diferencia entre los fertilizantes minerales y los abonos orgánicos es que los primeros, en la mayoría de los casos son inmediatamente aprovechables, mientras que los segundos se vuelven aprovechables gradualmente, requiriéndose a veces algunos años. Además, los abonos orgánicos presentan deficiencias en los tres nutrimentos esenciales (N-P-K); como las enormes cantidades de fertilizantes orgánicos que se necesitan en los cultivos, raramente pueden obtenerse, no se puede prescindir de las aplicaciones suplementarias de Nitrógeno, Fósforo y Potasio en la forma mineral si se quieren obtener óptimos resultados. Además, los requerimientos máximos de las plantas por estos tres elementos varían de una época a otra y también con el tipo de planta; para tener la completa seguridad de que cada uno de

estos elementos se encuentre en las proporciones correctas, muchas veces es preferible emplear fertilizantes minerales que abonos orgánicos (Teuscher y Adler, 1987).

El estiércol de granja consiste en los componentes, sólido y líquido. El excremento sólido, en promedio, contiene la mitad o más del N, casi la tercera parte del K y aproximadamente todo el P que son excretados por el animal. El excremento sólido también contiene grandes cantidades de lignina. En otras palabras, una gran proporción de materia orgánica de las heces es humificada; se forma un compuesto similar al humus que se forma en los suelos.

La fracción líquida u orina contiene aquellos nutrimentos para las plantas que han sido digeridos y utilizados en el cuerpo animal y excretados posteriormente. Todos los nutrimentos para las plantas presentes en esta fracción, son solubles y, por lo tanto, son directamente aprovechables por las plantas o se transforman con rapidez en solubles. La porción líquida del estiércol difiere de la sólida no sólo en cuanto a la aprovechabilidad de los nutrimentos, si no también, en su bajo contenido de Fósforo y su alto contenido de Potasio y Nitrógeno (Foth, 1975).

La experiencia sugiere que la aplicación de grandes cantidades de estiércol, superiores a las 10 ton. mét./ha. es antieconómica, siendo más práctico aplicar de 8 a 10 ton. mét./ha. y emplear fertilizantes inorgánicos como suplemento (Teuscher y Adler, 1987).

4. OBJETIVOS

OBJETIVOS GENERALES

Evaluar el desarrollo de un cultivo de triticale (*Triticosecale* X Wittmack) en un suelo de ANDO, bajo distintas condiciones de encalado.

Determinar dosis óptima económica de fertilización y abonamiento en suelos de reacción ácida, para el cultivo del triticale.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Determinar dosis de encalado, por el método de acidez hidrolítica, para corregir el problema de acidez en el suelo estudiado.

Determinar la dosis óptima de cal, fertilizante fosfatado y abonamiento, mediante evaluación de la producción del cultivo. (Altura de la planta, longitud de la espiga, rendimiento de grano y rendimiento de forraje).

Evaluar la asimilación de fósforo por las plantas en los diferentes tratamientos, mediante análisis foliar.

Determinar la disponibilidad de fósforo en el suelo sujeto a los diferentes tratamientos de encalado, abono y fertilizante, por el procedimiento de Troug, (1930),

Determinar los niveles de aluminio intercambiable bajo el manejo de los diferentes tratamientos de encalado.

Cuantificar el rendimiento de grano y forraje para cada tratamiento de cal, fertilizante y abono.

Evaluar la cantidad de proteína del grano de triticale, con base al análisis de nitrógeno total y factor de corrección para triticale.

5. HIPÓTESIS

De acuerdo con Liebig, el desarrollo y rendimiento de cualquier cultivo esta determinado por el nutrimento que se encuentre por debajo de los niveles requeridos. Como es sabido, el pH tiene gran influencia en la disponibilidad de nutrimentos, así en un suelo ácido, dependiendo del grado de acidez, ciertos nutrimentos como el fósforo, forman compuestos insolubles o que se pierden por excesiva solubilidad presentandose deficiencias en las plantas.

Pensamos que al aplicar cal en una concentración apropiada, mejoraremos el pH, favoreciendo la liberación de nutrimentos insolubilizados, y al aplicar abono y fertilizante los nutrimentos aportados permaneceran disponibles para la planta, incrementándose la fertilidad del suelo y con ello el rendimiento del triticale, cultivo que en este estudio utilizamos como bioindicador.

6. DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO

El área del Edo. de México está limitada por las coordenadas 18°27' a 20°18' de latitud Norte y 98°37' de longitud Oeste (Gobierno del Edo. de México, 1971 citado por Melo, y Contreras, 1974), encontrándose en una de las zonas más elevadas del país, dentro de la mesa central, pues cerca del 70 % de su territorio alcanza alturas superiores a 2000 m.s.n.m., su territorio tiene 21 456 Km² que representan el 1.09 % en relación a la superficie nacional (Dirección General de Estadística, 1971 citado por Melo y Contreras, 1974), por lo que se considera una de las entidades federativas más pequeñas.

Geológicamente el área que ocupa el Edo. de México, corresponde principalmente el Cenozoico medio y superior volcánico, Pleistoceno y Reciente, se identifican suelos residuales, aluviones y tobas alteradas (según Carta Geológica del Edo. de México y Distrito Federal, 1971 citado por Melo y Contreras, 1974).

Debido a la actividad volcánica y diversos movimientos tectónicos de épocas pasadas, la zona del Edo. de México presenta en su mayor extensión una fisonomía accidentada que se refleja en los edificios topográficos más elevados del país.

De acuerdo con la clasificación climática de Köppen modificada por García (1977), la entidad se encuentra sujeta a cinco condiciones climáticas que son: AW-(clima cálido subhúmedo con lluvias en verano); (A)C-(clima semicálido subhúmedo con lluvias en verano); BS-(clima templado semiseco con lluvias en verano); C(W)-(clima templado subhúmedo con lluvias en verano) y E-(clima frío). Sin embargo, estos

climas experimentan cambios según las características particulares del terreno, ya que las elevaciones y depresiones alteran el clima fundamentalmente y constituyen microclimas en los que se desarrollan comunidades bióticas que difieren entre sí.

De las condiciones anteriores el clima templado subhúmedo se manifiesta sobre el 65 % aproximadamente, de la superficie del estado.

Desde el punto de vista hidrográfico la entidad a través de la Cordillera Neovolcánica contribuye al nacimiento de la Cuenca del Lerma Santiago y a la formación del río Balsas, consideradas como las redes hidrológicas más importantes en México, tanto por su extensión, como por la utilidad de ellas derivada. La del Lerma-Santiago tiene especial interés para la entidad, pues nace en ella y cruza su territorio en dirección Sureste-Noreste, beneficiando actividades agropecuarias que se realizan en planicies marginales al río Lerma.

Las prácticas agrícolas o ganaderas, presentan graves problemas para su óptimo rendimiento, sobre todo por las condiciones de suelo y clima, pero ello no ha impedido que tales prácticas se realicen con cierta intensidad, siendo posible observar condiciones naturales completamente modificadas y en ocasiones perdidas. La explotación de estas prácticas agrícolas tiene baja productividad, hay un incremento continuo de nuevas áreas para cultivo y existe una indefinida dependencia a los fertilizantes para mantener una producción constante.

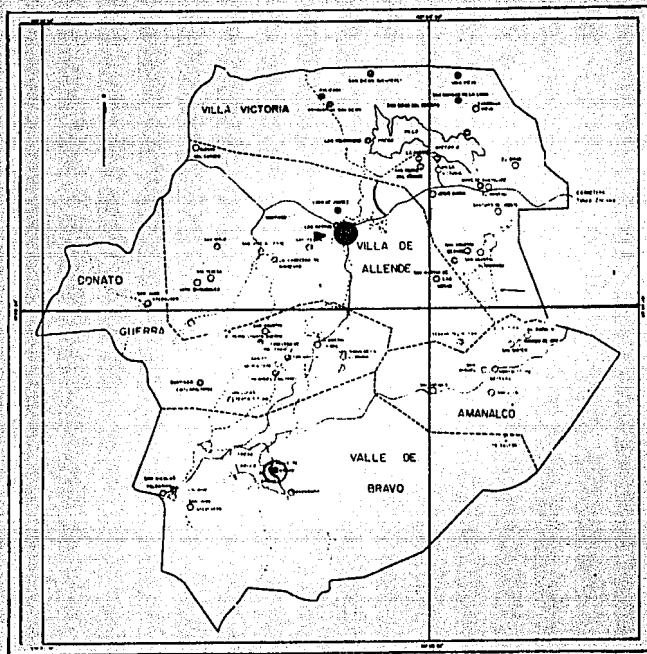
La explotación agrícola basada fundamentalmente en el monocultivo del maíz, su siembra en laderas pronunciadas, el agotamiento del suelo y la acción eólica y pluvial, producen

pérdidas de hasta 200 Kg. por hectárea en cada nueva cosecha; ante esa situación el campesino tiene ante sí dos posibilidades, abrir nuevas áreas de cultivo o buscar otras fuentes de trabajo (Melo y Contreras, 1974).

6.1. LOCALIZACIÓN Y DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE TRABAJO

El área de trabajo se localiza en el ejido de Mesas de Zacango del pueblo de San Ildefonso, municipio de San José Villa de Allende, distrito de Valle de Bravo, del Edo. de México. El municipio, se encuentra colindando al Norte con Villa Victoria, al Sur con Valle de Bravo, al Este con Amanalco de Becerra y al Oeste con Donato Guerra (Fig. 1).

Fig. 1 Localización geográfica del área de estudio con respecto a Valle de Bravo, Edo. de México.



Valle
de Bravo ○

E.A.V.S. "Ing. Luis
G. Macías Arellano" ●

Parcelas de
Experimentación ▶

Escala Aprox. 1:500 000 (Melo y Contreras, 1974)

Por la carretera México-Guadalajara vía Toluca, se llega a una desviación sobre el KM. 124, que conduce a Valle de Bravo; en esta carretera y a la altura del Km. 5, se encuentra el sitio de entrada a la Estación de Aprovechamiento de la Vida Silvestre "Ing. Luis G. Macías Arellano", la cual se tiene que cruzar de Este a Oeste para llegar a la zona de trabajo, que se encuentra aproximadamente a 500 m. de una puerta lateral de la estación.

La zona está situada en la Cordillera Neovolcánica, sobre la Sierra de Zitácuaro.

Según la clasificación de Köppen modificada por García (1977), a esta zona le corresponde un clima templado subhúmedo con lluvias en verano (CW).

Los meses más fríos del año son diciembre, enero y febrero, durante los cuales se registran heladas cuya intensidad aumenta en algunas ocasiones, y en consecuencia, durante las primeras horas de la mañana se observa un manto de escarcha que cubre parcialmente la vegetación. Las temperaturas mínimas oscilan entre -3°C a -5°C mientras que las máximas alcanzan valores de 20°C y en ocasiones un poco más (Melo y Contreras, 1974).

Para la zona se reportan ANDOSOLES húmicos (Carta Edafológica Morelia E14-1 escala 1:250 000, 1983).

Trabajos anteriores han mostrado que los suelos de la zona, reflejan una gran semejanza de un sitio a otro, en lo que se refiere a sus propiedades físicas y químicas. Sin embargo se puede hacer una caracterización general para estos suelos:

Son suelos ácidos, sus pH's van de 4.7 a 6.8; con gran contenido de materia orgánica en la capa superficial (2.16 %

a 28.10 %), y una gruesa capa de hojarasca que protege al suelo de la erosión. Su textura es adecuada para que se desarrollen las plantas, ya que son suelos francos. Tienen densidades bajas, lo que indica que no están compactados y que no existe dificultad para que se dé la penetración radicular de las plantas. Su C.I.C. suele ser alta (Ocegueda, 1989).

A la zona corresponden rocas ígneas: Andesitas y Basaltos (Carta Geológica Villa de Allende E14-A36 escala 1:50 000. Cetenal, 1975). La vegetación predominante en la zona es de Bosque de Pino-Encino (Carta Uso de Suelo y Vegetación Morelia E14-1 escala 1:250 000, 1984).

El núcleo rural de la zona, aprovecha el suelo para fines agrícolas, en especial para cultivo de maíz, siendo una de las principales bases económicas, aunque también el cultivo de este producto ha ocasionado pérdidas constantes en el valor de la producción, a pesar del uso de fertilizantes.

La escasez de pastizal natural obliga, por así decirlo, a que el pastoreo se realice en áreas boscosas, o en aquellas superficies agrícolas abandonadas, donde se implanta generalmente una vegetación herbácea y arbustiva que sirve de forraje al ganado, lo que ocasiona la destrucción de estratos inferiores del bosque, impidiendo a éste su regeneración. Por otra parte el sobrepastoreo, aunado a las fuerzas eólicas y pluviales, va desgastando la capa fértil del suelo, provocando tolvaneras y acarreamo ese material en ocasiones hasta depósitos acuíferos, que al sedimentarse como en el caso de la Presa Villa Victoria, reduce su capacidad volumétrica y su riqueza biológica (Melo y Contreras, 1974).

7. MATERIALES Y MÉTODOS

7.1. MATERIALES UTILIZADOS

El estudio se desarrolló en un suelo de ANDO clasificado por CETENAL (Carta Edafológica E14-1), como ANDOSOL húmico.

La dimensión total del terreno es de 1025 m²., de forma rectangular orientada de oeste a este, con una pendiente ligera y mínima pedregosidad (Fig. 2). Anteriormente la parcela fue usada para cultivar maíz.

La semilla utilizada fue triticale Tarasca 87, variedad de primavera; con una densidad de siembra de 160 Kg./Ha.

Como mejorador de la acidez del suelo se usaron 979.02 Kg./Ha. de cal común (Ca(OH)₂), cantidad determinada por el método de acidez hidrolítica (Kaurischev, 1980).

Se utilizó como fertilizante nitrogenado una dosis constante de Urea para cada uno de los tratamientos (60 Kg./Ha.*).

Como fuente de fósforo se usó superfosfato de calcio simple (SFCS) y el abono orgánico empleado fue estiércol de borrego.

El diseño de tratamientos se hizo combinando los niveles de las diferentes dosis de SFCS y abono orgánico, como lo muestra el cuadro 1.

* Las dosis de fertilizante nitrogenado y fosfatado, así como dosis de abono, fueron sugeridas por el Biol. Gerardo Cruz F., de trabajos previos realizados en suelos del mismo tipo.

Cuadro 1. Tratamientos resultantes de la combinación de los 4 niveles (dosis*), de SFCS, 4 de abono orgánico y 2 de cal.

Numero de Tratamiento	Cal		SFCS		Abono		Clave
	Nivel	Kg/Ha.	Nivel	Kg/Ha.	Nivel	Ton/Ha.	
1	0	0	0	0	0	0	0,0,0
2	0	0	0	0	1	2	0,0,1
3	0	0	0	0	2	4	0,0,2
4	0	0	0	0	3	6	0,0,3
5	0	0	1	30	0	0	0,1,0
6	0	0	1	30	1	2	0,1,1
7	0	0	1	30	2	4	0,1,2
8	0	0	1	30	3	6	0,1,3
9	0	0	2	60	0	0	0,2,0
10	0	0	2	60	1	2	0,2,1
11	0	0	2	60	2	4	0,2,2
12	0	0	2	60	3	6	0,2,3
13	0	0	3	90	0	0	0,3,0
14	0	0	3	90	1	2	0,3,1
15	0	0	3	90	2	4	0,3,2
16	0	0	3	90	3	6	0,3,3
17	1	979	0	0	0	0	1,0,0
18	1	979	0	0	1	2	1,0,1
19	1	979	0	0	2	4	1,0,2
20	1	979	0	0	3	6	1,0,3
21	1	979	1	30	0	0	1,1,0
22	1	979	1	30	1	2	1,1,1
23	1	979	1	30	2	4	1,1,2
24	1	979	1	30	3	6	1,1,3
25	1	979	2	60	0	0	1,2,0
26	1	979	2	60	1	2	1,2,1
27	1	979	2	60	2	4	1,2,2
28	1	979	2	60	3	6	1,2,3
29	1	979	3	90	0	0	1,3,0
30	1	979	3	90	1	2	1,3,1
31	1	979	3	90	2	4	1,3,2
32	1	979	3	90	3	6	1,3,3

Los tratamientos constan de todas las combinaciones posibles entre los niveles de SFCS, abono orgánico y cal, resultando un diseño factorial (2x4x4) debido a las 2 dosis de cal, 4 de SFCS y 4 de abono orgánico (Cochran y Cox, 1981).

7.2. DISTRIBUCIÓN Y ASIGNACION DE TRATAMIENTOS

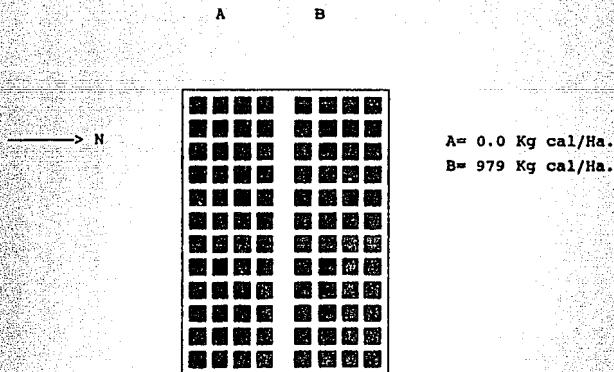
Durante la etapa de campo, se eligió y midió el terreno disponible, al que se le hicieron las siguientes prácticas agropecuarias:

barbechado, cruzado, rastra, encalado,
siembra, fertilización y abonamiento.

Posteriormente, durante el desarrollo del cultivo se deshierbó y finalmente se cosechó.

El terreno fue dividido en 2 partes iguales, correspondiendo a cada una de estas, aleatoriamente, una dosis distinta de cal (tratamiento A, 0.0 Kg cal/Ha. y tratamiento B, 979.02 Kg cal/Ha.), en cada mitad se ubicaron 48 parcelas, siendo en total 96. Cada parcela tuvo un área de 10 m², separadas por pasillos de 52 y 80 cm. (Fig. 2).

Fig. 2 Representación esquemática de las parcelas de experimentación.



La asignación de tratamientos en las unidades experimentales se hizo al azar, utilizando una tabla de números aleatorios (Cuadro 2). Cada tratamiento cuenta con 3 repeticiones, igualmente distribuidas al azar.

Cuadro 2. Distribución de los tratamientos y repeticiones en las unidades experimentales.

A				B			
1	2	3	4	49	50	51	52
3,1	1,2	1,3	0,1	0,3	0,2	0,0	1,1
5	6	7	8	53	54	55	56
0,2	2,1	2,3	3,3	3,3	1,2	1,0	3,2
9	10	11	12	57	58	59	60
3,0	2,2	0,0	0,3	2,1	3,0	2,2	0,1
13	14	15	16	61	62	63	64
2,0	1,0	3,2	1,1	3,1	2,3	2,0	1,3
17	18	19	20	65	66	67	68
2,2	0,2	0,0	1,3	3,1	0,1	2,3	1,3
21	22	23	24	69	70	71	72
2,0	0,3	3,3	1,0	2,2	3,3	1,2	0,3
25	26	27	28	73	74	75	76
3,0	0,1	1,1	1,2	2,1	2,0	0,2	3,0
29	30	31	32	77	78	79	80
3,2	2,1	3,1	2,3	1,0	1,1	0,0	3,2
33	34	35	36	81	82	83	84
3,3	2,2	1,2	2,3	2,3	1,0	3,2	3,0
37	38	39	40	85	86	87	88
1,3	2,1	1,0	0,3	3,3	1,1	3,1	2,2
41	42	43	44	89	90	91	92
3,1	1,1	2,0	0,0	0,1	0,0	0,2	1,3
45	46	47	48	93	94	95	96
0,1	0,2	3,2	3,0	1,2	2,0	0,3	2,1

Nota: A parte del terreno con 0.0 Kg cal/Ha.

B parte del terreno con 979.02 Kg cal/Ha.

Los números pequeños indican el número de cada unidad experimental.

Los números grandes indican el nivel de las dosis de SFCS y abono orgánico respectivamente.

Después de que se hizo el diseño de las parcelas, se encaló la mitad del terreno (sección B). El encalado se hizo al voleo, el 17 de marzo de 1990; posteriormente se cuadrícularon las parcelas y 70 días después, se procedió a fertilizar, abonar y sembrar haciéndose todo al voleo. La densidad de siembra utilizada fue de 160 Kg/Ha. La cosecha se hizo los primeros días de noviembre.

Durante el desarrollo de las plantas se deshierbó constantemente.

7.3. MÉTODOS

7.3.1. MEDICIONES PERIÓDICAS DE LAS PLANTAS

Se registró semanalmente la altura de las plantas, empezando dos meses después de la siembra. Para esto, se registraban alturas de 20 plantas por parcela elegidas al azar, midiéndose del ras del suelo hasta la punta de la hoja bandera. Cuando se consideró que las plantas habían espigado totalmente, se registraron sólo longitudes de espiga.

El registro se hizo con el propósito de comparar altura total y longitud de espiga, entre los diferentes tratamientos de encalado.

Al final del experimento se cosechó 10 % del área de cada parcela para cuantificar rendimiento de grano y peso de materia seca. Para cuantificar el rendimiento, se trilló la cosecha representante de cada parcela, pesando después la semilla, así como la materia seca. El grano se guardó y etiquetó debidamente para un posterior análisis.

En la etapa de laboratorio se hicieron las determinaciones físicas y químicas necesarias al suelo; se determinó fósforo foliar y, finalmente nitrógeno total y proteína al grano de triticale.

7.3.2. ANÁLISIS FÍSICOS Y QUÍMICOS DEL SUELO

Los análisis físicos y químicos del suelo se realizaron en el Laboratorio de Edafología de la E N E P Zaragoza.

Del terreno experimental se eligieron al azar 12 sitios de muestreo, para formar una muestra compuesta que representara la capa arable (0-30 cm.). Esta muestra fue sometida a análisis, mismo que consistió en:

Textura por el método del hidrómetro Bouyoucos, (1928).

Acidez hidrolítica por el método de Kaurischev, (1980), para la determinación de la dosis de cal. Este método sólo determina la cantidad de cal necesaria para neutralizar la acidez potencial en el suelo.

pH activo (H₂O 1:2.5) y pH potencial (KCl 1N 1:2.5) ((Billman y Jansen, 1927), Jackson, 1982).

Materia orgánica por el método indirecto para determinar M. O. de combustión húmeda Walkley-Black modificado (Jackson, M.L., 1982).

Capacidad de intercambio catiónico por el método de acetato de amonio 1N, pH 7 ((Cotteni, 1984), Jackson, 1982).

Nitrógeno total por el método de Kjeldhal, (Villegas y Ortega, 1985).

Al finalizar el experimento, se tomaron 6 muestras de suelo representativas de la capa arable (0-30 cm.), de cada una de las unidades experimentales, mezclándose posteriormente las

tres repeticiones de cada dosis de fertilizante y abono; esto se hizo para el suelo con y sin cal, de tal manera que se tenían 16 muestras para cada tipo de suelo. A estas se les determinó:

Fósforo extractable por el método de Truog, (1930), (Grande-López, 1974).

pH activo (H₂O 1:2.5) y pH potencial (KCl 1N 1:2.5) ((Billman y Jansen, 1927), Jackson, 1982).

Aluminio intercambiable, por titulación con NaOH 0.1N utilizando fenoftaleína como indicador.

7.3.3. ANÁLISIS FOLIAR

Sólo se determinó fósforo por el método de Vanadato-Molibdato, (Chapman y Pratt, 1973).

La muestra foliar se tomó el 26 de octubre de 1990, cuando la planta se encontraba en periodo de maduración (formación de espiga). Se muestreó la hoja bandera de un número representativo de plantas por cada unidad experimental. Se guardaron en bolsas de papel etiquetadas, posteriormente en el laboratorio se secaron en la estufa y, por último, las muestras se molieron quedando lista para el análisis.

7.3.4. ANÁLISIS DEL GRANO DE TRITICALE

Se determinó Nitrógeno Total al grano (Villegas y Ortega, 1985), y a partir de los datos obtenidos se calculó el porcentaje de proteína, multiplicando el dato de nitrógeno total por el factor de conversión para el triticale (5.83).

Se molieron muestras de cada uno de los diferentes tratamientos, guardándose en sobres de papel

8. RESULTADOS Y DISCUSION

8.1. PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS DEL SUELO

El suelo donde se realizó la presente investigación fue analizado en el laboratorio, los resultados obtenidos aparecen en el siguiente cuadro.

Cuadro 3. Propiedades determinadas al suelo en estudio.

Profundidad de muestra cm.	pH 1:2.5		Densidad aparente g/cm ³	M.O. %	Textura	C.I.C. meq/100g
	H ₂ O-KCl (1M)					
0-30	5.2	5.0	0.72	5.49	Hiqajon	34.56
El análisis granulométrico del suelo dio como resultado los siguientes porcentajes de limo, arcilla y arena:						
LIMO 43.20%			ARCILLA 10.72%		ARENA 46.08%	

Los valores obtenidos son semejantes a valores reportados por Buringh (1979), para suelos de este tipo. Ocegueda (1989), también reporta resultados similares en trabajos realizados en la misma zona de estudio.

Los análisis físicos y químicos hechos al suelo permiten comprobar que el suelo tiene un bajo pH (5.2), sin embargo el grado de acidez no es grave y no tiene problemas de toxicidad por aluminio intercambiable (Cuadro 7), pues tal problema de se presenta a pH's de 4.7 o menores.

Los porcentajes de materia orgánica son altos (5.49%), lo que contribuye en parte a la acidez del suelo. Esta M. O. junto con el material arcilloso del suelo dan como resultado

debidamente etiquetados con el núm. de parcela y tratamiento. En este caso no se obtuvieron muestras compuestas, pues se hicieron las determinaciones por parcela siendo en total 96. Con los resultados obtenidos, se calculó la media de las tres repeticiones para cada tratamiento, obteniendo al final 32 datos en total, 16 del suelo con cal y 16 del no encalado.

El análisis de tejido foliar y de semilla se hicieron en el Laboratorio de Nutrición Vegetal del Colegio de Postgraduados

7.3.5. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Se realizaron análisis de varianza, utilizando el SAS (Sistema de Análisis Estadísticos), a fin de determinar estadísticamente el efecto de la cal, fertilizante y abono en la disponibilidad y asimilación de P por las plantas, así como en la producción de grano y forraje, considerándose estas variables de las más importantes para determinar la respuesta del cultivo. Se uso el programa SAS por su fácil manejo y la alta precisión de sus resultados.

una C.I.C.T. elevada (34.56 meq./100 g. de suelo), lo que apoya el hecho de que la M. O. y la arcilla son los componentes más activos del suelo física y químicamente.

La densidad aparente del suelo es baja (0.72 g/cm^3), lo que indica que no es un suelo compactado, lo cual corresponde a su textura franca o de migajón. Esto resulta benéfico para las plantas, pues se traduce en una buena aireación, retención de humedad y buen drenaje, lo que permite una mayor penetración radicular de las plantas. Todas las características antes citadas corresponden a un suelo de ANDO. (Buringh, 1979; Ocegueda, 1989).

8.2. EFECTO DEL ENCALADO SOBRE LA DISPONIBILIDAD DE FÓSFORO

Cuadro 4. Porcentajes de Fósforo-extractable en el suelo, y Fósforo foliar por tratamiento para las diferentes dosis de encalado. Promedio de tres repeticiones.

Mo	Tratamiento	0 Kg cal/Ha.		979 Kg cal/Ha.	
		X		X	
		P-suelo	P-foliar	P-suelo	P-foliar
1	0,0	0.0627	0.130	0.0176	0.083
2	0,1	0.0703	0.136	0.0223	0.067
3	0,2	0.0898	0.113	0.0199	0.660
4	0,3	0.0456	0.070	0.0088	0.066
5	1,0	0.0590	0.063	0.0223	0.130
6	1,1	0.0600	0.130	0.0706	0.140
7	1,2	0.0770	0.070	0.0187	0.137
8	1,3	0.0530	0.080	0.0124	0.083
9	2,0	0.0500	0.143	0.0360	0.146
10	2,1	0.0490	0.134	0.0246	0.140
11	2,2	0.0850	0.137	0.0290	0.130
12	2,3	0.0600	0.117	0.0252	0.134
13	3,0	0.0900	0.140	0.0234	0.127
14	3,1	0.164	0.123	0.0299	0.130
15	3,2	0.0500	0.126	0.0301	0.166
16	3,3	0.0770	0.130	0.0246	0.130

El cuadro anterior muestra los porcentajes de P-extractable del suelo, y P-foliar para las diferentes dosis de cal (0 Kg.cal/Ha. y 979 Kg. cal/Ha.), considerando los diferentes tratamientos de SFCS y abono orgánico.

El efecto que ejerce la cal sobre la disponibilidad de P es un tema en el que se han realizado numerosos trabajos, habiéndose reportado en la literatura resultados muy divergentes, por un lado se señala que el encalado aumenta la disponibilidad de P, mientras que otros autores reportan que ésta disponibilidad se ve disminuida al encalar un suelo

(Cajuste, 1977; White y Taylor, 1977; Sample et. al., 1980; Ramos y Aguilera, 1981; Alvarado, 1990; Trasar-Cepeda et. al., 1991). Así mismo, otros trabajos mencionan que no existe ninguno de los dos efectos. El cuadro 4 muestra que los porcentajes, tanto de fósforo extractable como de fósforo foliar son menores en el suelo con aplicación de cal que en el suelo sin encalar.

En este experimento, se observa que el P extractable (método de Truog), no es el mejor indicador de el efecto de la cal sobre la disponibilidad del fósforo, ya que como puede verse en el cuadro 5 hay mayor extracción de fósforo por las plantas en el suelo en el que hubo adición de cal respecto a aquellas en los que no se aplicó.

Cuadro 5. Extracción de fósforo del suelo por la planta con y sin adición de cal. Promedio de tres repeticiones.

No.	Tratamiento	Kg./Ha de P extraído del suelo	
		0 Kg. cal/Ha.	979 Kg. cal/Ha.
1	0,0	104.5	113.8
2	0,1	132.4	201.2
3	0,2	141.7	280.7
4	0,3	125.9	120.4
5	1,0	65.0	212.4
6	1,1	121.0	276.8
7	1,2	72.0	218.4
8	1,3	108.9	148.2
9	2,0	206.0	263.6
10	2,1	151.0	218.5
11	2,2	140.0	258.6
12	2,3	164.0	207.3
13	3,0	168.0	216.9
14	3,1	129.0	193.4
15	3,2	233.0	284.4
16	3,3	228.0	263.3

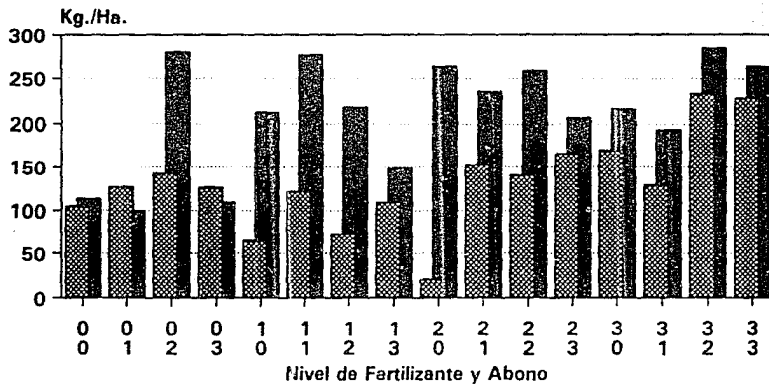
Los resultados de Porcentaje de fósforo en tejido foliar que se muestran en el cuadro 4, indican un "efecto de dilución" del fósforo en las plantas, esto quiere decir que las plantas extrajeron del suelo el P necesario para su crecimiento, sin embargo, se encontro en bajos porcentajes en el tejido foliar, debido a que al aumentar la biomasa el contenido de fósforo se diluyó, esto se apoya con el registro de altura de las plantas y rendimiento de grano, que son siempre mayores en el suelo encalado.

Esto no sucede con las plantas del suelo sin encalar, estas presentaron siempre menores alturas y bajos rendimientos de grano y forraje, aún siendo las concentraciones de fósforo en el tejido foliar mayores, pues este se encontraba concentrado en la planta (Fig.3).

Gerloff, (1976), y Clark, (1983), mencionan que algunos de los parámetros que se han utilizado para evaluar plantas más eficientes en la absorción y utilización de un nutrimento son: concentraciones del nutrimento en el tejido foliar de la planta, masa seca, y relación de eficiencia, que consiste en la relación entre la fitomasa seca y la cantidad de nutrimento en la fitomasa. Asimismo, Siddiqi y Glass (1981), asocian la eficiencia de utilización de un nutrimento con el crecimiento de una planta.

Estudios hechos con sorgo mostraron mayor proporción de P en las hojas superiores en relación a las inferiores y, consecuentemente mayores relaciones de eficiencia y producción de masa seca. (Furlani, et, al., 1984 citado por Furlani y Usberti-Filho, 1990). Estos últimos autores también plantean que las producciones de materia seca de la parte aérea de las plantas, aumentan significativamente en función de los niveles crecientes de P que se empleen.

FIG.3 EFECTO DEL ENCALADO EN LA EXTRACCION DE FOSFORO POR LAS PLANTAS



0.0 KG. DE CAL/HA.
 979 KG. DE CAL/HA.

FERT. N0=0 N1=30 N2=60 N3=90 KG/HA
ABONO N0=0 N1=2 N2=4 N3=6 TON/HA
N=Nivel

De acuerdo a lo anterior, la cal cumplió con su función para lo cual fue agregada, hacer más disponible al fósforo, tal efecto no se aprecia por los porcentajes de fósforo foliar, sino por la cantidad de P extraído por la planta, misma que se obtiene multiplicando los % de P foliar por los rendimientos de materia seca o forraje (tejido foliar).

Los bajos valores de P extractable determinados después del encalado del suelo, que no impidieron una mayor extracción del nutrimento por parte de las plantas, pueden ser debidos a diversos factores que influyeron sobre los métodos de determinación, tales como:

- Capacidad amortiguadora del suelo.
- Valor de neutralización de la cal.
- Tiempo de incubación de la cal y tamaño de sus partículas.
- Reacción de la cal con el fertilizante.
- Naturaleza del método utilizado.

En suelos agrícolas de regiones templadas, las necesidades de encalado se relacionan directamente con el contenido de materia orgánica cuando la concentración de Al^{+3} intercambiable es pequeña (como lo muestran los valores de Al^{+3} intercambiable para este suelo, (cuadro 7), lo que indica que la capacidad amortiguadora de la materia orgánica en estos suelos es casi uniforme (Ortiz-V., 1975). Por otra parte sucede que parte de la cal añadida al suelo se utiliza en el desarrollo de cargas negativas que luego absorben más cal, hecho que también ayuda a explicar la alta capacidad amortiguadora de estos suelos.

Los ANDOSOLES son suelos con alófono, que puede mostrar considerable capacidad amortiguadora en la fracción mineral, debido a la alta superficie específica de este mineral.

También se deben considerar las características del material de encalado, por ejemplo el valor de neutralización que este pueda tener, esto es, la medida de la cantidad total de ácido que un material particular es capaz de neutralizar, por lo que a un alto valor de neutralización correspondería una pequeña cantidad de material. El material de encalado usado en este trabajo tiene un bajo nivel de neutralización, que acompañado de la alta capacidad amortiguadora del suelo contribuyó a la baja disponibilidad de fósforo (Cajuste, 1977).

Otro factor importante es el tiempo de incubación que la cal debe tener en el suelo, esta debe aplicarse tan pronto como sea posible ya que el proceso de neutralización necesita de tiempo; si se desea una reacción rápida, se debe mezclar perfectamente el material calcáreo a todo lo largo de la capa arable, debiéndose considerar un exceso de dicho material para compensar la reacción lenta de las partículas grandes y el mezclado incompleto del material con el suelo.

Por otro lado el tiempo de incubación tal vez no fue el necesario para reintegrarse al suelo, Cajuste, 1977 menciona al respecto que el periodo específico para llevar a un suelo a un pH dado es de unos 2 o 3 años bajo condiciones de campo.

Otro punto muy importante es la reacción del suelo encalado con el fertilizante, pues existe cierta acidez generada en la disolución del granulo del fertilizante, lo que anula el efecto de encalado en las zonas de reacción (Ramos, y Aguilera, 1981). Estos mismos autores reportan que en un experimento con un suelo andosólico encalado se observó respuesta mínima a la adición de fertilizante fosfatado, por lo que sugieren que estos suelos presentan una capacidad de fijación de P muy alta, reteniendo la mayor parte del fertilizante aplicado, el cual no puede ser

utilizado por la planta, pudiendo ser lo que sucedió en el suelo en estudio. Wada, 1959 y Gamboa y Blanco, 1976, también mencionan que el alófono y la haloisita contenidas en estos suelos reaccionan con los iones fosfatos, y el alófono fija altas cantidades de fósforo.

Resultados obtenidos por Amarasiri y Olsen (1973), al estudiar la solubilidad del fósforo y el crecimiento vegetal en relación al encalado, sugieren que el P aplicado fue inactivado en gran parte por hidróxidos de Al y Fe formados por efecto de la adición de cal, pues a medida que se aplicó más cal el P soluble y el P lábil disminuyeron. Haynes 1982, 1984 y Barrow 1984, también encontraron relación directa con la precipitación de P y la adición de cal al suelo (Trasar-Cepeda et. al., 1991).

El incremento de la fijación de fósforo por efecto del encalado, también se puede deber a la formación de fosfatos pocos solubles (Amarasiri y Olsen, 1973; White y Taylor, 1977), esto se atribuye al hecho de que al elevar el pH a valores cercanos a la neutralidad los contenidos de Ca agregados mediante el encalado son altos y entonces forma precipitados con el P haciendolo menos disponible, aunque se considera que no fue esto lo que sucedió en el suelo estudiado.

Alvarado, 1990 reporta que el encalado favorece la retención de P. Hojito et. al., 1987, también reporta disminución de P en la solución del suelo por efecto del encalado.

Estos resultados nos sugieren que la baja disponibilidad de P en el suelo encalado pudo verse afectada por cualquiera de los factores antes mencionados.

El análisis de varianza realizado a la variable P del suelo (Cuadro Ap1), muestra que existe un efecto altamente significativo en cuanto a la cal y las interacciones P-abono y abono-cal, siendo la más alta la de la cal.

Para el suelo sin cal, los resultados muestran porcentajes más altos de P disponible en comparación al suelo encalado. En la Fig. 4 se observa que al adicionar las primeras dosis de abono orgánico, sin fertilizante (trat. 0,0 y 0,1), los porcentajes de P disponible son altos, esta disponibilidad pudo deberse a que la Materia Orgánica es una fuente de fósforo, aunque su liberación es muy lenta en suelos de reacción ácida (Cajuste, 1977).

Posteriormente, en los tratamientos 0,2 y 0,3, la disponibilidad disminuye, probablemente por la adición de una mayor cantidad de M. O., y es que se tiene evidencia de que ésta puede retener fósforo, debido a que el humus que normalmente posee cargas negativas en asociación con cationes como Fe^{+3} , Al^{+3} y Ca^{+2} es capaz de retener suficientes cantidades del elemento (Sample et.al., 1980; Cajuste, 1990 citado por Alvarado, 1990).

Por otro lado también se debe considerar la acción microbiana del suelo, que en las primeras adiciones de abono pudo hacer más disponible al P para la planta, aunque por otro lado, al seguir adicionandolo pudo ocurrir que los microorganismos lo retuvieran utilizandolo para aumentar su biomasa. Esto se apoya en el hecho de que las bacterias y los hongos principalmente, utilizan el material orgánico del suelo como fuente de energía, al descomponerlo parcialmente, resulta un material totalmente distinto llamado humus. Sin embargo, la producción de materia orgánica no se debe sólo a un proceso de degradación, ya que los organismos pueden utilizar este material orgánico para formar sus tejidos

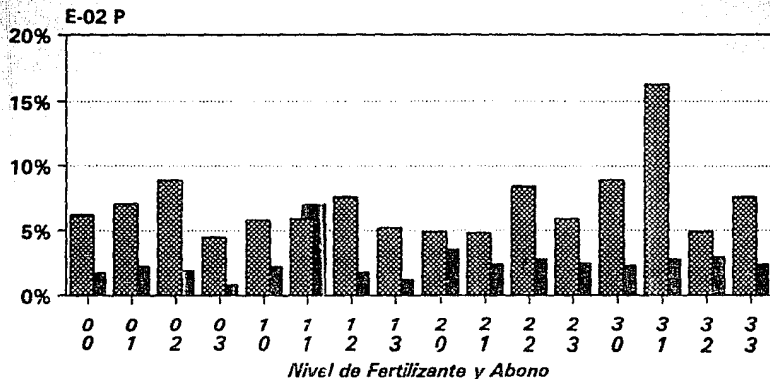
microbianos, los que vienen a constituir una parte sustancial de esta Materia Orgánica del suelo.

Para los tratamientos con las primeras dosis de fertilizante y sus respectivas dosis de abono (trat. del 1,1 al 2,3, (Fig.4), se observa que los porcentajes de P disponible se mantienen más o menos constantes, siendo ligeramente más altos en los tratamientos 1,1 y 1,2. Aunque en general los porcentajes son más bajos que cuando se agrega sólo abono orgánico, esto es explicable si se consideran las posibles reacciones del fertilizante con el suelo, pues al aplicar cualquier tipo de fertilizante fosfatado, este reacciona inmediatamente con los componentes del suelo para formar compuestos muy insolubles que no son disponibles para la planta (Fassbender, 1966; Cajuste, 1977; Sample et. al., 1980). Por ello es necesario aplicar P que se libere lentamente para que la planta lo aproveche, y no dar tiempo a que sea el suelo quien lo fije.

También pudo ocurrir que en estos suelos como en todos los de reacción ácida los óxidos e hidróxidos de Fe y Al presentes, que se encuentran como compuestos individuales o recubriendo a otras partículas del suelo reaccionan con los fosfatos del fertilizante precipitando al fósforo en forma de compuestos insolubles (Sample et. al., 1980; Alvarado, 1990).

Los bajos porcentajes de P disponible determinados bajo adición de SFCS, junto con una mayor dosis de abono orgánico, también pueden deberse, además de lo anterior, a que el Al^{+3} y en menor grado el Fe^{+3} adsorbido a los coloides de la materia orgánica también son responsables de la retención de P (White, 1981; Haynes y Swift, 1989)

FIG.4 EFECTO DE LA CAL SOBRE LA DISPONIBILIDAD DE FOSFORO EN EL SUELO



0.0 KG. DE CAL/HA

979 KG. DE CAL/HA

FERT. N0=0 N1=30 N2=60 N3=90 KG/HA
 ABONO N0=0 N1=2 N2=4 N3=6 TON/HA
 N = Nivel

8.3. ASIMILACION DE FOSFORO POR EL TRITICALE EN EL SUELO CON Y SIN APLICACION DE CAL

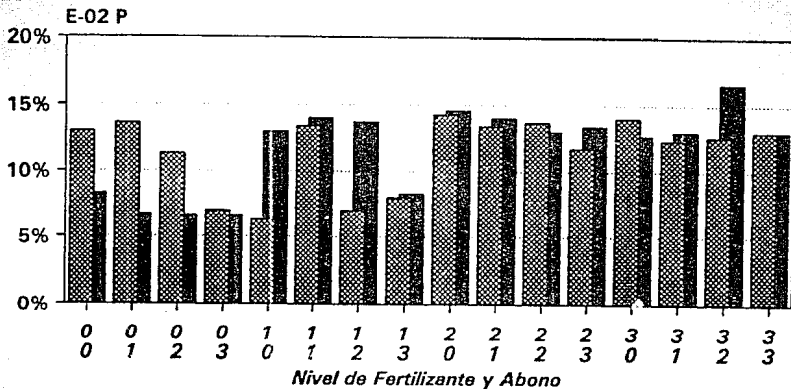
El cuadro 4 muestra una baja asimilación de fósforo por las plantas en el suelo encalado. Anteriormente ya se explicó que aunque las concentraciones de fósforo en las plantas son bajas, las cantidades del nutrimento extraídas por las plantas fueron mayores en este mismo suelo (encalado). (Fig. 3).

Sin embargo, como también ha sido mencionado al hablar de disponibilidad de fósforo, la cal pudo haber tenido algún efecto en cuanto a la asimilación del elemento por las plantas. El análisis de varianza para la variable P-foliar, al igual que para P del suelo, resulta ser altamente significativo (Cuadro Ap2 en apéndice), influyendo en esta significancia principalmente al abono e interacciones P-cal, abono-cal y P-abono-cal, lo que refuerza la idea de que estas variables pudieron afectar la disponibilidad de P y por consiguiente la baja asimilación del mismo por las plantas.

Para el suelo encalado se tiene que, en los primeros tratamientos con dosis crecientes de abono y sin adición de SFCS, la asimilación de P disminuye (Fig. 5). Como ya ha sido mencionado anteriormente, esto se puede atribuir a que las altas cantidades de abono orgánico en el suelo pudieron ocasionar una retención de P, debida a la actividad biológica de los microorganismos, por lo que la planta no pudo asimilarlo (Sample, 1980; Alvarado, 1990).

En todos los tratamientos siguientes, la asimilación del nutrimento aumenta considerablemente y se mantiene constante, a excepción del tratamiento 1,3. El incremento en la asimilación de fósforo por la planta se debe seguramente a la adición de SFCS. El P en forma inorgánica fue más disponible para las plantas.

FIG.5 EFECTO DE LA CAL SOBRE LA ASIMILACION DE FOSFORO POR LA PLANTA



0.0 KG. DE CAL/HA.

979 KG. DE CAL/HA.

FERT. N0=0 N1=30 N2=60 N3=90 KG/HA
 ABONO N0=0 N1=2 N2=4 N3=6 TON/HA
 N = Nivel

Otro factor que pudo haber influenciado en una baja asimilación del nutrimento es la concentración de aluminio que puede encontrarse en la solución del suelo. Adams (1980), menciona que el aluminio no suprime la absorción de P, pero restringe la traslocación de éste en el sistema de raíces, lo cual produce síntomas de deficiencia de fósforo.

Vale la pena resaltar que, aunque el P en la solución del suelo puede disminuir tal vez por efecto del encalado, los valores de P absorbidos por la planta pueden ser altos. Este tipo de resultados reportan Hojito et. al. (1987), siendo lo que sucedió en nuestro suelo estudiado.

Para el suelo sin cal en los primeros tratamientos en los que no hay SFCS y sólo se adicionó abono orgánico, hay un ligero incremento al agregar 2 Ton. de abono/Ha. (dosis 1) sin embargo, al seguir adicionándolo, los porcentajes de P van decreciendo considerablemente, esto hace pensar que realmente al haber una mayor cantidad de M.O. ésta misma ocasiona una retención del P, sin dejar de considerar además, que las reacciones de la M.O. en el suelo son lentas, lo que pudo retardar la asimilación del compuesto.

En los siguientes tratamientos donde se empezó a adicionar el fertilizante en sus diferentes dosis, se nota un incremento en la mayoría de los tratamientos, manteniéndose más o menos constante, a excepción de los tratamientos 1,2 y 1,3 (Fig.5). Esto refuerza la idea anterior de que el Fósforo asimilado por las plantas fue tomado del SFCS, más que del abono orgánico.

Se ha reportado para suelos con y sin adición de cal, que si la planta encuentra en el suelo el P que necesita durante su desarrollo temprano y restante no habrá diferencia significativa en las enmiendas que se usen, y muchas veces

sólo es necesario agregar fertilizantes para compensar la necesidad de P (Ramos y Aguilera, 1981). Estos mismos autores reportan que en sus investigaciones, la aplicación de enmiendas calcáreas y silicatadas no condujeron a respuestas significativas.

8.4 RESPUESTA DEL pH AL ENCALADO

Se midió el pH activo y potencial a cada tratamiento con la finalidad de observar la variación de éste en los suelos con y sin cal, observándose principalmente como cambió en el suelo encalado, siendo siempre más alto que en el suelo sin cal y manteniéndose constante en cada tratamiento de fertilizante y abono.

Cuadro 6. Respuesta del pH activo (H₂O 1:2.5) y potencial (KCl 1N 1:2.5), a las distintas dosis de cal a final del experimento considerando cada uno de los tratamientos. Promedio de tres repeticiones.

No	Tratamiento	0 Eq cal/Ha.		979 Eq cal/Ha.	
		pH activo-pH	potencial	pH activo-pH	potencial
1	0,0	5.2	4.9	5.6	5.1
2	0,1	5.2	5.0	5.8	5.0
3	0,2	5.2	5.0	5.8	5.2
4	0,3	5.2	5.0	5.5	5.3
5	1,0	5.2	5.0	5.9	5.2
6	1,1	5.3	5.0	5.9	5.2
7	1,2	5.3	5.0	5.9	5.0
8	1,3	5.2	5.0	5.9	5.0
9	2,0	5.2	5.0	5.8	5.0
10	2,1	5.2	5.0	5.8	5.0
11	2,2	5.2	5.0	5.9	5.1
12	2,3	5.3	5.0	5.8	5.0
13	3,0	5.2	5.0	5.7	5.0
14	3,1	5.2	5.0	5.8	5.1
15	3,2	5.2	5.0	5.7	5.2
16	3,3	5.3	5.0	5.9	5.0

Para el suelo con cal, en los primeros tratamientos que no poseen fertilizante, sólo dosis crecientes de abono orgánico el pH suele aumentar conforme se va adicionando más abono (Cuadro 5).

No debe olvidarse la capacidad amortiguadora que la M.O. da a este tipo de suelos (Ortiz-V., 1975).

También se debe tomar en cuenta la adición de fertilizante nitrogenado en forma de urea que se agregó al suelo, pues según Andrews, (1954), cada Kg. de NH_3 anhidro o urea produce la suficiente acidez para neutralizar 3.5 Kg. de CaCO_3 .

Además el efecto que pudo tener el fertilizante fosfatado, pues al adicionarse y empezar su disolución se crea cierta zona de reacción ácida donde se encuentra el grano de fertilizante, ocasionando que el pH disminuya. Esto también se puede explicar de la siguiente forma: La aplicación de una dosis de cal aumenta el pH, por una parte esto ocasiona una disminución de los niveles de Al^{+3} y Fe^{+3} extractables, lo que hace al P disponible para la planta, pero por otro lado la acidez generada en la disolución del grano de fertilizante anula el efecto del encalado en la zona de reacción (Ramos y Aguilera, 1981). Lo anterior puede explicarse por que el pH del suelo encalado aumento muy poco. Debe recordarse, que el método de acidez hidrolítica utilizado en este trabajo para determinar dosis de cal, lo único que indica es la dosis de cal necesaria para neutralizar la acidez del suelo en exceso, es por esto también que el pH no tuvo un cambio drástico. Tampoco se debe olvidar que el NH_4^+ agragado como fertilizante o bien liberado durante la descomposición de la M.O. es oxidado por los microorganismos a NO_3^- con producción de acidez al suelo (Cajuste, 1977)

8.5. ALUMINIO INTERCAMBIABLE

El cuadro 7 nos muestra los meq de Al^{+3} intercambiable para cada uno de los tratamientos con las diferentes dosis de cal. En general los niveles de Al^{+3} son bajos para el suelo estudiado. Asimismo es el suelo encalado quien muestra los niveles más bajos de dicho elemento, sin embargo la diferencia entre los niveles de Al^{+3} para el suelo sin cal son mínimos.

Cuadro 7. meq. de Al^{+3} intercambiable por tratamiento para las diferentes dosis de cal. Promedio de tres repeticiones.

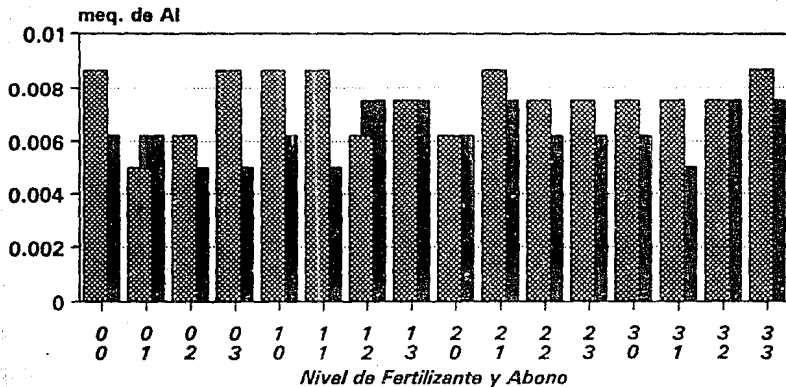
No	Tratamiento	meq. de Al^{+3} intercambiable/100	
		0 Kg cal/Ha.	979 Kg cal/Ha.
1	0,0	0.00875	0.00625
2	0,1	0.00500	0.00625
3	0,2	0.00625	0.00500
4	0,3	0.00875	0.00500
5	1,0	0.00875	0.00625
6	1,1	0.00875	0.00500
7	1,2	0.00625	0.00750
8	1,3	0.00750	0.00750
9	2,0	0.00625	0.00625
10	2,1	0.00875	0.00750
11	2,2	0.00750	0.00625
12	2,3	0.00750	0.00625
13	3,0	0.00750	0.00625
14	3,1	0.00750	0.00500
15	3,2	0.00750	0.00750
16	3,3	0.00875	0.00750

El primer componente del suelo relacionado con la retención del P que se ve afectado al encalar un suelo es el aluminio intercambiable. López-Hernández y Burnhan (1974), reportan que el aluminio activo disminuye considerablemente al elevar el pH del suelo. Sims y Ellis (1983), mencionan resultados similares.

En el suelo estudiado también se observa un comportamiento parecido, pues al elevarse el pH del suelo con cal, los niveles de Al^{+3} disminuyeron. Para el suelo sin cal los niveles más bajos se observan en los tratamientos que poseen dosis iguales o más altas de abono orgánico que de fertilizante (Fig. 6), y en suelos con complejos de materia orgánica-Al, el incremento en el pH favorece la hidrólisis y polimerización de los hidróxidos de Al^{+3} , lo que hace que los niveles de aluminio sean más bajos (Haynes y Swift, 1989; Cajusta et. al., 1990).

Almeida y Bornemisza, (1977), han observado que en suelos encalados con valores de pH superiores a 5.3 ya no se encuentra Al^{+3} intercambiable, esto puede apoyar el hecho de que se hayan encontrado niveles muy bajos de Al^{+3} en el suelo en estudio, pues el pH alcanzado en el suelo encalado es de 5.2 en promedio, mientras el suelo sin cal tuvo en promedio un pH de 5.0, lo cual ayuda a explicar los bajos niveles de Al^{+3} encontrados. También se debe considerar que el pH en el que se considera que hay problemas por exceso de Al^{+3} es de aproximadamente 4.7.

**FIG.6 EFECTO DE LA CAL SOBRE
EL ALUMINIO INTERCAMBIABLE DEL SUELO**



0.0 KG. DE CAL/HA.

979 KG. DE CAL/HA.

FERT. N0=0 N1=30 N2=60 N3=90 KG/HA
 ABONO N0=0 N1=2 N2=4 N3=6 TON/HA
 N=Nivel

8.6. RENDIMIENTO DE GRANO Y FORRAJE

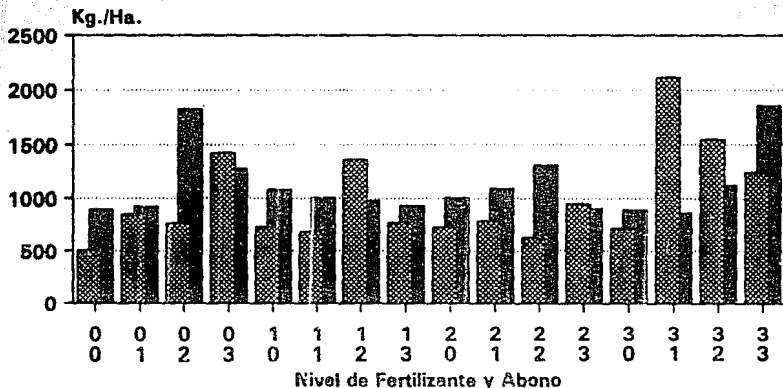
Cuadro 8. Rendimiento de grano y peso seco de forraje por tratamiento, como respuesta a la adición de cal. Promedio de tres repeticiones.

No	Tratam.	0 Kg cal/Ha		979 Kg cal/Ha.	
		Rend. Kg/Ha.	gr. peso forraje Kg/Ha.	Rend. Kg/Ha.	gr. peso forraje Kg/Ha.
1	0,0	506	803.7	897	1265.3
2	0,1	850	973.7	920	1479.6
3	0,2	767	1254.4	1821	1691.3
4	0,3	1424	1799.0	1280	1824.0
5	1,0	726	1035.7	1084	1635.0
6	1,1	684	931.7	1006	1977.0
7	1,2	1369	1032.0	979	1594.2
8	1,3	773	1361.7	930	1785.3
9	2,0	727	1444.3	1008	1805.6
10	2,1	789	1130.3	1094	1681.0
11	2,2	625	1025.7	1309	1989.3
12	2,3	949	1405.0	903	1547.3
13	3,0	715	1206.6	891	1707.3
14	3,1	2110	1050.6	861	1488.0
15	3,2	1549	1849.0	1125	1713.0
16	3,3	1243	1757.0	1857	2025.3

En general el rendimiento total de la cosecha es aceptable, considerando las abundantes y frecuentes lluvias, que ocasionaron un excesivo crecimiento de hierbas perjudiciales para las plantas.

El rendimiento de grano en el suelo con cal es mayor que en el suelo sin cal, a excepción de algunos tratamientos que presentaron problemas en su desarrollo. En el suelo encalado los mayores rendimientos se observan en los tratamientos 0,2 - 0,3 - 2,0 - 2,1 - 2,2 - 3,2 y 3,3. La producción mínima de grano es de 861 Kg/Ha., mientras la máxima es de 1857 Kg/Ha. (Fig. 7).

FIG.7 EFECTO DE LA CAL SOBRE EL RENDIMIENTO DE GRANO



0.0 KG. DE CAL/HA.

979 KG. DE CAL/HA.

FERT. N0=0 N1=30 N2=60 N3=90 KG/HA
 ABONO N0=0 N1=2 N2=4 N3=6 TON/HA
 N=Nivel

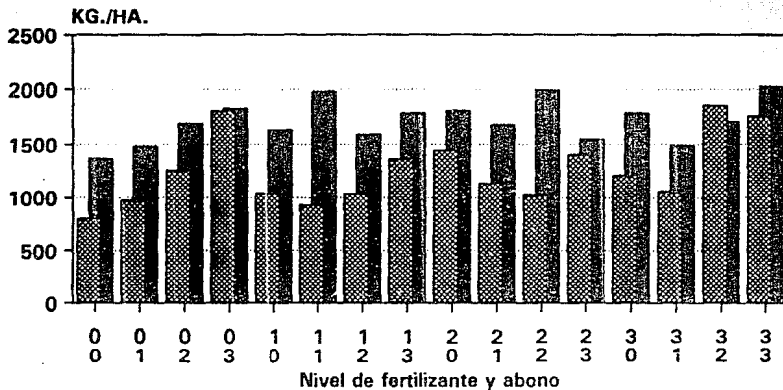
En el suelo sin cal los rendimientos de semilla más altos se observan en los tratamientos 0,3 - 1,2 - 2,3 - 3,1 - 3,2 y 3,3 . El mayor rendimiento es de 2110 kg/Ha. y el mínimo de 506 Kg/Ha., de los tratamientos 3,1 y 0,0 respectivamente. (Fig.7)

En cuanto a forraje (Cuadro 8), el rendimiento también es mayor en el suelo encalado, los mayores rendimientos se observan en los tratamientos 0,2 con 1691 Kg/Ha. de materia seca, 0,3 con 1824 Kg/Ha. de forraje, 1,1 con 1977 Kg/Ha. de forraje, 1,3 con 1785 Kg/Ha. de materia seca 2,0 con 1805 Kg/Ha. de forraje, 2,1 con 1681 Kg/Ha. de forraje, 2,2 1989 Kg/Ha. de forraje, 3,0 con 1707 Kg/Ha. de forraje, 3,2 con 1713 Kg/Ha. de forraje, y 3,3 con 3425 Kg/Ha. de forraje. (Fig. 8).

En el suelo sin cal los mayores rendimientos de materia seca se observan en los tratamientos 0,2 con 1254 Kg/Ha. de materia seca, 0,3 con 1799 Kg/Ha. de forraje, 1,3 con 1361 Kg/Ha. de forraje, 2,0 con 1444 Kg/Ha. de forraje, 2,3 con 1405 Kg/Ha. de forraje, 3,2 con 1852 Kg/Ha. de materia seca y 3,3 con 1757 Kg/Ha. de materia seca. (Fig.8).

No debe olvidarse que uno de los objetivos del trabajo es determinar dosis óptima económica de fertilizante y abono. Hasta el momento, el análisis de rendimiento de grano por tratamiento muestra que las mejores dosis son la de los tratamientos 0,3 (0 Kg. de SFCS/Ha., 6 Ton. de abono/Ha.), 2,2 (90 Kg. de SFCS/Ha., 4 Ton. de abono/Ha.) y 3,3 (90 Kg. de SFCS/Ha., 6 Ton. de abono/Ha.). Siendo el tratamiento 0,3 el más económico, mostrando rendimientos tanto de grano como de materia seca muy cercanos o similares a los tratamientos 3,2 y 3,3 que son más caros. Sin embargo, debe analizarse la altura de planta y longitud de espiga por tratamiento, para verificar si realmente estas son las mejores dosis, o si existe alguna otra con la que se obtengan mejores resultados.

**FIG.8 EFECTO DE LA CAL SOBRE
EL RENDIMIENTO DE MATERIA SECA**



▨ 0.0 KG. DE CAL/HA.

▩ 979 KG. DE CAL/HA.

FERT. N0=0 N1=30 N2=60 N3=90 KG/HA.

ABONO N0=0 N1=2 N2=4 N3=6 TON/HA

N=Nivel

Los rendimientos tanto de grano como de forraje son mayores en el suelo encalado, por lo tanto la cal ejerce efectos benéficos en estos parámetros, pues el contrarrestar el exceso de acidez en el suelo y el elevar el pH tuvieron resultados aceptables. También es necesaria la adición de fertilizantes inorgánicos y/u orgánicos, pues los rendimientos más altos de semilla y forraje se observan en dosis similares de SFCS y abono orgánico, por el contrario los rendimientos más bajos se tienen en los tratamientos testigo, a los cuales no se les agregó ni fertilizante ni abono. El análisis de varianza para la variable rendimiento de grano muestra una alta significancia para P, abono, interacción P-abono e interacción P-abono-cal, lo que nos hace inferir que la cal tuvo algún efecto en dichos rendimientos, pero definitivamente el fertilizante y el abono influyeron de manera significativa en los rendimientos finales. (Cuadro Ap3 en ápendice).

En cuanto a la variable materia seca, no se encontro efecto significativo en ninguna de las fuentes de variación, a excepción de la cal (Cuadro Ap4, ápendice), mencionándose ya en párrafos anteriores, que es en el suelo encalado donde se encontraron los mayores rendimientos en cuanto a forraje.

Aunque el pH del suelo no es ácido en gran medida, es recomendable el encalado, aunque autores como: Amarasiri y Olsen, (1973); Pearson, (1975); Sumner, (1974); Martini y Mutters (1985); Cajuste et. al., (1990), reportan que con el encalado a bajos niveles puede incrementar el rendimiento y la absorción de fósforo, pero a medida que se plica una mayor cantidad de cal estos no se incrementan, incluso pueden presentarse decrementos en el rendimiento y la absorción de P por la planta.

Ramos y Aguilera, (1981), mencionan con respecto a la aplicación de enmiendas, que si la planta encuentra en el suelo todo el P que necesita durante su desarrollo temprano y restante no habrá diferencia en la enmienda que se use, pero si no ocurre de este modo y aún habiendo riqueza de P en el suelo, la planta requerirá un mayor nivel de éste nutrimento, y en consecuencia entra en juego la porción hidrosoluble del fertilizante durante el desarrollo temprano del cultivo.

8.7. NITROGENO TOTAL Y PROTEINA EN EL GRANO

Cuadro 9. Porcentajes de Nitrógeno Total y de Proteína del grano de triticale (peso fresco), para cada tratamiento en las diferentes dosis de cal. Promedio de tres repeticiones.

No.	Tratamiento	0 Kg cal/Ha.		979 Kg cal/Ha.	
		X N-T	X Prot.	X N-T	X Prot.
1	0,0	1.553	9.0	1.715	10.0
2	0,1	0.957	5.0	0.857	5.0
3	0,2	1.801	10.5	1.973	11.5
4	0,3	2.001	11.6	1.972	11.5
5	1,0	1.772	10.3	1.830	10.6
6	1,1	1.887	11.0	1.429	8.3
7	1,2	1.401	8.1	1.486	8.6
8	1,3	2.058	12.0	1.887	11.0
9	2,0	1.601	9.3	1.658	9.6
10	2,1	1.658	9.6	1.586	9.2
11	2,2	1.658	9.6	1.401	8.3
12	2,3	1.658	7.0	1.486	8.6
13	3,0	1.496	8.6	1.858	10.8
14	3,1	1.372	8.0	1.372	8.0
15	3,2	1.086	8.3	1.486	8.6
16	3,3	1.715	9.6	1.343	8.0

Los porcentajes de proteína se obtuvieron multiplicando, el porcentaje de nitrógeno total por el factor de conversión de N para triticale, cuyo valor es 5.83 (Villegas y Ortega, 1985).

Los porcentajes de proteína calculados fluctúan entre el 7 y 11%, mientras los valores teóricos van del 10 al 15% en líneas avanzadas de triticale (Peña y Amaya, 1980).

No se encontró una relación directa en cuanto al encalado y su influencia en los porcentajes de proteínas en el grano, pues los valores son muy semejantes para los dos suelos. En cuanto a Nitrógeno Total, también los valores son similares debido quizás a que la urea se utilizó en dosis constantes para todos los tratamientos en el suelo encalado y sin encalar.

8.8. ALTURA DE PLANTA Y LONGITUD DE ESPIGA

Cuadro 10. Altura de planta y longitud de espiga final para cada uno de los tratamientos en las distintas dosis de encalado. Promedio de tres repeticiones.

No.	Tratamiento	0 Kg cal/Ha.		979 Kg cal/Ha.	
		Altura planta cm.	Longitud espiga cm.	Altura planta cm.	Longitud espiga cm.
1	0,0	100.0	9.6	108.2	10.7
2	0,1	104.0	11.2	114.4	9.9
3	0,2	106.4	10.1	111.4	10.1
4	0,3	105.6	10.7	114.8	10.7
5	1,0	106.3	11.0	112.6	11.3
6	1,1	106.1	10.4	108.8	10.7
7	1,2	106.1	10.5	112.6	11.0
8	1,3	106.4	10.7	109.9	10.7
9	2,0	106.7	10.4	115.7	10.3
10	2,1	109.4	10.3	116.7	10.8
11	2,2	106.0	10.7	115.1	11.2
12	2,3	108.7	10.9	110.8	9.7
13	3,0	105.5	10.5	113.9	10.6
14	3,1	109.1	10.6	113.5	10.5
15	3,2	112.3	11.4	113.4	10.6
16	3,3	110.3	11.2	114.8	11.3

El Cuadro 10 muestra la altura de las plantas y longitud de espiga para cada tratamiento con las diferentes dosis de cal.

Las plantas cultivadas en el suelo encalado mostraron una mayor altura desde que empezó su crecimiento hasta el término del mismo. Sin embargo, no ocurrió lo mismo con el crecimiento de la espiga, pues este al inicio fue muy irregular, aunque al final del crecimiento de las plantas, las espigas se observaron muy homogéneas. Las alturas y longitudes presentadas en el cuadro 10 son las últimas mediciones que se hicieron, considerando que la planta había alcanzado su madurez.

Se empezaron a tomar las mediciones cuando las plantas tenían una altura aproximada de 40-60 cm. Desde entonces ya se notaba mayor altura de las plantas en el suelo con cal. En este mismo suelo las mayores alturas se obtuvieron en los tratamientos 0,3 con 114.8 cm. - 2,0 con 115.7 cm. - 2,1 con 116.6 cm. - 2,2 con 115.2 cm. - 3,0 con 114 cm. y 3,3 con 14.8 cm. (Fig.9).

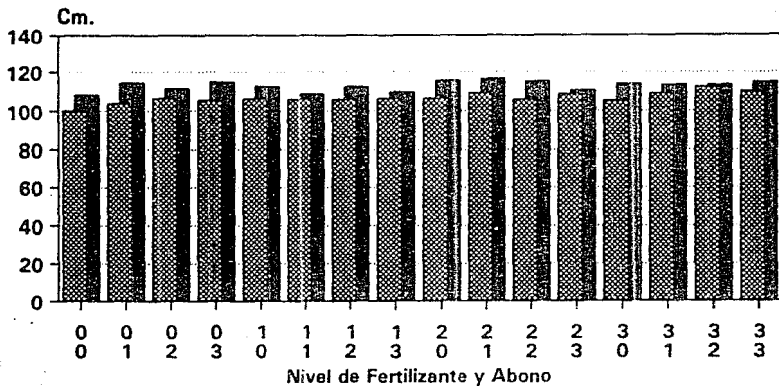
En promedio la diferencia de altura entre las plantas del suelo con y sin adición de cal es de 5 cm. aprox.

En el suelo no encalado las mayores alturas se observan en los tratamientos 2,0 con 106.7 cm. - 2,1 con 109.4 cm. - 2,3 con 108.7 cm. - 3,1 con 109.1 cm. - 3,2 con 112.3 cm., y 3,3 con 110.3 cm.. Con lo cual se infiere que hasta aquí la mejor dosis se encuentra en los tratamientos con el nivel 2 de fertilizante (aunque el nivel de abono no se tiene aún definido), pues se obtienen alturas similares a los tratamientos 3,1 ,3,2 y 3,3 que económicamente son más caras, pues son las mayores dosis de fertilizante y abono. (Fig. 9).

En el suelo encalado las mayores longitudes de espiga se registraron en los tratamientos 0,3 con 11.4 cm. - 1,0 con 11.3 cm. - 1,2 con 11 cm. - 2,1 con 10.8 cm. - 2,2 con 11.2 cm. y 3,3 con 11.3 cm. En este caso las que parecen ser las mejores dosis se encuentran entre los tratamientos 2,1 (60 Kg. de SFCS/Ha., 2 Ton. de abono/Ha.) con 10.8 cm. y 2,2 (60 Kg. de SFCS/Ha., 4 Ton. de abono/Ha.) con 11.2 cm. de SFCS y abono. (Fig. 10).

En el suelo sin cal se obtuvieron las mayores longitudes en los tratamientos 0,1 con 11.2 cm. - 1,0 con 11 cm. 2,3 con 10.9 cm. - 3,2 con 11.4 cm. y 3,3 con 11.2 cm. (Fig. 10).

FIG.9 EFECTO DE LA CAL EN LA ALTURA FINAL DE LAS PLANTAS

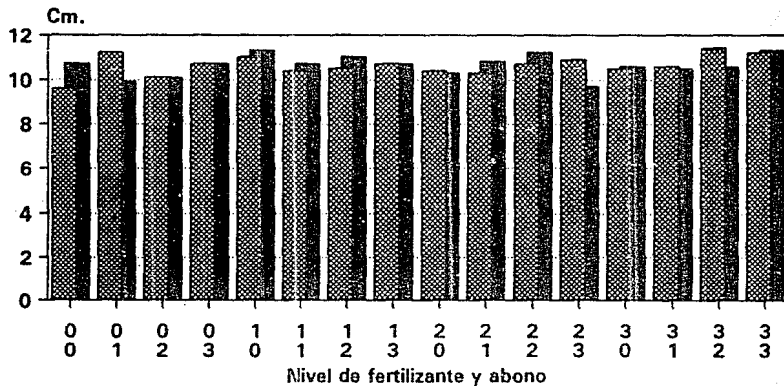


0.0 KG. DE CAL/HA.

979 KG. DE CAL/HA.

FERT. N0=0 N1=30 N2=60 N3=90 KG/HA
 ABONO N0=0 N1=2 N2=4 N3=6 TON/HA
 N=Nivel

FIG.10 EFECTO DE LA CAL SOBRE LA LONGITUD FINAL DE ESPIGA



FERT. N0=0 N1=30 N2=60 N3=90 KG/H.A.
ABONO N0=0 N1=2 N2=4 N3=6 TON/H.A.
N=Nivel

Es importante señalar que la longitud de las espigas con la misma dosis de SFCS y abono orgánico fueron muy similares en las dos dosis de cal, esto se observa claramente en los tratamientos: 0,2 (0 Kg. de SFCS/Ha., 4 Ton. de abono/Ha.) en el suelo con cal, la longitud fue de 10.13 cm. y en el suelo sin cal de 10.1 cm.; en el trat. 1,3, (30 Kg. de SFCS/Ha., 6 Ton. de abono/Ha.) para las dos dosis de cal la longitud fue de 10.73, en el trat. 3,1 (90 Kg. de SFCS/ha., 2 Ton. de abono/Ha.) fueron de 10.53 y 10.52 cm. y en el trat. 3,3 (90 Kg. de SFCS/Ha., 6 Ton. de abono/Ha.), de 11.26 y 11.23 cm., para el suelo con cal y sin cal respectivamente. (Fig. 10).

Por otro lado, en el suelo sin cal las mejores dosis se observan en el tratamiento 2,3(60 Kg. de SFCS/Ha., 6 Ton. de abono/Ha.), pues es la dosis más económica y la longitud obtenida es muy cercana a las longitudes más altas encontradas en ese suelo.

Según lo observado, las mayores alturas y longitudes se encuentran en los tratamientos con la dosis 1 o 2 de SFCS, (30 y 60Kg./Ha., respectivamente) aunque aún no se tiene claro cual dosis de abono es la mejor, por lo que se analizarán la altura de las plantas y longitud de espiga por fechas, esto es semanalmente desde que se empezaron a medir.

Primer medición. 22-jul-90. La altura de las plantas era mayor en el suelo con cal, principalmente en el tratamiento 2,0 con 57.5 cm., sin embargo en el tratamiento 2,3 con 59.1 cm.) del suelo sin cal, la altura fue mayor aún que en el suelo anterior. (Fig. A1).

Segunda medición. 29-jul-90. El crecimiento de las plantas era muy similar, sobresaliendo las plantas del suelo encalado, sobre todo los trat. 1,0 con 63.3 cm., 1,1 con 65.5

cm., 1,2 con 64.8 cm., 1,3 con 66.2 cm., 2,0 con 64.4 cm., 2,1 con 66.3 cm. y 2,2 con 64 cm.. (Fig. A2).

Tercer medición. 4-ago-90. El crecimiento fue casi parejo en los suelos con y sin cal, siendo siempre mayor en el suelo encalado, sobresaliendo ligeramente el trat. 1,3 (30 Kg. de SFCS/Ha., 6 Ton. de abono/Ha.) con 82.5 cm.. (Fig. A3).

Cuarta medición. 12-ago-90. Se nota una diferencia muy marcada en la altura de las plantas, siendo mayores en el suelo con cal, con una diferencia aproximada de 5 cm.. Esto es general en todos los tratamientos, teniendo las mayores alturas los tratamientos 1,0 con 95.6 cm., 1,1 con 96.4 cm., 1,3 con 99.6 cm., 2,1 abono/Ha.) con 99.2 cm., 2,2 con 97 cm., 3,0 con 100.8 cm., 3,1 con 95.6 cm. y 3,3 con 99.8 cm.. (Fig. A4).

Quinta medición. 19-ago-90. Seguía siendo mayor la altura en el suelo con cal, sin embargo, existe gran discrepancia entre los tratamientos, las mayores alturas las tuvieron las dosis 0,3 con 110.8 cm., 1,2 con 110.4 cm., 1,3 con 10.3 cm., 2,1 con 110.5 cm., 2,2 con 110.3 cm., 3,0 con 110.2 cm. y 3,3 con 114 cm.. Las alturas en el suelo sin cal fueron en general menores, siendo las más altas en los trat. 0,1 con 104.2 cm., 0,2 con 104.1 cm., 2,1 con 107.1 cm, 3,2 con 108.5 cm. y 3,3 con 108.5 cm. (Fig. A5).

Sexta medición. 24-ago-90. El crecimiento era muy parejo en los dos suelos, aunque seguía sobresaliendo ligeramente el suelo con cal. (Fig. A6).

Con estos resultados se puede inferir que la dosis óptima de fertilizante es la 2 (60 Kg./Ha.), y en particular la 2,1 (60 Kg. de SFCS/Ha., 2 Ton. de abono/Ha.), pues con esta dosis se obtienen alturas muy similares a las que se

presentan en dosis mayores de fertilizante y abono, resultando esto último antieconómico.

Después de la sexta medición de altura de las plantas, únicamente se siguió midiendo longitud de espiga, lo cual se analiza en seguida.

Primer medición de espiga. 31-ago-90. Para el suelo con cal los trat. que obtuvieron las mayores longitudes fueron: 0,3 con 10.8 cm., 1,0 con 10.6 cm., 1,2 con 10.5 cm., 2,2 con 11 cm., 3,0 con 10.5 cm. y 3,3 con 10.9 cm. (Fig. A7).

En el suelo sin cal las espigas más grandes se observan en los tratamientos con las dosis 0,1 con 10.9 cm., 2,3 con 10.5 cm., 3,0 con 10.5 cm., 3,2 con 10.7 cm. y 3,3 con 10.7 cm. (Fig. A7).

Para el suelo con cal la mejor dosis es la 0,3 de SFCS y abono orgánico (0 Kg./Ha., 6 Ton. /Ha. respectivamente). Y para el suelo sin cal, la dosis 0,1, (0 Kg. de SFCS/Ha., 2 Ton. de abono/Ha.) pues se obtuvo la mayor long. y es la más económica.

Segunda medición. 9-sep-90. En el suelo encalado las longitudes más altas se tienen en los tratamientos: 0,3 con 11 cm., 2,1 con 11.1 cm., 3,0 con 10.9 cm. y 3,3 con 11.4 cm. Para el suelo sin cal las espigas más grandes se encontraron en los tratamientos, 0,1 con 11.1 cm., 2,0 con 11.1 cm., 2,3 con 10.8 cm., 3,2 con 11 cm. y 3,3 con 11.2 cm. (Fig. A 8).

Tercer medición. 21-sep-90. El suelo con cal tiene las mayores longitudes en los trat. 0,3 con 11.1 cm., 1.2 con 10.8 cm., 2,1 con 10.8 cm. y 3,3 con 11.2 cm. En el suelo sin cal las espigas más altas se encuentran en los tratamientos

0,1 con 11.2 cm., 1,0 con 10.8 cm., 1,3 con 10.6 cm., 2,3 con 10.7 cm., 3,2 con 11 cm. y 3,3 con 11,1 cm. (Fig. A9).

Para el suelo con cal la mejor dosis es la 0,3 (0 Kg. de SFCS/Ha., 6 Ton. de abono/Ha.), pues se obtiene una buena longitud de espiga y es el tratamiento más económico. En el suelo sin cal la mejor, dosis es la 0,1 (0 Kg. de SFCS/Ha., 2 Ton. de abono/Ha.), resultando ser también muy económica.

Cuarta medición. 6-oct-90. Las espigas más grandes en el suelo con cal se encuentran en los tratamientos 0,3 con 11.5 cm., 1,0 con 11.3 cm., 1,2 con 11 cm. 2,1 con 10.8 cm., 2,2 con 11.2 cm. y 3,3 con 11.3 cm. (Fig. A10).

En el suelo sin cal las mayores longitudes las tienen los tratamientos 0,1 con 11.2 cm., 1,0 con 11 cm., 1,3 con 10.7 cm. 2,2 con 10.7 cm., 2,3 con 10.9 cm., 3,2 con 11.4 cm. y 3,3 con 11,2 cm. (Fig. A10).

Con el análisis de rendimiento de grano, materia seca, altura de plantas y longitud de espigas, se observó que la dosis óptima económica para el cultivo, es la 2,1 (60 Kg. de SFCS/Ha. 2 Ton. de abono/Ha.). Aunque también podrían usarse las dosis 1 (30 Kg. de SFCS/Ha.), o 2 (60 Kg. de SFCS/Ha.), con alguna dosis baja de abono, o bien la 3 de abono (6 Ton./Ha.), sin fertilizante.

9. CONCLUSIONES

Los porcentajes determinados de fósforo extractable del suelo, son menores en el suelo encalado, probablemente por el método de extracción de P usado (Método de Truog), propio de suelos ácidos, el cual pierde su eficacia con el encalado del suelo.

La cal induce una mayor extracción de fósforo, generando un mayor desarrollo de la planta, lo que origina un efecto de dilución en la concentración de fósforo en las mismas, razón por la cual se encontró en bajas cantidades en el tejido vegetal.

El suelo estudiado no presenta problemas de toxicidad por aluminio intercambiable, esto fue atenuado con la adición de cal, que elevó el pH.

El rendimiento de grano y forraje obtenido fue aceptable, lo mismo que la cantidad proteica del grano, que es comparable con la de triticales de líneas avanzadas, principalmente en el suelo encalado.

La dosis óptima económica de fertilizante y abono es la 2,1 (60 Kg. de SFCS/Ha., 2 Ton. de abono/Ha.), tratamiento en el que se observaron mayores alturas y mejores rendimientos a menor costo.

Por último se concluye que el encalado resulta benéfico en estos suelos, recomendándose al igual que aplicaciones no muy altas de fertilizante y/o abono orgánico.

10. SUGERENCIAS

Probar experimentalmente un mayor número de niveles de cal.

Experimentar con fertilizantes de distintos grados de solubilidad en el suelo.

Hacer pruebas con otro tipo de plantas sensibles a la deficiencia de fósforo.

Calibrar y correlacionar distintos métodos para la extracción de nutrimentos, en suelos con diferentes condiciones de encalado.

Trabajar en campo con un número menor de parcelas y/o tratamientos para mayor precisión en los resultados finales del experimento.

Realizar trabajos de este tipo en condiciones de invernadero, donde las variables pueden controlarse y obtener resultados más exactos.

11. BIBLIOGRAFÍA

ADAMS, F. 1980. Interaction of P with other elements. pp. 661-663. In: F. E. Khasawneh, E. C. Sample, and E. J. Kamprath (eds.). The role of phosphorus in Agriculture. American Society of Agronomy. Crop Science Society of America Soil Science Society of America. Madison, Wisconsin. U.S.A.

AGUILAR, N. J. A. 1980. Determinación de la dosis óptima económica de fertilización y densidad de siembra para dos variedades de triticale en suelos alcalinos del Sur de Coahuila. Tesis, M.en C. especialidad de suelos. Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro".

AGUILAR, S. 1987. Análisis químico para evaluar la fertilidad del suelo. Sociedad Mexicana para la Ciencia del Suelo. Publicación especial No. 1.

AGUILERA, H. M. 1965. Suelos de ANDO, génesis, morfología y clasificación. E.N.A. Colegio de Posgraduados. Chapingo, México.

ALVARADO, L. J. 1990. Efecto de la cal en la disponibilidad de P y los componentes responsables en su fijación. Tesis M. en C. Especialidad en Edafología. Colegio de Posgraduados. Chapingo, México.

AMARASIRI, S. L., and S. R. Olsen. 1973. Liming as related to solubility of P and plant growth in an acid tropical soil. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 37: 716-721.

ANDREWS, W. B. 1954. The response of crops and soil to fertilizers and manures. 2nd. Ed. Copyright. (Citado en Soil Fertility and Fertilizers. 1966. Por S. L. Tisdale y W. L. Nelson. Macmillan Co. New York.).

BAIR, A. C. 1986. Triticale. Ministerio da agricultura- Ma empresa brasileira de pesquisa agropecuaria- embrapa. Centro Nacional de Pesquisa de Trigo C.N.P.T., Passo Fundo, R.S.

BARROW, N. J. 1984. Modelling the effects of pH on phosphate sorption by soils. Soil Sci. 35: 283-297.

BLACK, C. A. 1968. Soil-Plant relationship. John Wiley and Sons. 2nd. Ed. New York. Wiley. pp. 792.

BOUYOUCOS, G. C. 1951 A recalibration of the hidrometers method for making mechanical analysis of soils. Agron. J. 43: 434-438.

BURINGH, P. 1979. *Introduction to the study of soils in tropical and subtropical regions*. Wageningen Centre for Agricultural Publishing and Documentation. 3a. edición.

CAJUSTE, L. J. 1977. *Química de suelos con un enfoque agrícola*. Colegio de posgraduados. Chapingo, México.

CAJUSTE, L. J., G. V. Palomino, R. J. Laird. 1990. *Phosphate sorption by tropical soils as related to lime rate*. Agronomy Abstracts, Annual Meeting Soil. Sci. Soc. Amer. pp. 225. San Antonio, Texas.

CETENAL. Carta Edafológica. Morelia E14-1. Escala 1:250 000. 1983.

CETENAL. Carta Geológica. Villa de Allende E14-A36. Escala 1:50 000. 1975.

CETENAL. Carta Uso de Suelo y Vegetación. Morelia E14-1. 1984.

CLARK, R. B. 1983. *Plant genotype differences in the uptake, translocation, accumulation, and use of mineral elements required for plant growth*. Plant and Soil. The Hague, 72(2-3): 175-196.

COCHRAN, G. W., G. M. Cox. 1983. *Diseños experimentales*. 2a. ed. Edit. Trillas, México.

CHAPMAN, H. D. y P. F. Pratt. 1973. *Métodos de análisis para suelos, plantas y aguas*. Ed. Trilla, México, D.F.

DUCHAPOUR, P. 1975. *Manual de Edafología*. Ed. Toray-Masson, S.A. Barcelona. pp. 476.

ENWEZOR, M. O. 1977. *Soil testing for phosphorus in some Nigerian soils. Comparison of methods of determining available phosphorus in soils of southeastern Nigeria*. Soil. Sci. 123: (1) 48-53.

FASSBENDER, H. W. 1966. *La adsorción de fosfatos en suelos fuertemente ácidos y su evaluación usando la isoterma de Langmuir*. Fitotecnia Latinoamericana. 3: 213-216.

FASSBENDER, H.W. 1975. *Química de suelos con énfasis en suelos de América Latina*. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas. Turrialba, Costa Rica. pp. 397.

FOTH, H. D. 1978. *Fundamentos de la Ciencia del Suelo* 6ta. edic. Compañía Editorial Continental S.A., México.

FURLANI, A. M. C. e J. A. Usberti-Filho. 1990. *Capim-colônia: Eficiência na absorção e na utilização de fósforo em solução nutritiva*. *Bragantia*, Campinas. 48(2): 413-423.

GARCÍA, M. E. y Z. Falcón. 1977. *Nuevo Atlas Porrúa de la República Mexicana*. 3ra. ed. Edit. Porrúa, México.

GAUCHER, G. 1971. *Tratado de Pedología agrícola. El suelo y sus características agronómicas*. Ediciones Omega. Barcelona.

GERLOFF, G. C. 1976. *Plant efficiencies in the use of nitrogen phosphorus and potassium*. In: *Workshop on plant adaptation on mineral stress in problem soil*. Beltsville, Maryland, 1979, edited by M.J. Wright. *Proceeding*. Ithaca, Cornell University, p. 161-173.

GRANDE, L. R. 1974. *Métodos para análisis físicos y químicos en suelos agrícolas*. Universidad Autónoma de S.L.P. Instituto de Investigaciones de Zonas Desérticas. Depto. de Suelos. S.L.P..

GRIFFIN, G. F. 1971. *Effect of liming on the soil test level of phosphorous as determined by three methods*. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 35: 540-542.

GROS, A. 1981. *Abonos. Guía práctica de la fertilización*. 7a. ed. Ed. Mundi-Prensa. Madrid.

HAYNES, R. J. 1982. *Effect of liming on phosphate availability in acid soils*. *Plant Soil.* 68: 289-308.

HAYNES, R. J. 1984a. *Lime and phosphate in the soil-plant system*. *Adv. Agron.* 37: 249-315.

HAYNES, R. J. 1984b. *Effect of lime, silicate, and phosphate applications on the concentrations of extractable aluminum and phosphate in aspodosol*. *Soil Sci.* 138: 8-14.

HAYNES, R. J., and T. E. Ludecke. 1981. *Effect of lime and phosphorus applications on concentrations of available nutrients and on P, Al and Mn uptake by two pasture legumes in an acid soil*. *Plant Soil.* 62: 117-128.

HAYNES, R. J. and R. S. Swift. 1989. *The effects of pH and drying on adsorption of phosphate by aluminium organic matter associations*. *J. Soil Sci.* 40: 773-781.

HOJITO, M. S., Higashida, A. Nishimune, and K. Takao. 1987. *Effects of liming on grass growth, soil solution composition, and microbial activities*. *Soil Sci. Plant Nutr.* 31: 177-185.

JACKSON, M. L. 1982. *Análisis químico de suelos*. 4ta. ed. Ed. Omega. Barcelona, España.

JASO, I. R. 1984. *Influencia del medio ambiente sobre el desarrollo, rendimiento y calidad de forraje y grano de triticale (X Triticosecale Wittmack). Modelo de producción de forraje y grano en función de la humedad del suelo y unidades térmicas en Buenavista Coah.* Tesis M.en C. Especialidad de riego y drenaje. Buenavista, Saltillo, Coah. México.

JUNCO, R. M. 1986. *Triticale: Revisión bibliográfica y elaboración de pan.* Tesis Q.F.B. Universidad La Salle (U.N.A.M.), México.

KAURICHEV, I. S., N. P. Panov. M. V. Stratonovich, I. P. Grechin, V. I. Sávich, N. F. Ganzhara, A. P. Mershin. 1980. *Prácticas de Edafología*. Ed. Mir Moscú. pp. 287.

LÓPEZ-HERNÁNDEZ, D., and C. P. Burnham. 1974. *The effect of pH on phosphate adsorption in soils.* J. Soil Sci. 25: 207-216.

MARTÍNEZ, S. J. 1985. *Alamo Tc1. S3 y Altar C84 Nuevas variedades de triticale y trigo duro.* S.A.R.H. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas. Cd. Obregón, Sonora, México. Folleto técnico No. 5, Marzo.

MARTINI, J. A., and R. G. Muters. 1985. *Effect of lime rates on nutrient availability, mobility, and uptake during the soybean-growing season: 1. Aluminum, manganese, and phosphorus.* Soil Sci. 139: 219-226.

MELO, C. y Contreras, W. 1974. *Importancia biológica y social de las reservas naturales. Estación Experimental de Fauna Silvestre de San Cayetano, Edo. de México.* Instituto Mexicano de Recursos Naturales Renovables. Ediciones del IMRNR, México D.F. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales.

NATIONAL Academy Press. *Triticale. A Promising Addition to the World's Cereal Grain.* Washington, D.C. 1989.

NUÑEZ, E. R. 1985. *Efectos de la acidez del suelo sobre la producción de cultivos y su corrección mediante el encalado.* Serie Cuadernos de Edafología 2. Centro de Edafología, Colegio de Posgraduados. Chapingo, México.

OCEGUEDA, C. S. 1989. *Clasificación de las tierras del Centro de Reproducción de la Vida Silvestre "Ing. Luis Macías Arellano" y aledaños: Implicaciones para la evaluación del uso potencial.* Carrera de Biología. E.N.E.P. Zaragoza. Inédito.

ORTÍZ-V. B. 1975. *Edafología*. Escuela Nacional de Agricultura. Chapingo, México.

PEARSON, R. W. 1975. *Soil acidity and liming in the humid tropics*. Cornell Int. Agric. Bull. 30, Cornell University, Ithaca, New York.

PEÑA, B. R. y Amaya, C. A. 1980. *Triticale un nuevo cereal en desarrollo*. Revista Pagnafa.

PÉREZ, H. L. 1989. *Zonificación agroecológica del Edo. de Campeche para el cultivo del arroz (Oriza sativa)*. Tesis Biólogo. E.N.E.P. Zaragoza. U.N.A.M.

PRIMO, Y. E. 1979. *Química agrícola III. Alimentos*. Ed. Alhambra. España.

RAMOS, H. S., Y N. H. Aguilera, 1981. *Comportamiento de fertilizantes fosfatados y el uso de enmiendas calcáreas y silicatadas en suelos fijadores de fósforo*. XIV Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo. Vol. 2: 684-694.

RHUE, R. D., and D. R. Hensel, 1983. *The effect of lime on the availability of residual phosphorus and its extractability*. Soil Sci. Soc. Am. J. 47: 266-270.

SAMPLE, E. C., R. J. Soper, and G. J. Racz. 1980. *Reactions of phosphate fertilizers in soil*. pp. 263-310. In: F. E. Khasawneh, E. C. Sample, and E. J. Kamprath (eds.). *The role of phosphorus in agriculture*. American Society of Agronomy. Crop Science Society of America Soil Science Society of America. Madison, Wisconsin. U.S.A..

SIDDIQI, M. Y. and A. D. M. Glass. 1981. *Utilization index: a modified approach to the estimation and comparison of nutrient utilization efficiency in plants*. Journal of Plant Nutrition, New York, 4(3): 289-302.

SIMS, J. T., and B. G. Ellis. 1983. *Adsorption and availability of phosphorus following the application of limestone to an acid, aluminous soil*. Soil Sci. Soc. Am. J. 47: 888-893.

SUMMER, M. E. 1979. *Response, of alfalfa and sorghum to lime on high we a thered soils*. Agron. J. 71: 763-766.

TAMAYO, J. L. 1980. *Geografía de México*. 9a. ed. Ed. Trillas. México.

TAMHANE, R. V. 1978. *Suelos. Su química y fertilidad en zonas tropicales*. Ed. Diana. México.

TEUSCHER, H. y Adler, R. 1987. *El suelo y su fertilidad*. Ed. CECSA. México.

TRASAR-CEPEDA MA. C., and T. Carballas. 1990. *Liming and the phosphatase activity and mineralization of phosphorus in an Andic soil*. Soil Biol. Biochem. Vol. 23, No. 3, pp. 209-215.

VARUGHESE, G., T. Barker y E. Saari. 1987. *Triticale*. CIMMYT, México. 32 pp.

VILLEGAS, E., E. Ortega y R. Bauer. 1985. *Métodos químicos usados en el CIMMYT para determinar la calidad de proteína de los cereales*. CIMMYT, México.

WHITE, R. E., and A. W. Taylor. 1977. *Effect of pH on phosphate adsorption and isotopic exchange in acid soil at low and high additions of soluble phosphate*. J. Soil Sci. 28: 48-61.

WHITE, R. E. 1981. *Retention and release of phosphate by soil and soil constituents*. pp. 71-114. In: P. B. Tinker (ed.). *Soil and Agriculture*. Blackwell Scientific Publications. Oxford, London.

12. APÉNDICE

Cuadro Ap1. Análisis de variación para la variable fósforo disponible en el suelo.

Fuente de variación	GL	Suma de cuadrados	Media de cuadrados	Valor de F	Pr>F	F tab.
Modelo	33	0.10811	0.00327	6.14	0.0001	1.48
Error	62	0.03305	0.00053			
Total	95	0.14116				

Rep.	2	0.03441	0.01720	32.27	0.0001	2.39
Fosforo	3	0.00261	0.00087	1.63	0.1905	2.18
Abono	3	0.00250	0.00083	1.56	0.2069	2.18
Fos*Abono	9	0.01637	0.00181	3.41	0.0018	1.74
Cal	1	0.03630	0.03630	68.10	0.0001	2.79
Fos*Cal	3	0.00265	0.00088	1.66	0.1847	2.18
Abono*Cal	3	0.00823	0.00274	5.15	0.0031	2.18
Fo*Ab*Ca	9	0.00501	0.00055	1.04	0.4157	1.74

Significativo al 1%.

Cuadro Ap2. Análisis de variación para la variable fósforo foliar.

Fuente de variación	GL	Suma de cuadrados	Media de cuadrados	Valor de F	Pr>F	F tab.
Modelo	32	0.05625	0.00175	30.88	0.0001	1.61
Error	31	0.00176	0.00005			
Total	63	0.05801				

Rep.	1	0.00016	0.00016	2.97	0.0949	2.88
Fosforo	3	0.02402	0.00800	140.63	0.0001	2.28
Abono	3	0.00501	0.00167	29.34	0.0001	2.28
Fos*Abono	9	0.00666	0.00074	13.01	0.0001	1.85
Cal	1	0.00007	0.00007	1.34	0.2551	2.88
Fos*Cal	3	0.01256	0.00418	73.56	0.0001	2.28
Abono*Cal	3	0.00137	0.00045	8.04	0.0004	2.28
Fo*Ab*Ca	9	0.00637	0.00070	12.43	0.0001	1.85

Significativo al 1%.

Cuadro Ap3. Análisis de varianza para la variable rendimiento de triticale.

Fuente de variación	GL	Suma de cuadrados	Medio de cuadrados	Valor de F	Pr>F	F tab.
Modelo	33	2229768	675687.30	2.45	0.0012	1.40
Error	62	1711589	276062.82			
Total	95	3941357				
Rep.	2	613627	306813.78	1.11	0.3356	2.39
Fosforo	3	3342588	1114196.15	4.04	0.0110	2.18
Abono	3	2230353	743451.01	2.69	0.0537	2.18
Fos*Abo	9	5622587	624731.99	2.26	0.0291	1.74
Cal	1	742.594	742.59	0.00	0.9588	2.79
Fos*Cal	3	1465375	488458.59	1.77	0.1623	2.18
Abo*Cal	3	1429432	476477.62	1.73	0.1702	2.18
Fo*Ab*Ca	9	7592972	843663.62	3.06	0.0043	1.74

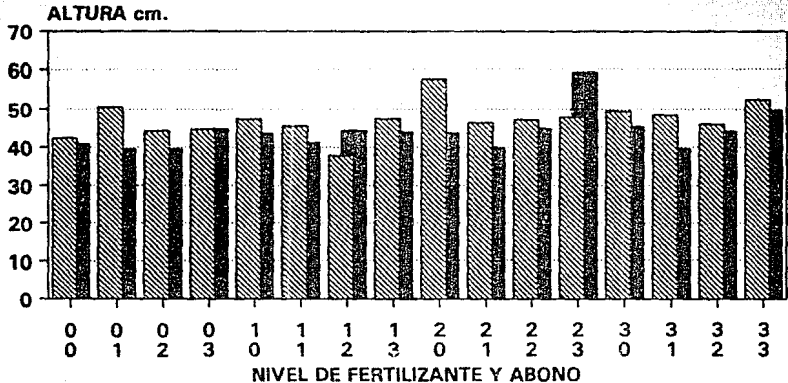
Significativo al 1%.

Cuadro Ap4. Análisis de varianza para la variable rendimiento de materia seca del triticale.

Fuente de variación	GL	Suma de cuadrados	Medio de cuadrados	Valor de F	Pr>F	F tab.
Modelo	33	46745018	1419515.72	1.17	0.2936	1.48
Error	62	75167844	1212384.53			
Total	95	121912862				
Rep.	2	10665720	533286.26	0.44	0.6461	2.39
Fosforo	3	51386430	1712881.18	1.41	0.2475	2.18
Abono	3	40629200	1354306.74	1.12	0.3491	2.18
Fos*Abo	9	86365510	959616.88	0.79	0.6251	1.74
Cal	1	74749680	7474968.17	6.17	0.0157	2.79
Fos*Cal	3	40970500	1365683.53	1.13	0.3453	2.18
Abo*Cal	3	41102520	1370084.21	1.13	0.3439	2.18
Fo*Ab*Ca	9	12158059	1350895.44	1.11	0.3664	1.74

Significativo al 1%.

**FIG. A1 ALTURA DE PLANTAS
22 DE JULIO DE 1990**



▨ 979 KG. DE CAL/HA.

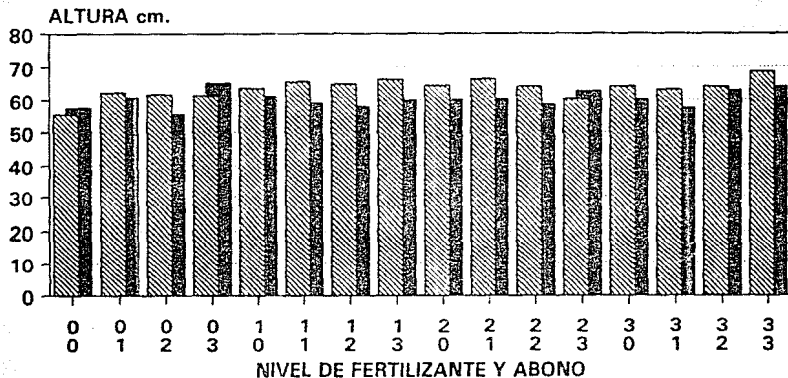
▩ 0.0 KG. DE CAL/HA.

FERT. N0=0 N1=30 N2=60 N3=90 KG/HA.

ABONO N0=0 N1=2 N3=4 N3=6 TON/HA

N=NIVEL

**FIG. A2 ALTURA DE PLANTAS
29 DE JULIO DE 1990**

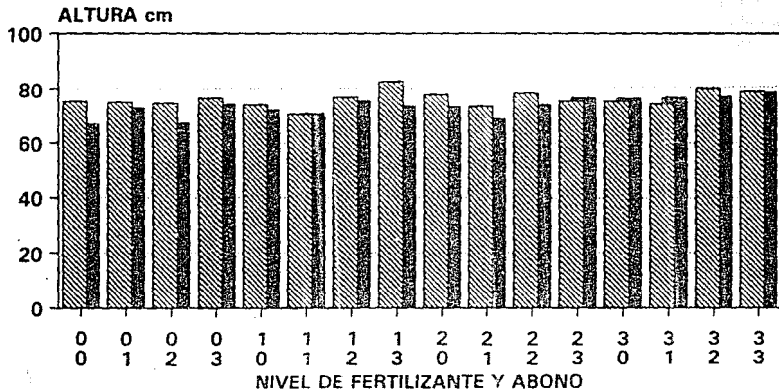


979 KG. DE CAL/HA.

0.0 KG. DE CAL/HA.

FERT. N0=0 N1=30 N2=60 N3=90 KG/HA.
 ABONO N0=0 N1=2 N2=4 N3=6 TON/HA
 N=NIVEL

**FIG. A3 ALTURA DE PLANTAS
4 DE AGOSTO DE 1990**



▨ 979 KG. DE CAL/HA.

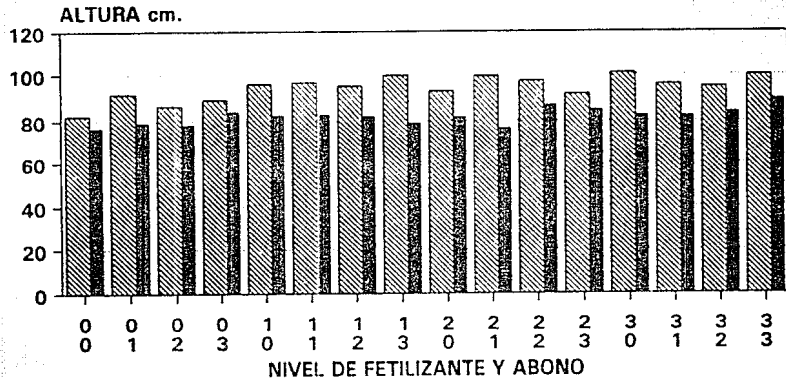
▩ 0.0 KG. DE CAL/HA.

FERT. N0=0 N1=30 N2=60 N3=90 KG/HA.

ABONO N0=0 N1=2 N2=4 N3=6

N=NIVEL

**FIG. A4 ALTURA DE PLANTAS
12 DE AGOSTO DE 1990**

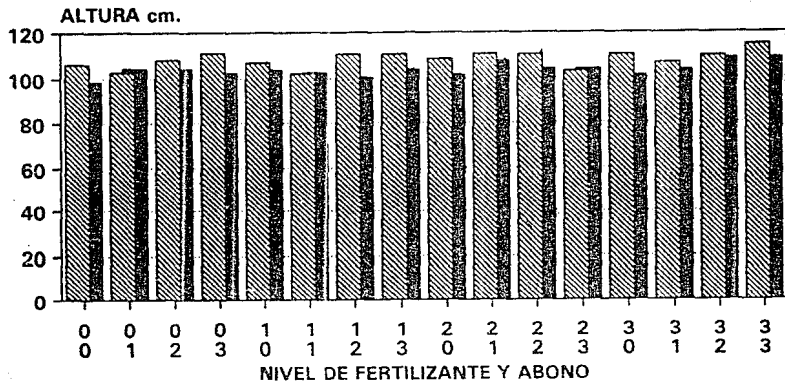


979 KG. DE CAL/HA.

0.0 KG. DE CAL/HA.

FERT. N0=0 N1=30 N2=60 N3=90 KG/HA.
 ABONO N0=0 N1=2 N2=4 N3=6 TON/HA
 N=NIVEL

**FIG. A5 ALTURA DE PLANTAS
19 DE AGOSTO DE 1990**

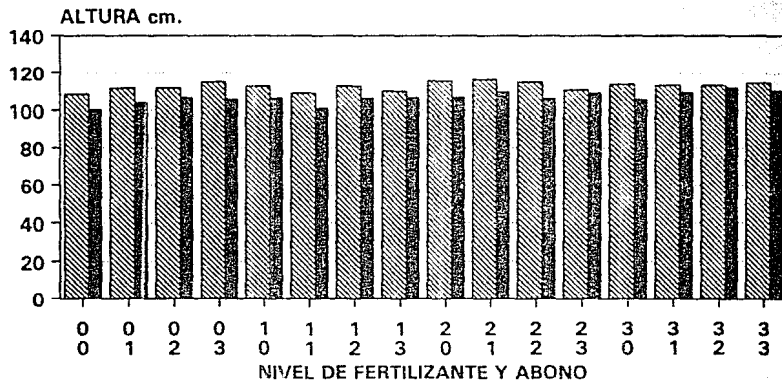


979 KG. DE CAL/HA.

0.0 GK. DE CAL/HA.

FERT. N0=0 N1=30 N2=60 N3=90 KG/HA.
 ABONO N0=0 N1=2 N2=4 N3=6 TON/HA
 N=NIVEL

**FIG. A6 ALTURA DE PLANTAS
24 DE AGOSTO DE 1990**



▨ 979 KG. DE CAL/HA.

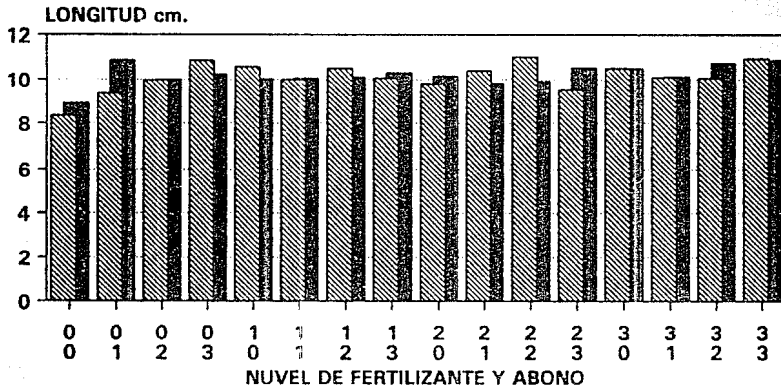
▤ 0.0 KG. DE CAL/HA.

FERT. N0=0 N1=30 N2=60 N3=90 KG/HA.

ABONO N0=0 N1=2 N2=4 N3=6 TON/HA

N=NIVEL

**FIG. A7 LONGITUD DE ESPIGA
31 DE AGOSTO DE 1990**

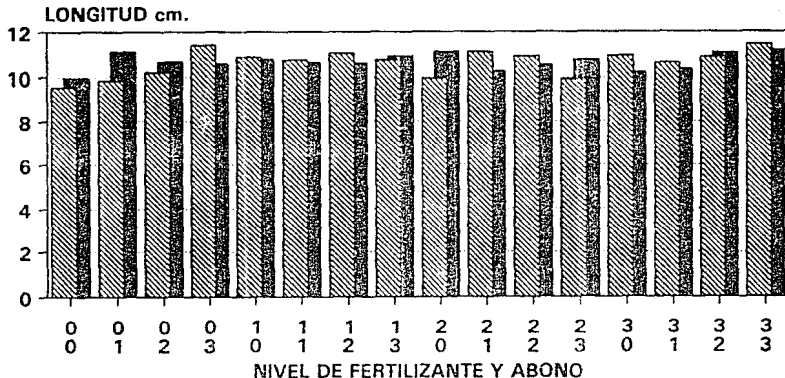


▨ 979 KG. DE CAL/HA.

■ 0.0 KG. DE CAL/HA.

FERT. N0=0 N1=30 N2=60 N3=90 KG/HA.
 ABONO N0=0 N1=2 N2=4 N3=6 TON/HA
 N=NIVEL

**FIG. A8 LONGITUD DE ESPIGA
9 DE SEPTIEMBRE DE 1990**



▨ 979 KG. DE CAL/HA.

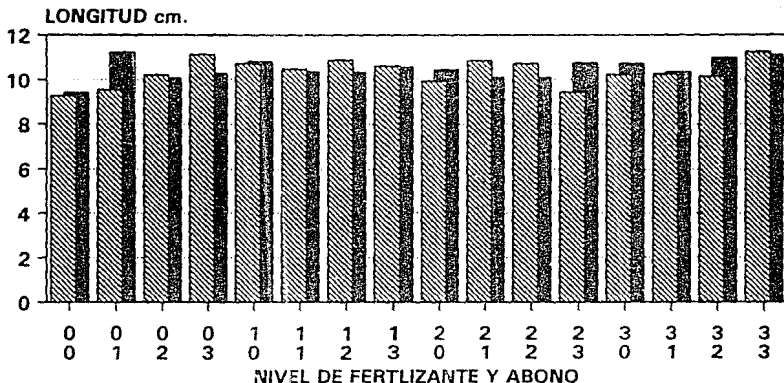
■ 0.0 KG. DE CAL/HA.

FERT. N0=0 N1=30 N2=60 N3=90 KG/HA.

ABONO N0=0 N1=2 N2=4 N3=6 TON/HA

N=NIVEL

**FIG. A9 LONGITUD DE ESPIGA
21 DE SEPTIEMBRE DE 1990**



▨ 979 KG. DE CAL/HA.

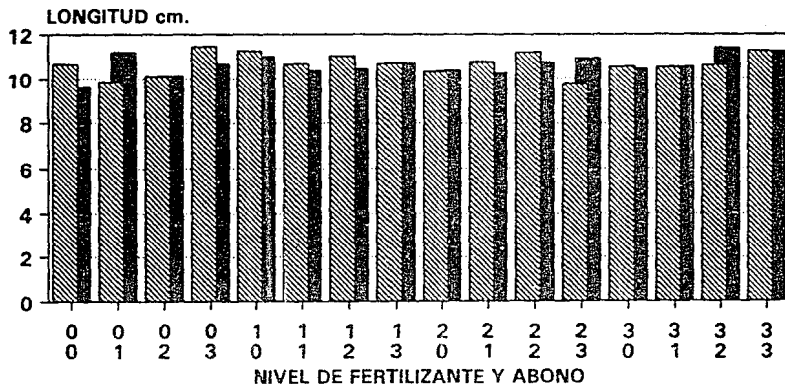
■ 0.0 KG. DE CAL/HA.

FERT. N0=0 N1=30 N2=60 N3=90 KG/HA.

ABONO N0=0 N1=2 N2=4 N3=6 TON/HA

N=NIVEL

**FIG. A10 LONGITUD DE ESPIGA
6 DE OCTUBRE DE 1990**



979 KG. DE CAL/HA.

0.0 KG. DE CAL/HA.

FERT. N0=0 N1=30 N2=60 N3=90 KG/HA.
 ABONO N0=0 N1=2 N2=4 N3=6 TON/HA
 N=NIVEL

13. AGRADECIMIENTOS

Agradezco a los Biólogos Ramiro Ríos G., Elvia García S., Ma. de Jesús Sánchez C. y Rubén Zulbarán R., por la revisión del trabajo, así como por las observaciones y sugerencias que hicieron para mejorarlo.

Expreso mi agradecimiento al Biólogo Gerardo Cruz Flores por su asesoría en todo el trabajo, su compañerismo y amistad. Gracias Gerardo.

Infinitamente agradezco al sr. José Quintero, a su esposa Candelaria e hijos, las facilidades que nos dieron para trabajar en sus parcelas, y sobre todo, la amistad que nos brindaron, de aprecio incomparable.