

UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA

FACULTAD DE AGRICULTURA



DEFICIENCIA FERRICA EN SORGO (*Sorghum Bicolor* L. Moench)
EN VERTISOLES DE LA CIENEGA DE CHAPALA

TESIS PROFESIONAL

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO AGRONOMO

P R E S E N T A N:

ALFONSO MORALES REYES

RAFAEL JARA RODRIGUEZ

GUADALAJARA, JALISCO 1991



UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA
FACULTAD DE AGRONOMIA

SECCION ESCOLARIDAD
EXPEDIENTE _____
NUMERO 0492/91

5 de agosto de 1991

C. PROFESORES:

ING. J. JESUS SEPULVEDA MEDIA, DIRECTOR
ING. JOSE ANTONIO SAUDOVAL MADRIGAL, ASESOR
ING. ELIAS SANDOVAL ISLAS, ASESOR

Con toda atención me permito hacer de su conocimiento, que habiendo sido aprobado el Tema de Tesis:

DEFICIENCIA FERRICA EN SORGO (*Sorghum bicolor* L. Moench). EN
VERTISOLES DE LA CIENEGA DE CHAPALA

presentado por el (los) PASANTE (ES) ALFONSO MORALES REYES Y RAFAEL
JARA RODRIGUEZ.

han sido ustedes designados Director y Asesores, respectivamente, para el desarrollo de la misma.

Ruego a ustedes se sirvan hacer del conocimiento de esta Dirección su Dictamen en la revisión de la mencionada Tesis. Entre tanto, me es grato reiterarles las seguridades de mi atenta y distinguida consideración.

A T E N T A M E N T E
"PIENSA Y TRABAJA"
"AÑO LIC. JOSE GUADALUPE ZUNO HERNANDEZ"
EL SECRETARIO


ING. M.C. SALVADOR MENA MUNGUÍA

mam



UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA
FACULTAD DE AGRONOMIA

Sección ESCOLARIDAD
Expediente
Número ..0492/91.....

5 de agosto de 1991

ING. JOSE ANTONIO SANDOVAL MADRIGAL
DIRECTOR DE LA FACULTAD DE AGRONOMIA
DE LA UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA
PRESENTE

Habiendo sido revisada la Tesis del (los) Pasante (es)

ALFONSO MORALES REYES Y RAFAEL JARA RODRIGUEZ

titulada:

DEFICIENCIA FERRICA EN SORGO (Sorghum bicolor L. Moench), EN
VERTISOLES DE LA CIENEGA DE CHAPALA

Damos nuestra Aprobación para la Impresión de la misma.

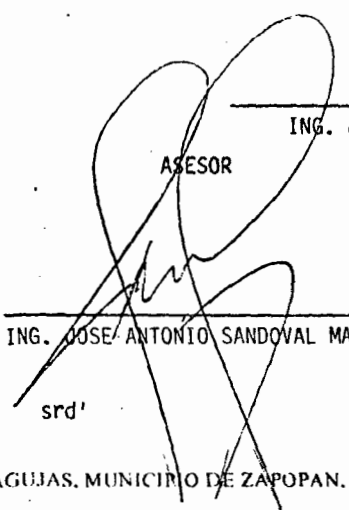
DIRECTOR



ING. J. JESUS SEPULVEDA MEJIA

ASESOR

ASESOR



ING. JOSE ANTONIO SANDOVAL MADRIGAL



ING. ELIAS SANDOVAL ISLAS

srd'

mam

Al contestar este oficio citess fecha y numero

C O N T E N I D O

I.- INTRODUCCION	3
II.- REVISION BIBLIOGRAFICA	6
1.- Origen.	6
2.- Clasificación taxonómica del sorgo.	8
3.- Descripción botánica del sorgo.	9
3.1 Ciclo vegetativo	9
3.2 Clasificación sexual	9
3.3 Sistema radicular	9
3.4 Tallos	10
3.5 Hojas	10
3.6 Flores	10
3.7 Grano	11
4.- Requerimientos del cultivo.	12
4.1 Temperaturas	12
4.2 Humedad	12
4.3 Altitud	12
4.4 Latitud	12
4.5 Fotoperíodo	13
5.- Funciones del Fe en la planta.	13
6.- Requerimientos nutricionales de las monocotiledoneas.	16
6.1 Requerimientos nutricionales del sorgo	17
7.- Efecto del pH en la disponibilidad del Fe.	17
8.- Vertisoles.	22

9.- Los suelos en relación a la disponibilidad de Fe	24
10.- Determinación de la deficiencia férrica.	26
10.1 Por análisis de suelos	26
10.2 Por sintomatología	27
11.- Corrección de la deficiencia.	28
11.1 Por aplicación al suelo	29
11.2 Por aplicaciones foliares	29
12.- Conclusiones de la revisión bibliográfica.	30
III.- OBJETIVOS, HIPOTESIS Y SUPUESTOS.	32
IV.- MATERIALES Y MÉTODOS.	34
1.- Localización geográfica.	34
2.- Hidrografía.	35
3.- Clima.	35
4.- Suelo.	36
5.- Materiales utilizados.	36
6.- Metodología	36
V.- RESULTADOS Y DISCUSION.	38
1.- Identificación de la deficiencia.	38
2.- Resultados experimentales.	40
3.- Proyección a Kg/Ha.	44
4.- Análisis económico.	51
VI.- CONCLUSIONES.	52
VII.- BIBLIOGRAFIA.	53

I.- INTRODUCCION

El sorgo para grano ha llegado a ocupar el tercer lugar en México por su importancia, en 1990 se sembraron 1'710,000 has. cosechándose 1'267,000 has. de donde se obtuvieron 5'794,000 ton. de grano.

Jalisco es uno de los principales productores de sorgo, en 1990 ocupó el tercer lugar en superficie cosechada y producción a nivel Nacional con 184,330 has. y 634,267 ton. respectivamente.

Los municipios de: La Barca, Atotonilco, Jocotepec, Tototlán, Ocotlán, Jamay, Juanacatlán, Poncitlán, Ayotlán, Ixtlahuacán De Los Membrillos, Zapotlán Del Rey, El Salto y Tlajomulco De Zuñiga, que son parte de la Ciénaga de Chapala contribuyeron con 375,241 ton. producto de la cosecha de 113,703 has. y un valor para la producción de \$ 35,086'760,000.00, esto representa el 61.68% del total cosechado en el Estado. Esta zona podría aportar un mayor volumen de grano siguiendo dos posibilidades:

1.-Incrementando la superficie sembrada con esta gramínea.

2.-Logrando mayor rendimiento por unidad de superficie, esto se puede realizar con variedades más rendidoras o por mejoramiento de prácticas de cultivo.

Una práctica de cultivo es la fertilización, la cual busca dar una adecuada nutrición a la planta, para que así pueda expresar su máxima capacidad productiva, lo cual no es posible mientras no se cumpla esta condición FIG.1

Por el tipo de suelo predominante en la zona (Vertisoles) se presentan síntomas de carencia nutricionales.

Este trabajo pretende llegar a un diagnóstico preciso del problema, y una vez identificado encontrar la manera más adecuada para solucionarlo.

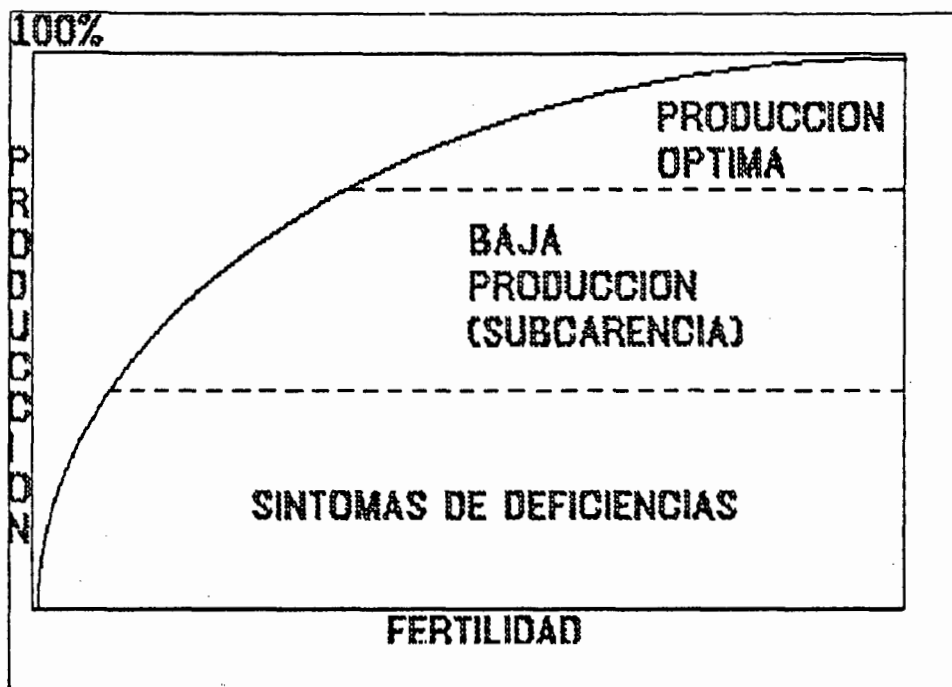


Fig. No. 1 Cuando se producen síntomas de deficiencias nutritivas en las cosechas, los niveles de producción no son rentables.

II.- REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

1.-ORIGEN

Existen indicios de que el sorgo es originario del Africa Oriental probablemente de Etiopía, Sudán y Abisinia, que habría aparecido en tiempos prehistóricos entre 3,000 y 5,000 años A.de C. o tal vez antes.

Por la superficie sembrada es el quinto cultivo en el mundo, después del trigo, arroz, maíz y cebada. Su cultivo se extiende a los seis continentes, en regiones donde la temperatura media excede en verano los 20° c., y la estación sin heladas es de 125 días o más. Los principales países productores son: Estados Unidos de Norteamérica, China, India, Nigeria, México, Argentina, Sudán y La República Arabe Unida. Martín 1975.

González (1973) informa que en México se había experimentado con sorgo, un poco antes de la revolución por parte

de Escobar en Cd. Juárez, Chih. perdiéndose noticias sobre el

cultivo hasta el año 1944, en que la oficina de estudios especiales introdujo algunos cultivares para fines de experimentación probándose en Chapingo y El Bajío. En 1958 empezó a tomar importancia en el norte de Tamaulipas, adquiriendo con el transcurso de los años un incremento del área sembrada con este cultivo; siendo actualmente una de las zonas donde se siembra mayor superficie.

En Jalisco su cultivo es de reciente introducción, para 1965 se sembraron 25,000 has., con dicha especie, para 1990 la superficie destinada a esta gramínea llegó a 184,330 has. en donde se produjeron 634,267 Ton.

2.- CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA

Según Hitchcock (1950) y Martín (1975) la clasificación es la siguiente:

DIVISION	FANEROGAMA
SUBDIVISION	ANGIOSPERMA
CLASE	MONOCOTILEDONEAE
ORDEN	GLUMIFLORAE
FAMILIA	GRAMINEAE
SUBFAMILIA	PANICOIDEAE
TRIBU	ANDROPOGONEAE
GENERO	SORGHUM
ESPECIE	VULGARE (linn) Según Hitchcock
	BICOLOR (linn) Moench según Martín

3.-DESCRIPCIÓN BOTÁNICA

3.1 Ciclo vegetativo.

El sorgo es una planta con hábito de crecimiento anual, su ciclo vegetativo tiene un rango muy amplio según las variedades y las regiones. En general las variedades de mayor rendimiento son de 120 a 140 días.

3.2 Clasificación sexual.

El sorgo es una planta sexual, monoica, hermafrodita, incompleta y perfecta.

3.3 Sistema radicular.

Las raíces del sorgo son adventicias, fibrosas y desarrollan numerosas laterales.

Mela citado por González (1973) señala que posee sistema radical fibroso muy amplio, profundo y ramificado, permitiendo esto aprovechar un gran volumen de suelo. En estado de completa madurez, las raíces pueden alcanzar longitudes de 1.20 a 1.80 mts. en suelos profundos y permeables, siendo esta una de

las razones que determinan su resistencia a la sequía.

3.4 Tallos.

Estos son cilíndricos, erectos, sólidos, pero la parte central con frecuencia se vuelve esponjosa y fistulada, la altura varía de 0.6 a 5 mts., el diámetro de la base del tallo principal varía de 1 a 5 cm., estando dividido longitudinalmente en canutos (entre nudos) cuyas uniones forman los nudos de los cuales emergen las hojas. Cada nudo esta provisto de una yema lateral. En algunas variedades una, dos ó tres yemas inferiores se desarrollan para formar macollos.

3.5 Hojas.

Artschawager (1948) y Vinall et al (1936) indican que las hojas del sorgo forman dos hileras o sea que son dísticas, alternan en lados opuestos y aparecen aproximadamente en un mismo plano.

3.6 Flores.

Hayes et al (1955) las flores se presentan como una inflorescencia en forma de panícula, la cual puede ser abierta compacta o semicompacta; las espiguillas son de dos clases:

sésiles y pediceladas.

Las flores son hermafroditas con un porcentaje de polinización cruzada muy bajo, entre 2 y 6% .

Los estigmas son receptivos antes de que abra la flor, en un lapso de 14 a 16 días después de iniciada la floración. Florea de la parte superior de la panoja hacia la base, y dependiendo de la temperatura, la polinización dura de 8 a 10 días.

3.7 Grano.

Quinby y Sehertz (1975) las semillas son de forma redonda, y su color cambia según la variedad, desde el blanco hasta un castaño rojizo muy intenso, con matices intermedios de rosa, rojo, amarillo, castaño, gris y otros. El color del grano esta determinado por la pigmentación del pericarpio la testa y el endospermo.

Chena (1960) comenta que el grano forma lo que botánicamente se llama cariopside; tiene un endospermo formado casi en su totalidad por almidón, el cual si le falta agua en su fase lechosa, se arruga y tiene poco peso.

4.-REQUERIMIENTOS DEL CULTIVO

4.1 Temperatura.

La temperatura media óptima para su desarrollo es de 26.7° c. como mínima 16° c. y 37.5° c. como máxima.

4.2 Humedad.

EL sorgo es un cultivo que tolera la sequía por lo que es propio para zonas donde la lluvia es insuficiente para el cultivo del maíz, como en aquellas con precipitación media anual de 400 a 600 mm., sin embargo también resiste condiciones de exceso de humedad.

4.3 Altitud.

Normalmente se desarrolla bien desde el nivel del mar hasta 2,200 mts SNM.

4.4 Latitud.

El sorgo se cultiva entre los 45° de latitud norte

y los 35° de latitud sur.

4.5 Fotoperiodo.

Garner y Alard (1923) encontraron que el sorgo es una planta de días cortos, esto significa que con días cortos y noches largas se induce la floración sin embargo Quinby y Karper (1948) evaluando 35 variedades obtuvieron diferente respuesta al fotoperiodo.

5.- FUNCIONES DE FE EN LA PLANTA

Mortvedt (1983) cita las discusiones acerca del papel del Fe en el metabolismo de las plantas se inician históricamente con la observación realizada por Gris (1944) de que el Fe es necesario para el mantenimiento de la clorofila en plantas. A partir de entonces los botánicos han tratado de descubrir el mecanismo por el cual el Fe ejerce su control. Gran parte del trabajo resultante ha llevado a la catalogación de muchos compuestos que contienen Fe, a síntomas de deficiencia, a interacciones con otros elementos y otras observaciones descriptivas pero no responsables de este efecto primario del Fe

(Hewite, 1963; Brown, 1963; Price 1968). El Fe es claramente

esencial como componente de muchas enzimas y transportadores HEME y no HEME. (CUADRO)

PROTEINA	PROTEINA
Catalasa	Ferrodoxina
Citocromo a	Ferricromo *
Citocromo b	Peroxidasa
Citocromo c	Succino Dehidrogenas

* Una proteína de almacenamiento de Fe en *ustilago sphaerogena*.

Pero actualente es generalmente aceptado que el Fe no juega ningún papel en la síntesis enzimática de porfirina en plantas (Carrell y Price 1965) ó en las bacterias que secretan porfirina (Kortatec 1970). Se considera que la acumulación coproporfirinogeno en células deficientes en Fe se debe a causas indirectas (Kortstee 1970, Peter y Warren 1970).

Aunque la quelación de Fe por porfirinas, es divalente

(como en ferredoxina) y ó (como ferricromo) son responsables por muchas de las propiedades bioquímicas y fisiológicas de estas sustancias (Valle 1964; Brown 1963; Hewitt 1963), la disminución observada en el contenido ó actividad de estos compuestos en deficiencias de Fe parece no recurrir en cualquier orden simple predicho por la química de la coordinación (Price 1958). La clorosis por deficiencia de Fe tampoco puede ser explicada simplemente por competencia de compuestos conocidos de Fe por el Fe disponible.

Una hipótesis alternativa fue sugerida por la observación de Fuwa et al (1960) de que los ácidos nucleicos contienen generalmente grandes cantidades de elementos traza, incluyendo al Fe. Fuwa et al se preguntaron abiertamente si el Fe podía jugar un papel esencial en el metabolismo de los ácidos nucleicos. Estas observaciones fueron ampliadas por Domschke et al (1970) y Meyer Bertensath, quienes identificaron una cromoproteína ribosomal conteniendo 20% de Fe. mas aun, el contenido de Fe de esta proteína varia con el estado fisiológico del organismo.

Se ha establecido un efecto específico de la deficiencia del Fe en el metabolismo del ARN de los cloroplastos.

El alga *Euglena gracilis* puede crecer bajo condiciones de deficiencia de Fe tales que el crecimiento normal de las células se lleva a cabo en la presencia de una inhibición casi completa de la síntesis de clorofila (Karali y Price 1963). Cuando se aislaron los cloroplastos deficientes en Fe mediante un método que preserva la integridad de los organelos, se encontró menos de la mitad del ARN proviene de cloroplastos y ribosomas de cloroplastos que en los controles. El ARN citoplasmático no es afectado a este grado por la deficiencia de Fe (Funkhouser y Price, datos no publicados). Ya que este efecto se ha puesto de manifiesto en deficiencia incipiente, se ha inferido que podría ser una consecuencia directa de la deficiencia de Fe. Domínguez (1973) menciona que el Fe dentro de la planta es bastante inmóvil.

6.- REQUERIMIENTOS NUTRICIONALES DE LAS

MONOCOTILEDÓNEAS

(Hrist 1974, citado por Bish et al 1977) indicó que las plantas monocotiledóneas, particularmente los cereales tienen un alto requerimiento de hierro. Por ello, Brown (1956), citado por Bish, et al (1977) dice que estos requerimientos, los hace

susceptibles a la clorosis férrica, la cual es uno de los desordenes de la planta más extenso.

6.1 Requerimientos nutricionales del sorgo.

En un estudio relativo a la susceptibilidad de híbridos de sorgo de alta producción y mijo perla a la deficiencia férrica, realizado por Bisht et al (1977) encontraron que la severidad de los síntomas visuales a la deficiencia férrica la disminución del contenido en clorofila y producciones de materia seca, de los dos híbridos, revelaron que el sorgo tiene un más alto requerimiento de fierro y es más susceptible a la deficiencia que el mijo perla.

Wallihan (1976), hace referencia que en toda el area Occidental de E.U.A. incluida California, citan al sorgo para grano como el cultivo que tiene el problema principal de deficiencia férrica. (Cuadro No. 1)

7.- EFECTO DEL pH EN LA DISPONIBILIDAD DE Fe

La influencia de pH en la solubilidad de Fe, va desde una deficiencia en suelos alcalinos a toxicidad en suelos latosílicos. Mortvedt, et al (1972). (Figura No.2)

Morvedt, et al (1972) plantea que el marcado cambio

en Fe, tan referido al pH es bién ilustrado por valores que exceden 1000 p.p.m. a pH 6.3- 352 p.p.m. a pH 6.5, 35 p.p.m. a pH

CUADRO No. 1

Aparición y corrección de deficiencias de nutrientes secundarios y micronutrientes. Para varios de estos nutrientes, existen otros cultivos más sensibles que el maíz y, en consecuencia, los síntomas carenciales pueden ser observados antes de que la disponibilidad de dichos elementos en el suelo descienda a un nivel de deficiencia para el maíz.

Nutriente	Condiciones del suelo	Cultivos más sensibles en que son más probables las deficiencias	Síntomas de deficiencia en maíz, observados en el campo	Tratamiento correctivo propuesto al observarse la deficiencia
Boro	pH alto, sequía	Alfalfa Remolacha azucarera	No	Distribución de borax o productos solubles
Calcio	pH muy bajo	Alfalfa Tréboles	Raramente	Encalado según análisis de suelo
Cloro	Ninguna		No	Ninguno
Cobre	Alto contenido de materia orgánica		Sí	Óxido de cobre o sulfato de cobre aplicado en bandas

Hierro	pH alto, suelos húmedos y de escasa aeración, baja temperatura	Porotos, Mijo, Sorgo	SÍ	Pulverizar con solución de hierro al 1% y repetir si es necesario. Aplicar sulfato ferroso u otros productos
Magnesio	pH bajo, alto contenido de potasio. Suelos arenosos	Maíz	SI	Aplicar 28 kg de productos solubles en la línea de siembra, pulverizar con 22 kg de sulfato de magnesio (Sales de Epsom) Usar dolomita al año siguiente
Manganeso	Suelos arenosos alcalinos o suelos orgánicos	Porotos Avena	Dudosos	Pulverizar con 1,1 kg/ha de sulfato de manganeso u otro producto soluble en agua

Molibdeno	pH bajo, suelos desgastados por agentes climáticos	Alfalfa Arveja	No	Ninguno
Azufre	pH bajo, suelos con bajo contenido de materia orgánica, suelos fríos y húmedos	Alfalfa	Dudosos	Ninguno
Cinc	Subsuelos expuestos, pH alto, alto contenido de fósforo, suelos fríos y húmedos, remolacha azucarera como cultivo antecesor	Maíz	Sí	Pulverizar con solución de cinc al 0,5% o 1% Compuestos orgánicos Confirmar el tratamiento con el vendedor local de fertilizantes

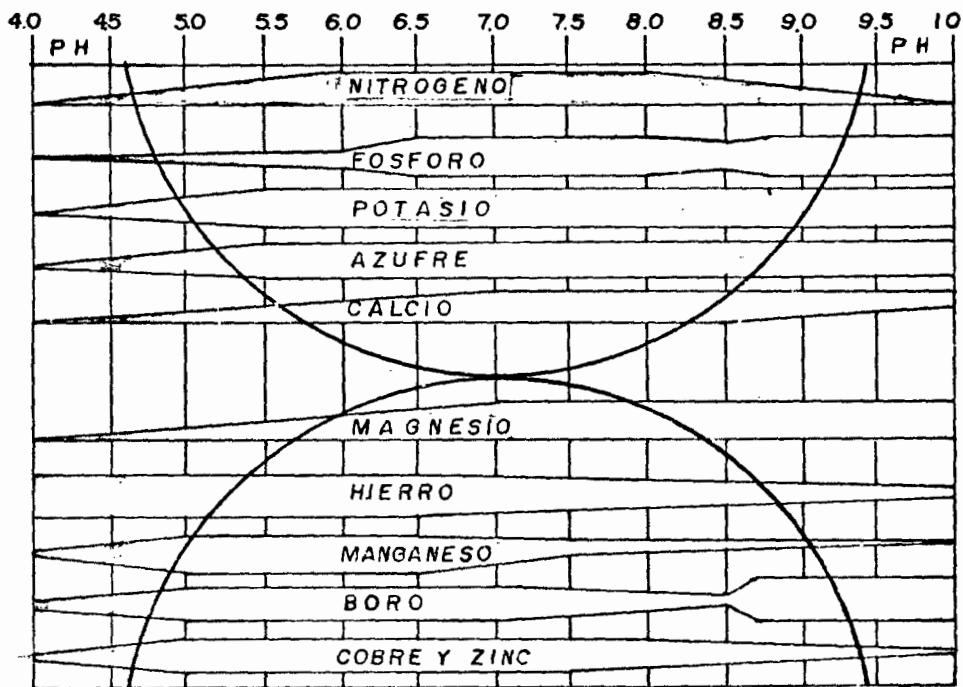


Fig. 2 Influencia del PH del suelo sobre la facilidad de asimilación de los distintos elementos. La anchura de las fajas indica el mayor o menor grado en que los elementos son asimilables para cada valor del PH del suelo.

7.0 y solamente 3.5 p.p.m. a pH 7.5. A su vez Ponnamparuma (s.f.) citado por el anterior, indujo estados de deficiencia en arroz a valores de pH tan altos como 7.5.

8.-VERTISOLES

Dudal (1963) referido por Buol et al menciona que en todos los continentes excepto en la Antartida, se encuentran distribuidos aproximadamente 2'350,000 km² de suelos arcillosos oscuros, ubicándose entre las latitudes 45° N. y 45° S.

Dudal (1967) comenta que por su extensa distribución geográfica, los suelos arcillosos oscuros existen bajo climas muy diversos, tanto en los muy calidos como en los frios. En algunas regiones pueden padecer heladas en los meses invernales.

Buol (1963) menciona que los patrones de precipitaciones pluviales asociados con los vertisoles son diversos. Aunque una estación seca es característica necesaria, pudiendo ser de duración variable. Además establece como característica común en los diversos materiales originales de los vertisoles una reacción básica (alcalina). Estos incluyen rocas sedimentarias calcáreas, rocas ígneas básicas, basalto, cenizas y aluviones de esos materiales. Por su parte Dudal señala dos

BIODIVERSIDAD Y AGRICULTURA

clases de materiales originales:

- 1.- Material arcilloso de origen sedimentario
 - A) Aluviones fluviales y marítimos
 - B) Depósitos coluviales (en las depresiones y zonas de pie de monte)
 - C) Depósitos lacustres
 - D) Margas
- 2.- Materiales arcillosos procedentes de la meteorización de rocas duras no consolidadas.
Las propiedades típicas de los vertisoles son:
 - 1.- Textura de arcilla
 - 2.- No hay evidencia de eluviación ni iluviación
 - 3.- Estructura granular fuerte en 15 a 50 cm superiores
 - 4.- Calcáreos y con reacción alcalina o básica
 - 5.- Alto coeficiente de expansión o dilatación
 - 6.- Relieve de gilgai
 - 7.- Consistencia húmeda extremadamente plástica
 - 8.- Ca o Ca y Mg como cationes intercambiables predominantes
 - 9.- Montmorillonita como mineral arcilloso

predominante

- 10.- Material original de arcilla calcárea
- 11.- Superficies de solum de más de 25 cm de espesor;
por lo común de más de 76
- 12.- Colores oscuros de tonalidades bajas
- 13.- Contenido de materia orgánica de 1 a 3%
- 14.- Poca intemperización
- 15.- Vegetación de sabana ó hierbas altas

9.- LOS SUELOS EN RELACION A LA DISPONIBILIDAD DE Fe

Brown (1961), citado por Morvedt, et al (1972), establece la posibilidad que una tercera parte de la tierra mundial es calcárea, lo cual es una causa común de desordenes de fierro.

Morvedt, et al (1972), explica que condiciones de deficiencia férrica, se encuentra frecuentemente en suelos calcáreos, aunque también es conocido que ocurra en suelos ácidos. Plantios de frijol, maíz, sorgo para grano, frutales, zacates (bermuda, azul, sudán), legumbres, arroz, nogal, tomate y vegetales, han sido reportados por varias fuentes de haber sufrido síntomas de deficiencia férrica en el campo.

Walliham (1976), sugiere que estas condiciones de deficiencia, son más prevalentes en las orillas de las costas o en aluviones, debido a los extensivos depósitos de cal y la preponderancia de suelos de textura fina, derivados de rocas sedimentarias.

Lindsay J. Thorne (1954) y Hale J. Wallance (1960), citados por Morvedt, et al (1972), refieren que el ión bicarbonato ha sido implicado en el mecanismo adsorbtivo de Fe. por raíces.

Brown, et al (1959), citado por Morvedt, et al (1972), menciona que la cal indujo clorosis y que puede ser parcialmente conectada con el efecto de (Ca y P)

Morvedt, et al (1972) nos comentan que los suelos calcáreos también contribuyen en condiciones favorables, para la fijación de Zn y Mn.

Por su parte, algunos autores, Henitt (1948,1953), Millikan (1949), y Somers J. Shive (1942), citados por Morvedt et al (1972), relacionan toxicidades de metales pesados como causantes de deficiencias de Fe, en un número de especies.

10.- DETERMINACION DE LA DEFICIENCIA FERRICA

Brown and Jones (S/F/), citados por Esty, et al (1980), concluyeron que la acumulación de P. y una respuesta insuficiente al stress de Fe, causa la deficiencia de Fe en sorgo para grano.

Walliham (1976), expresa que en el caso de hierro, a diferencia de la mayoría de los nutrientes de la planta, la diferencia no es usualmente causada por bajas concentraciones en el suelo, más bien, por condiciones que limitan la habilidad de las plantas para absorberlo. La más común de estas es el alto pH, generalmente causado por cal (suelos calcareos). Y que cualquier suelo de textura pesada compacta, que sea alcalino es fuente potencial de problemas de hierro.

10.1 Por analisis de suelos.

Walliham (1976), y Morvedt, et al (1972), enuncian que la disponibilidad de Fe, parece ser que depende de muchos factores aparte de una cantidad extraible del suelo, alguna de ellos son inherentes a la planta. Es dudoso que una prueba de suelo para hierro pueda ser muy digna de confianza, hasta que los más importantes de estos factores sean entendidos así como la

causa de sus acciones.

10.2 Por sintomatología.

Rodríguez (1979), comenta que los síntomas clásicos de una deficiencia férrica en el cultivo del sorgo, consiste, en un amarillamiento entre las nervaduras de las hojas, las venas presentan una coloración verde normal, mientras que el resto de los mismos un verde pálido ó amarillo, cuando la deficiencia es muy avanzada las plantas presentan un aspecto "blanquecino ó albino" y posteriormente se secan.

Una característica adicional de la deficiencia férrica en el sorgo, es que el problema se localiza en forma de manchones ó lunares "amarillentos", presentando el resto del cultivo un color verde normal.

Thomas and Mathers (1979), establecen que las clorosis de hierro en sorgo para grano (*Sorghum bicolor* Moench), ocurre en manchas, a través de los grandes valles en suelos calcáreos con niveles de pH relativamente altos.

11.- CORRECCION DE LA DEFICIENCIA

Terblanche (1973), anota que las deficiencias férricas ocurren extensivamente en las partes de los suelos calcareos del area de Little Karoo. En algunos casos la deficiencia asume serios problemas, tanto asi que el cultivo entero es prácticamente destruido y de una manera eventual ocurre la muerte de los árboles. Si la deficiencia de hierro no es regularmente suplementada en esos periodos, esta deficiencia resulta en severas pérdidas cada año.

Una planta verde privada de Fe, nos dice Morvedt et al (1972), tempranamente empieza a ser clorótica en su nuevo crecimiento mientras su tejido más viejo permanece verde. El nuevo crecimiento de las plantas, por lo tanto, no puede depender en la exportación de Fe de tejido más viejo, pero debe depender de un continuo suplemento via el xylema o recibir aplicaciones externas.

Schneider, (Hesnin y Jones (1968), citados por Morvedt et al (1972), han señalado que las deficiencias de Fe deben ser corregidas en estados tempranos de crecimiento de las plantas para obtener la máxima respuesta de rendimiento.

11.1 Por aplicación al suelo.

Ellis, et al (1970), Murphy, et al (1970), Morvedt y Giordano (1971), y Olson (1951), citados por Morvedt, et al (1972), en los experimentos, que realizaron con diferentes fuentes y niveles de fierro, en aplicaciones al suelo, en el cultivo de sorgo para grano, no encontraron respuesta.

No obstante, en un trabajo realizado por la universidad de Kansas y en otro por Mathers (1970), citados por Morvedt, et al (1972), con grandes aplicaciones al suelo de Fe con diferentes fuentes, lograron respuestas en sorgo para grano, aunque estas resultaron incosteables.

11.2 Por aplicaciones foliares.

Withee y Carlson (1959), Kantz y Brown (1967), Richardson (1967), Sauchelli (1969), citados por Morvedt, et al (1972), señalan en sus estudios llevados a cabo, que aplicaciones foliares de Fe, a el cultivo de sorgo para grano, tuvieron buenos resultados.

12.- CONCLUSIONES DE LA REVISION BIBLIOGRAFICA

1.- Las plantas monocotiledóneas sobre todo los cereales, tienen altos requerimientos de fierro, los que los hace más susceptibles a su deficiencia.

2.- Los sorgos híbridos de alta producción tienen un gran requerimiento de fierro, siendo uno de los cultivos más afectado por su deficiencia.

3.- La disponibilidad de fierro en el suelo, para abastecer los requerimientos de la planta, resulta de una serie de factores, que la hace muy compleja. Estos factores como el pH que ha medida que se eleva, disminuye muy grandemente la solubilidad de fierro, así como los suelos calcáreos (Vertisoles), el efecto de calcio y fósforo sobre el fierro, y las toxicidades de metales pesados, intervienen en su disponibilidad, y por ello causan deficiencia férrica. Ya que esta no es usualmente promovida por bajas concentraciones en el suelo.

4.- Los análisis de suelos para la determinación de deficiencias férricas, son muy dudosos ya que la disponibilidad de fierro depende de muchos factores, aparte de una cantidad extraíble del suelo, que inclusive algunos de esos factores son

inherentes a la planta. Por lo cual estos análisis no son de confianza.

5.- En el cultivo del sorgo para grano los síntomas de una deficiencia férrica consisten, en un amarillamiento entre las nervaduras de las hojas, las venas presentan una coloración verde normal, mientras que el resto de las mismas un verde pálido ó amarillo. Cuando es muy avanzada, las plantas presentan un aspecto blanquecino ó albino y posteriormente se secan. Una característica adicional de la deficiencia férrica en el sorgo, es que el problema se localiza en forma de manchones ó lunares amarillentos presentado el resto del cultivo un verde normal.

6.- Las aplicaciones al suelo para corregir deficiencias férricas en sorgo para grano, no han tenido respuesta. Y cuando han encontrado han requerido dosis muy grandes que no son económicamente prácticas.

7.- Aplicaciones foliares de fierro, al cultivo de sorgo para grano, tuvieron buenos resultados.

III.- OBJETIVOS, HIPOTESIS Y SUPUESTOS

Objetivos.

Dada la gran importancia del sorgo para grano en México, así como ser el principal cultivo en la zona, y por las importaciones que se hacen de él año con año, es importante aumentar su producción.

Y ya que uno de los factores para que la planta pueda expresar su máxima capacidad productiva, es una adecuada nutrición. Por lo que los objetivos de este trabajo son los siguientes:

- 1.- Determinar cual es la deficiencia nutricional que se presenta en la zona.
- 2.- Plantear una manera de suplementar el nutriente.

Hipótesis.

- A) El sorgo sufre una deficiencia nutricional.

- B) Esta carencia es ocasionada por una deficiencia del fierro.
- C) Si se suministra a la planta este nutriente, la deficiencia desaparece, al encontrarse el vegetal adecuadamente nutrido, realiza sus funciones adecuadamente y por ende aumentara su producción.

Supuestos.

Las condiciones de clima y suelo, así como de manejo (preparación del terreno, siembra, fertilización, control de malezas, suministros de agua, precipitación pluvial, y asperjado de los tratamientos), fueron similares para toda el área de la parcela donde se realizó el experimento.

IV.- MATERIALES Y METODOS

El experimento motivo del presente estudio, se llevo a cabo en los terrenos propiedad del Sr. Rafael Vazquez los cuales estan ubicados a bordo de carretera, 12 Km. antes de llegar a La Barca, por la carretera Ocotlán-La Barca.

1.- Localización Geográfica.

El Municipio de La Barca esta situado al oriente del Estado sus coordenadas extremas son de los 20° 15'30" a los 20° 26'45" de latitud norte y de los 102° 21'20" a los 102° 20'40" de longitud Oeste a una altura de 1530 mts.sobre el nivel del mar. Limita al norte con Ocotlán, Atotonilco El Alto y Ayotlán; al sur con el Edo.De Michoacán; al Este con Ayotlán y al Oeste con Jamay y Ocotlán.

Se divide en 40 localidades, de las cuales las mas importantes por concetración de población son:

La Barca, San José Casas Caidas, Portezuelo, El Carmen, San Antonio De Rivas, Tarengo Viejo, San Francisco De

Rivas, San José De Los Moros, La Paz De Ordaz y El Gobernador.

2.- Hidrografía.

Sus recursos hidrográficos son proporcionados por los ríos, y arroyos que conforman la cuenca Lerma-Chapala-Santiago y la sub-cuenca Atotonilco-turbio.

Ríos: Lerma, Santa Rita, Poso Blanco.

Arroyos: Del Tarengo, EL Rincón, Moreno y Canales.

Presas: (De Calicanto) Don Ramón, La Arcina, Palo

Dulce, La Calzada, El Limón, Cuisillos,

Nogales y el sistema de Canales de riego

del Valle de La Barca.

3.- Clima.

(Según Thornthwaite).

Es semi-seco con invierno y primavera secos, semi-cálido, sin estación invernal bien definida. (C(ip) B'(a'))

Temperaturas:

Temperatura mínima -4° c

Temperatura media 21.7° c

Temperatura máxima 40° c

Promedio del días con heladas al año: 6-6

Precipitación media anual: 786.0 mm

con régimen de lluvias en los meses de Junio a Octubre.

Los vientos dominantes en dirección ESTE-OESTE.

4.- Suelo.

La superficie del municipio esta constituida por vertisoles, (Los municipios de Jalisco. Centro Nacional De Estudios Municipales).

5.- Materiales Utilizados.

Para la realización del estudio se emplea una superficie de 1,011.36 Mts² (23.52. por 43 Mts.), en suelo característico de la zona. Además una fuente de fierro (quilato de fierro, Keelex).

6.- Metodología.

Se utilizó un diseño experimental en bloques al azar, que contó con 4 repeticiones (de 23.52 por 10 Mts.), y cada una de las repeticiones con 7 parcelas (cada una de 6 surcos a 0.56 Mts. de separación y 10 Mts. de largo).

Los tratamientos fueron como sigue:

- A) Testigo
- B) 0.5 kg/ha. Quelato de Fierro
- C) 1.0 kg/ha. Quelato de Fierro
- D) 1.5 kg/ha. Quelato de Fierro
- E) 2.0 kg/ha. Quelato de Fierro
- F) 2.5 kg/ha. Quelato de Fierro
- G) 3.0 kg/ha. Quelato de Fierro

La aplicación fue foliar y se dio una asperción, cuando la planta tenía alrededor de 30cms. de altura. Sobre la variedad Pioneer B-816 que es la más empleada en la zona.

V.- RESULTADOS Y DISCUSION

1.- Identificación de la deficiencia.

Debido a que algunas deficiencias presentan síntomas muy similares pueden llegar a confundirse, por ello es de primordial importancia llegar a un diagnóstico preciso, para buscar las medidas correctivas pertinentes.

Según vimos en la revisión de bibliografía un amarillamiento entre las nervaduras de las hojas; donde las venas presentan una coloración verde normal mientras que el resto de las mismas un color verde pálido ó amarillo, es la sintomatología típica de una deficiencia de fierro, sin embargo una carencia de magnesio también presenta franjas amarillas entre las nervaduras, el maganeso a su vez las hojas toman un color verde oliva y pueden presentar franjas y en casos de carencia avanzada las hojas deficientes presentan fajas blancuscas alargadas.

Para llegar a determinar cual de estos elementos origina la carencia; si la fuente de aportación de nutrientes es el suelo nos encontramos con dos situaciones:

1.- No se encuentra en el suelo.

2.- Puede estar en el suelo, pero en una forma no asimilable.

Las condiciones del suelo que favorecen estas deficiencias son:

Fierro: Suelos alcalinos con pH elevado, calizos húmedos y de aereación pobre.

Magnesio: Suelos arenosos, muy ácidos, en regiones de lluvia moderada a fuerte donde este ha sido fuertemente lixiviado del perfil.

Manganeso: Suelos con estiércol, turba, suelos arenosos con alto contenido de, materia orgánica.

Por lo anterior al observar el tipo de suelo predominante en la región (Vertisoles) veremos que coincide con las características favorables para una carencia de fierro, y según reporta la literatura es el suelo típico donde se tiene el mayor problema de falta de fierro en sorgo, debido no a una ausencia de este elemento si no por encontrarse en forma no asimilable.

Una característica adicional de la deficiencia férrica en el sorgo, que se detecto en la zona es la localización en forma de manchones o lunares amarillentos, presentando el

resto del cultivo un color verde normal.

Rodríguez (1979) sugiere que en caso de existir alguna duda se haga una aspersión de fierro donde se presentan los síntomas y entre 5 a 8 días después de la aplicación las hojas empezarán a adquirir su color normal, lo cual efectivamente sucedió.

2.-Resultados Experimentales.

Conforme a los trabajos realizados, los rendimientos obtenidos en campo el cuadro No-2 se reportan en Kg/Parcela útil (parcela cosechada). CUADRO 2

INSTITUTO VENEZOLANO DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS

CUADRO 2. RENDIMIENTOS OBTENIDOS EN KGS POR PARCELA UTIL

Trata- mientos	A	B	C	D	E	F	G
Rep no-1	8.60	11.00	10.75	10.00	10.15	10.40	13.30
Rep no-2	9.80	8.50	11.55	11.20	10.60	11.90	11.55
Rep no-3	10.80	10.00	12.90	11.00	12.55	11.30	11.60
Rep no-4	11.00	11.20	10.45	12.40	10.85	11.50	12.50
Total tratamiento	40.20	40.70	45.65	44.60	44.15	45.10	48.95
Medias tratamiento	10.05	10.17	11.41	11.15	11.03	11.27	12.23

CUADRO 3. ANALISIS DE VARIACION

FACTOR VAR.	$\Sigma \chi^2$	G.L.	δ^2	F.C.	Ft	
					0.05	0.01
Fe ⁺⁺	13.47	6	2.24	2.38	2.66	4.01
REPTS	4.19	3	1.39	1.47	3.16	5.09
E.E.	17.09	18	0.94			
TOTAL	34.75	27				

$\chi - 11.04$

C. V. - 8.7%

Interpretacion:

-No hubo significancia entre tratamientos, ya que el valor de F calculada resulto menor al de F de tablas.

-El coeficiente de variacion resulto con un valor de 8.7% lo cual indica que el experimento fue bien conducido.

-No se encontro significancia para repeticiones indicandonos que el experimento estuvo bien bloqueado en el terreno, la pequena diferencia existente se atribuye al azar.

3.- Proyeccion de los rendimeitnos obtenidos a
KG/HA.

CUADRO 4. EFECTO DE LA DOSIS DE $K Fe^{++}$ SOBRE EL RENDIMIENTO DE GRANO
DE BORGGO (KG/PARCELA UTIL)

TRATAMIENTOS	RENDIMIENTO DE GRANO Kg.
0.0	10.050
0.5	10.175
1.0	11.412
1.5	11.150
2.0	11.037
2.5	11.275
3.0	12.237

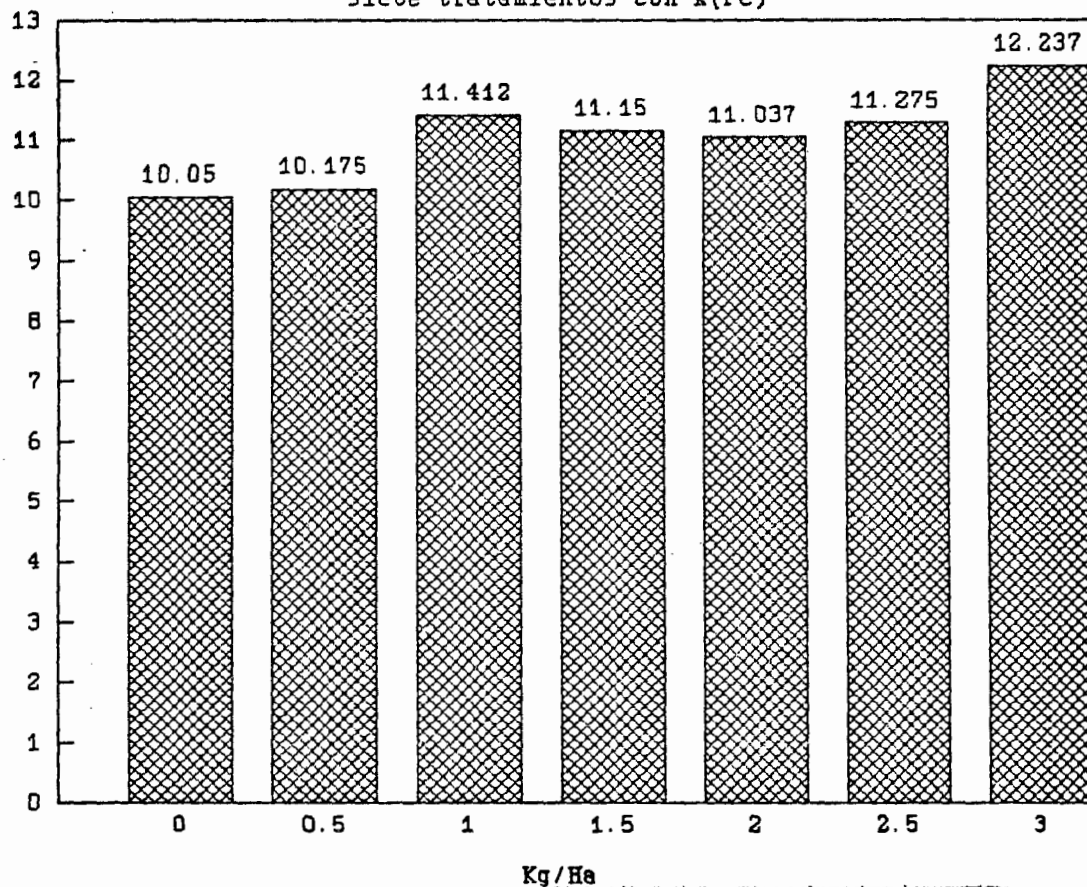
Si analizamos los valores presentados, tenemos los diferentes tratamientos y las medias de rendimientos de estos, aun

cuando en el análisis estadístico no se encontró significancia, estos datos pueden originar algunas observaciones bastantes interesantes:

-Los tratamientos fueron superiores en rendimientos al testigo FIG-NO.3

Rendimiento de Grano de Sorgo

siete tratamientos con K(Fe)



-El incremento entre el testigo y el tratamiento con mayor rendimiento fue de 2.187 Kg.

Esta diferencia a nivel parcela útil parece no decir mucho, sin embargo si hacemos una proyección a Kg/ha. Cuadro No.5 Fig. No.4 la diferencia resultante es de 1220 Kg/ha.

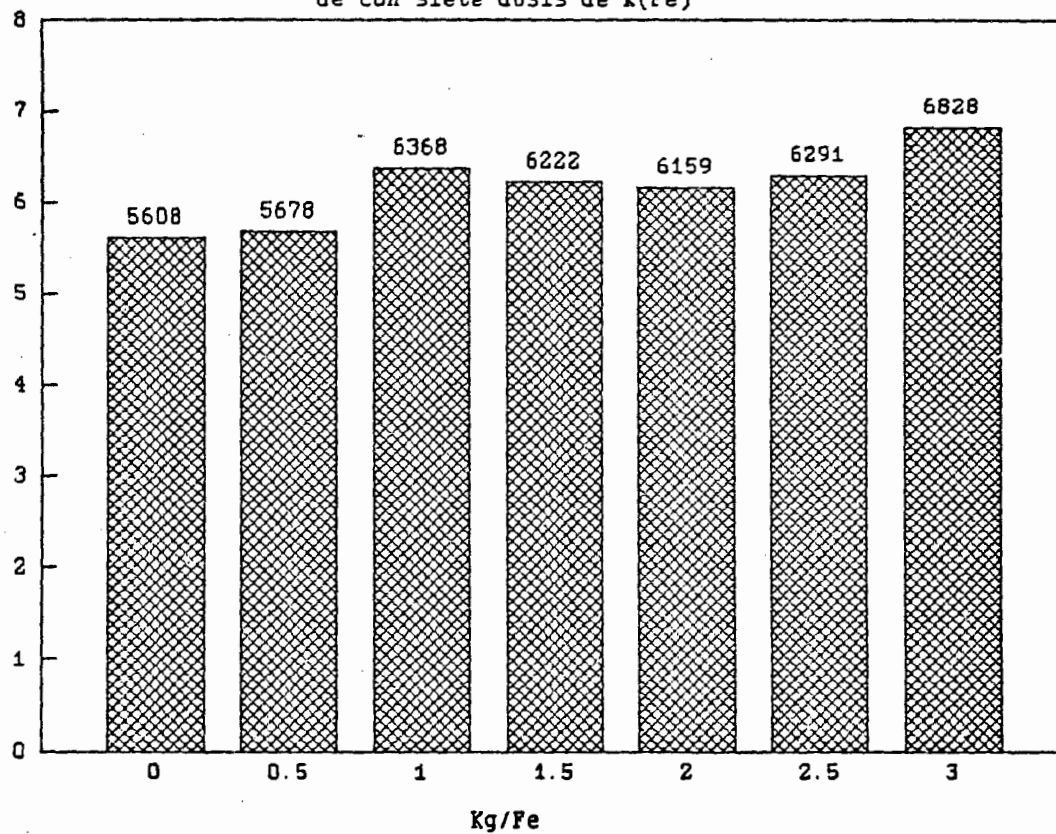
CUADRO 5. RENDIMIENTO (Kg./ha) CON SIETE DOSIS DE K(Fe).

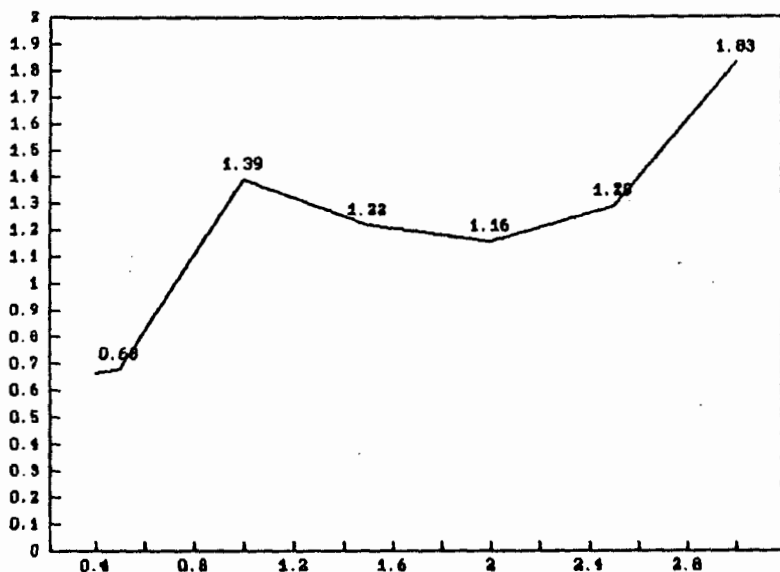
TRATAMIENTOS	RENDIMIENTO DE GRANO Kg./ha
0.0	5.608
0.5	5.678
1.0	6.368
1.5	6.222
2.0	6.159
2.5	6.291
3.0	6.828

$\chi - 6,164.85$

Rendimiento (Kg/Ha)

de con siete dosis de K(Fe)





Valor Real = Y+5

Fig. No. 4 Rendimiento de grano de sorgo en Kg/Ha con siete tratamientos con K(Fe)

4.- Análisis Económico.

Estos 1.220 Kg de grano a un precio medio rural de \$ 336.00 / kg (para el año 1990) representa un ingreso de \$ 446,520.00 / ha. Cuadro No.6

Tomando en cuenta el costo del tratamiento de \$ 72,000.00 / ha. Cuadro No.6 obtenemos un saldo a favor de \$ 374,520. / ha.

CUADRO 6 .- Análisis económico de la aplicación de K(Fe) para corregir deficiencia de Fe++ en sorgo.				
Producto	3 Kg	\$ 42,000.00	Incremento entre testigo	1,220 Kg
			y el mejor tratamiento	x 366
				\$ 446,520.00
Aplicación (1 jornal)		\$ 30,000.00		
		\$ 72,000.00		
BALDO A FAVOR				\$ 374,520.00

VI.- CONCLUSIONES.

1.-La deficiencia es de Fe ++

2.-El no encontrar diferencia significativa
entre tratamientos puede atribuirse a:

-La falta de exploración con dosis mas altas
que nos puedan dar mas rendimiento.

3.- El análisis estadístico, no hay que olvidar que es una herramienta y que no tiene la última palabra; a fin de cuentas lo importante es el impacto económico que representa para el agricultor. El análisis económico nos demuestra la rentabilidad de eliminar esta deficiencia.

4.- Pretendemos motivar a los organismos e instituciones que les corresponde dar solución a este tipo de problemas.

5.- Este trabajo nos demuestra que las prácticas de cultivo pueden, al mejorarse ser un factor para lograr incrementos en la producción, sin descartar que existen otros, y nos recuerda que fitotécnia no es sinónimo de fitomejoramiento como suele

confundirse en nuestro medio.

VII.- BIBLIOGRAFIA

- 1.- ALDRICH, R.S y E.R. LENG. Producción Moderna del maíz, 1974. 1a ed Hemisferio Sur P. 128
- 2.- BISHT, S.S. C.P.Sharma and S.C. Agarwala. 1977 Relative susceptibility of high yielding híbrids of sorghum and pearl millet to iron deficiency. Botany Department Lucknow University, Lucknow 226007. P 206-209.
- 3.- BOUL S.W., F.D. HOLE y R.J. McCracken 1981. Génesis y clasificación de suelos. México, D.F. ed-trillas. P-206-269
- 4.- DOMINGUEZ ,V.A.1973, Abonos Minerales, 4a ed. Ministerio de Agricultura. Madrid España. P 173,196.
- 5.- DUDAL R. 1967 Suelos arcillosos oscuros de las regiones tropicales y subtropicales. Roma Italia. Ed-FAO Cuadernos de fomento agropecuario no. 83
- 6.-ESTY, J.C. A.B. Onken, L.R. Hossnen, and Richard Matherson 1980. Iron use efficiency in grain sorghum híbrids and

parental lines. Agronomy Journal col. 72 (4) P.589-591.

7.-FROELICH,D.M. and W-R.Fehr. 1981 Agronomic performance of soybeans with differing levels of iron deficiency chlorosis on calcareous soil. Crop Science .Vol 21 (3) P.438-440.

8.-GARCIA ,G.G. 1977. Importancia de las parcelas demostración (trigo y cebada)en la unidad de riego "La Barca" Tesis Profesional. Escuela De Agricultura .Universidad De Guadalajara.

9.- MADRID,E-G. 1987 Descomposición de los residuos de cosecha de sorgo mediante la aplicación de diferentes fuentes nitrogenadas en Ahualulco del Mercado,Jalisco. Tesis Profesional. Facultad de Agricultura ,Universidad de Guadalajara.

10.- México, Centro Nacional de Estudios Municipales. Los Municipios de Jalisco.

11.- MORTVEDT,J.J. P.M. Giordano and W.L. Lindsay. 1972 Micronutrients in agriculture. 3a. ed. U.S. Ed. S.S.S.A. 66p.

12.- PRECIADO,O.E. 1981 Efectos de las radiaciones ionizantes de Co 60 en 10 híbridos comerciales. Tesis Profesional. Escuela De Agricultura. Universidad De Guadalajara.

13.- RODRIGUEZ, G.H. 1979 Control de clorosis férricas en el cultivo del sorgo en el bajo. CINIA SARH. Desplegable. (IAB 118).

14.- TERBLANCHE, J.H. 1973 New Light on the control of iron deficiency. Fruit and fruit technology. Research Institute. Stellenbosch. P. 278-281.

15.- THOMAS, J.D. and A.C. Mathers. 1979. Manure and iron effects on sorghum growth on iron deficient soil. Agronomy Journal, vol. 71 (5) p. 772-794.

16.- Torre, G.A. 1987 Evaluación de 7 variedades de sorgo y su importancia actual en la Región de los Altos de Jalisco, Tesis Profesional. Facultad de Agricultura, Universidad de Guadalajara.

17.- WALLIHAM, E.F. 1976 Iron deficiency. California Agriculture.. (3) P.5