

UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA

FACULTAD DE AGRICULTURA



RESPUESTA DEL SORGO A LA APLICACION DE CINC EN VERTISOLES

TESIS PROFESIONAL
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO AGRONOMO
P R E S E N T A
CECILIA PATRICIA ROCHA GALINDO
Guadalajara, Jal. 1985



UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA

Escuela de Agricultura

Expediente

Número

Enero 10, 1984.

ING. ANDRES RODRIGUEZ GARCIA
DIRECTOR DE LA ESCUELA DE AGRICULTURA
DE LA UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA.

Habiendo sido revisada la Tesis del PASANTE _____
CECILIA PATRICIA ROCHA GALINDO _____ titulada,

"RESPUESTA DEL SORGO A LA APLICACION DE CINCO EN VERTISOLES."

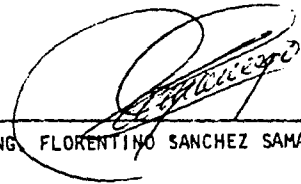
Damos nuestra aprobación para la impresión de la misma.

DIRECTOR.



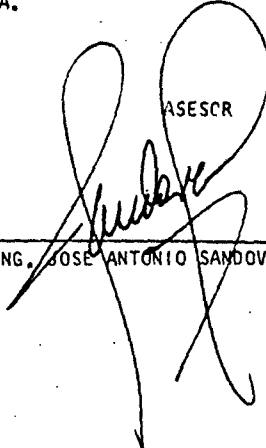
ING. JESUS SEPULVEDA MEJIA.

ASESOR



ING. FLORENTINO SANCHEZ SAMANIEGO

ASESOR



ING. JOSE ANTONIO SANDOVAL MADRIGAL.

Al contestar este oficio sírvase dar fecha y número



UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA

Escuela de Agricultura

Expediente

Número

Enero 10, 1983.

C. PROFESORES

ING. JESUS SEPULVEDA MEJIA, Director.
ING. FLORENTINO SANCHEZ SAMANIEGO, Asesor.
ING. JOSE ANTONIO SANDOVAL MADRIGAL, Asesor.

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

"RESPUESTA DEL SOPRO A LA APLICACION DE CINC EN VERTICILES."

presentado por el PASANTE CECILIA PATRICIA ROCHA GALINDO 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.

"PIENSA Y TRABAJA"
EL SECRETARIO

ING. JOSE ANTONIO SANDOVAL MADRIGAL.

hlg.

UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA

A la Universidad de Guadalajara, mi reconocimiento y gratitud pues por medio de ella he adquirido, cimientos bien fundados que son bases para mi vida profesional.

A mi querida Escuela de Agricultura, donde viví experiencias que marcaron mi destino, donde hubo momentos inolvidables y que siempre vivirán en mis recuerdos.

Agradezco a muchos de mis maestros y compañeros y amigos que me han servido de ejemplo y me brindaron su amistad.

Muchas veces mi animo decayó y siempre encontré un mano amiga a mi lado a: Yoli, Beba, Ana, Paty, Silvia, Paz, Bertha, mi agradecimiento por acompañarme con alegría, paciencia y afecto en mi camino. Muy especial también a mi hermana Tere.

A mi familia: A mis queridos Padres (Ramón y Baude-
lia), por su ayuda, paciencia y comprensión que siempre me han brindado y al fin; hoy se ven logrados sus esfuerzos y quiero que se sientan orgullosos de ello.

A mis Hermanos y Hermanas con todo mi cariño:
Jorge, Ramón, Mario Martha, Juan Antonio, Angelica, Guille, Tere, Carmen, Beni, Mingo y Monica.

POR ULTIMO PERO EN MI CORAZON PRIMERO A MI HIJO JULIO OMAR CON TODO MI AMOR, le dedico este trabajo, que he logrado después de mucho esfuerzo.

RESPUESTA DEL SORGO A LA APLICACION DE CINCO EN VERTISOLES.

I.- INTRODUCCION.	1
1.1.- Objetivos	2
1.2.- Importancia	3
II.- REVISION DE LITERATURA	4
III.- DESCRIPCION DE LA ZONA	28
3.1.- Localización	28
3.2.- Climatología	29
3.3.- Suelos	32
3.4.- Vegetación	35
IV.- MATERIALES Y METODOS	38
4.1.- Preparación del Suelo.	41
4.2.- Variedad	41
4.3.- Diseño Experimental Bloques al Azar	42
4.4.- Fecha y Dosis de Siembra	
4.5.- Fertilización	
4.6.- Tratamiento.	
V.- RESULTADOS	43
VI.- CONCLUSIONES.	44
VII.- RECOMENDACIONES.	44
VIII.- BIBLIOGRAFIA.	46

INTRODUCCION.

La demanda de alimentos para la creciente población - de México, es el problema más grave que la tecnología agrícola tiene planteado. Esto nos ha impulsado a estudiar con más detalle los diferentes usos de los suelos y aumentar - su productividad. Para cubrirla se persiguen el aumento de la superficie cultivada, y por lo tanto obtener un mayor - beneficio económico de nuestros recursos lo cuál es un factor indispensable para el desarrollo de nuestro país.

El sorgo se introdujo a México a partir de 1944, se - estudió su adaptación y aprovechamiento en áreas en donde - el maíz y otros cultivos rinden poco debido a la escasez - del agua.

Este cultivo empezó a adquirir importancia en el No--reste de México (Tamaulipas) y se extendió posteriormente - a otras áreas como el Bajío, Sinaloa, Jalisco y Michoacan.

El incremento de la superficie del sorgo se ha debido principalmente a la demanda interna del grano como producto básico en la preparación de alimentos balanceados, para la industria agropecuaria: su facilidad de mecanización -- desde la siembra hasta la cosecha, su amplia adaptación y - relativa tolerancia a plagas y enfermedades. Hace de este - cultivo un grupo valioso y tenga una especial importancia.

El uso del sorgo en la alimentación animal ha permiti - do que mayores volúmenes de grano de maíz, cultivo al que - ha venido sustituyendo, se destina casi en su totalidad al consumo humano.

Objetivos:

1.- Detectar la respuesta que presenta la planta al aplicar Cinc al suelo.

2.- Aprovechar las funciones del Cinc para lograr una mayor producción de Grano.

3.- Comprobar que en suelos con altas cantidades de CO_3 (Carbonatos) hay respuesta a la aplicación de Cinc.

4.- Aprovechar la adaptabilidad de este cultivo a las adversidades tanto de clima, altitud, suelos, sin que afecte a la producción del mismo.

5.- Considerar la importancia fundamental del Cinc como un elemento que es indispensable indirectamente para la formación y como regulador del crecimiento natural de las plantas.

Importancia nacional y mundial del sorgo.

Se cree que el sorgo (*sorghum vulgare*, Pers), es originario de Africa en la Zona Ecuatorial.

El sorgo ha sido conocido en la India desde las épocas prehistóricas y se sabe que se producía en Asiria, ya en 700 A.C. Su propagación a otras regiones del planeta se atribuye a la mano del hombre. El sorgo en México empezó a adquirir importancia en los últimos 20 años en la zona norte de Tamaulipas, (Río Bravo), al iniciarse el desplazamiento del algodón en aquella región. Otras regiones que han adquirido especial importancia por la superficie y los rendimientos logrados son: Guanajuato, Sinaloa, Sonora, Michoacán y Jalisco. Uno de los usos del sorgo es para la alimentación humana, también se utiliza como alimento para el ganado y aves. El contenido de proteínas de las variedades cultivadas en México varía de 8.5 a 9%.

El cultivo del sorgo a nivel nacional ocupa el tercer lugar en importancia y el segundo en producción.

REVISION DE LITERATURA.

Condiciones ecologicas y edaficas del sorgo.

Temperatura.

Se considera como temperatura media óptima para su -- crecimiento 26.7°C y como mínima 16°C ; temperaturas medias de 16°C ya no son convenientes, pues el ciclo se alarga y bajan los rendimientos, sin embargo, se han desarrollado - variedades para climas templados con temperaturas medias - de 15°C , la temperatura media máxima a que se puede desa-- rrollar el sorgo es 37.5°C .

Humedad.

Los sorgos se cultivan ampliamente en las zonas tropi cales y templadas, pueden desarrollarse en regiones muy -- áridas. Su mayor capacidad para tolerar la sequía, el pH y las sales, que la mayor parte de las plantas cultivadas, - hacen de los sorgos un grupo valioso en zonas marginales;- por su resistencia a las sequías es propio el sorgo de cul tivarse en las áreas donde la lluvia es insuficiente para el maíz, como en áquellas que tengan una distribución de - 400 a 600 mm de precipitación media anual.

Altitud.

Por sus altas exigencias de temperatura, raramente se le cultiva mas allá de los 1800 m de altura, se cultiva fa vorablemente de 0 a 1000 msnm.

En México se ha cultivado con éxito a 2200 msnm en el

valle de Toluca que tiene una altitud de 2600 msnm se han hecho pruebas con resultados satisfactorios.

Latitud.

El sorgo se puede cultivar desde los 45° latitud norte a los 35° latitud sur, con lo cual se pueden obtener ma yores rendimientos.

Latitud	45° lat. norte a 35° lat sur.
Altitud	1000 a 1800 msnm
Lluvia anual media	500 a 950 mm
Temperatura media	17°C a 22°C
Tipo de clima	Cwa clima húmedo con <u>llu</u> vias en verano y con invierno benigno. Según la clasificación de koopén, modificado por Garcia -- (1964).

Funciones de los micronutrientes en las plantas.

De los dieciséis elementos conocidos como esenciales para el crecimiento de las plantas y de los microorganismos, siete son requeridos en tan pequeñas cantidades que por ello se les llama elementos micronutrientes, oligoelementos o elementos trazas.

Son: hierro, manganeso, cinc, cobre, boro, molibdeno y cloro.

La información respecto al papel de micronutrientes en las plantas y suelo ha sido extendida a niveles moleculares y microambientes de raíces en suelo. Una única función fisiológica de un nutriente y su mecanismo de absorción del suelo no pueden ser usados e interpretados aislados de otros nutrientes. El funcionamiento biológico óptimo de los micronutrientes en el tejido vivo se lleva a cabo generalmente dentro de un rango limitado de concentración. Una meta importante en el manejo de suelo y en las prácticas de fertilización es obtener mejores controles sobre el movimiento de elementos traza del suelo a las plantas, de las plantas a los animales y al hombre. Dichos controles pueden requerir incrementos o disminuciones en la concentración de micronutrientes en los forrajes o en las plantas destinados a alimentos.

Una razón importante para estudiar y evaluar las interacciones de los micronutrientes es la necesidad de mejorar las prácticas agronómicas que pueden ejercer un control sobre la concentración de elementos traza en las plantas (Allaway, 1968).

Diversos factores han estimulado la necesidad de investigación y desarrollo de pruebas de micronutrientes en suelos. El incremento en los rendimientos de cosechas ha dado como resultado una mayor atención a la necesidad de estos elementos. A medida que los rendimientos se han elevado, la deficiencia de micronutrientes se vuelve más frecuente. A menudo estas deficiencias son asociadas con alcalinización o prácticas de irrigación. Los rendimientos mayores también significan una mayor remoción de micronutrientes en el suelo. Este factor, acoplado con una menor adición de estos elementos en los fertilizantes más concentrados en uso actualmente, ha causado preocupación respecto al agotamiento de micronutrientes en el suelo. Finalmente, a medida que las barreras de rendimiento son aparentemente alcanzadas, ha sido muy fácil adjudicar la carencia de uno de estos elementos como probable factor limitante.

Una hipótesis general y atractiva sobre los papeles que desempeñan los micronutrientes en el metabolismo de las plantas es que forman complejos estables con ligandos presentes en forma natural. Un micronutriente es esencial cuando se presenta actividad biológica al formar un complejo con el ligando (Prince, 1968 J.J.MORTVEDT, et al 1983). Ejemplos de este concepto son las diversas deshidrogenasas que contienen Zn como componente esencial fuertemente ligado a la proteína de la enzima (Vallee y Wacker, 1970, J.J. MORTVEDT, et al 1983).

Un corolario de esta hipótesis general y admitida en forma simplista es que los micronutrientes deben formar complejos fuertemente unidos y en algunos casos en forma irreversible.

Cinc.

El cinc es absorbido por las raíces de las plantas en forma de ion Zn^{2+} y puede ser también absorbido bajo forma de un complejo moléculas de agentes queláticos tales como-EDTA. Pulverizaciones conteniendo sales solubles de cinc o complejos de cinc se aplican al follaje de las plantas para corregir una deficiencia de este elemento, ya que es capaz de penetrar en el sistema de las plantas directamente a través de las hojas.

Se han observado deficiencias de cinc en la maíz, sorgo, frutales de hoja caduca, cítricos, nogales, legumbres, algodón y varios otros cultivos hortícolas. En el maíz y sorgo el síntoma de deficiencia ha sido llamado botón blanco, aunque esta terminología es discutida por algunos autores.

Fuentes inorgánicas.

Trabajos realizados por Boawn, Viets y Crawford --- (1957), J.J. MORTVEDT, et al 1983, Micronutrientes en Agricultura, reportaron sobre la eficiencia de la aplicación de fuentes de cinc al suelo en una investigación de invernadero.

Los autores notaron que el $ZnSO_4$ (Sulfato de Cinc) y el cinc eran casi igualmente efectivos. Estos dos compuestos fueron comparados con otros compuestos inorgánicos incluyendo residuos ácidos (11.6% de cinc), Fritas de Zn --- (18.4% de Zn y 4% de Zn) "granulos de Zn comerciales (5% de Zn), $Zn_3(PO_4)_2$ y $ZnCO_3$ y desechos de horno de corriente de aire (17% de Zn). La captación de Zn por los granos de-

sorgo del residuo ácido, $Zn_3(PO_4)_2$ granulos de Zn y $ZnCO_3$ -
fué comparable a la observada con $ZnSO_4$ y ZnO.

Los autores Shucla y Morris (1967), citado por J.J. -
MORTVEDT, et al 1983, Micronutrientes en Agricultura, en--
contraron que el $ZnSO_4$ y el Zn eran iguales o superiores -
al Zn quelado o en forma de poliflavonoide para incremen--
tar la concentración y captación de Zn.

Estudios recientes realizados en Kansas, con sorgo, -
han indicado que el ZnO es esencialmente igual al $ZnSO_4$ co
mo fuente de este elemento cuando se aplica con mezclas de
AOP, APP, y CSP. (P.J. Gallagher, mayo 1971), J.J. MORT---
VEDT, et. al 1983 Micronutrientes en Agricultura. Los estu--
dios de campo y en câmaras de crecimiento dieron como re--
sultado datos que indicaban nîveles iguales de Zn en las -
plantas que recibieron aplicaciones de estas dos formas de
Zn.

Fuentes organicas.

Anderson (1964) J.J. MORTVEDT, et al 1983. Micronu---
trientes en Agricultura. Comparó la efectividad de algunos
quelatos de Zn con el $ZnSO_4$ en suelos calcáreos, él conclu
yó que las fuentes queladas fueron en general, mucho más -
efectivas a tasas bajas que el $ZnSO_4$.

El uso de quelatos de Zn para subsanar las deficien--
cias de este elemento ha sido ampliamente considerado en -
aplicaciones al suelo de estos materiales. El compuesto --
más frecuentemente utilizado es el Zn EDTA aunque hay dis-
ponibles otros quelatos de Zn.

Boehle y Lindsay (1969) J.J. MORTVEDT, P.M. GIORDANO,
W.L. LINDSAY. 1983. Micronutrientes en Agricultura. Dicen-
que la mayoría de los compuestos de Zn que se disuelven fá
cilmente en HCl diluido son adecuados para la aplicación -
en el suelo como fuentes de Zn para las plantas. También -
los autores notaron que diversos quelatos sintéticos de Zn
son estables en el suelo y adaptables para la aplicación -
en el mismo. Puntualizaron que las aplicaciones con mez---
clas de fertilizantes o con materiales de N pueden mejorar
la captación de Zn. Las aplicaciones en banda de Zn son --
utilizadas eficientemente; pero deben colocarse a los la--
dos y abajo de las semillas.

Boehle y Lindsay (1969) sugirieron que las aplicacio--
nes en banda de los quelatos puede ser más efectiva que --
las fuentes inorganicas de Zn, debido a la mayor movilidad
en la zona de la raíz.

Cinc y Auxina.

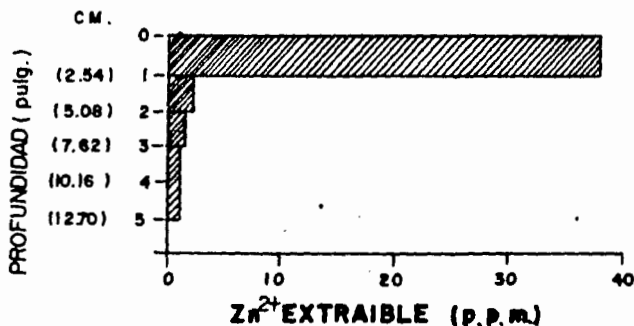
Sommer y Lipman (1926), GAUCH, H.G. et al 1973. Inorganic Plant Nutrition. Demostraron la necesidad del Cinc - para el crecimiento de las plantas. Una relación entre el cinc y auxina fué sugerido primeramente por Skoog (1940) - H.G. GAUCH, et al 1973. Inorganic plant Nutrition. El con- cluye que el cinc no es requerido para la síntesis de Auxi na, pero si las mantiene en estado activo. Por lo tanto la escasez de cinc conduce a la destrucción (probablemente - por oxidación) de Auxinas.

Aunque los sistemas enzimáticos aún no se han aisla- do, es una buena evidencia que el cinc es indispensable pa ra la síntesis del Triftofano. (Tsui 1948), H.G. GAUCH, et al 1973. Inorganic plant Nutrition, el cuál pudiera ser un precursor (Wildman et al 1947); Sherwin y Purves (1969), - H.G. GAUCH, et al 1973. Inorganic Plant Nutrition, de IAA, la principal hormona para el crecimiento de las plantas.

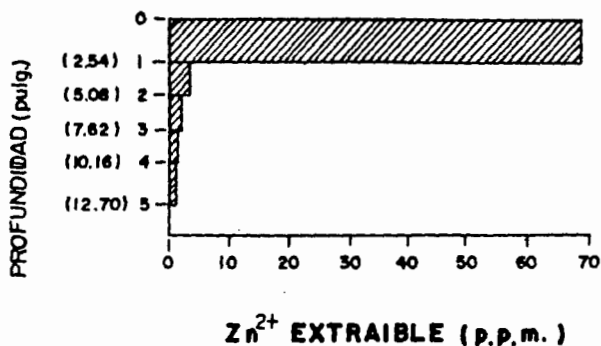
Metodos de aplicación.

Aplicaciones al suelo. Es el método más común y gene- ralmente exitoso de aplicación para cierto número de plan- tas. La comparación de la efectividad de las aplicaciones- al suelo involucra necesariamente comparaciones simultá-- neas de materiales.

DISTRIBUCION DEL Zn-Zn SO₄ APLICADO EN SUPERFICIE



DISTRIBUCION DEL Zn-ZnO APLICADO EN SUPERFICIE



MOVIMIENTO DEL CINCO AÑADIDO A TRAVES DE UNA COLUMNA DE SUELO LAVADA CON AGUA DESMINERALIZADA (1963) BROWN ETAL

Tipos de fertilizantes que contienen oligoelementos.

En el comercio actualmente se encuentran tres tipos de fertilizantes con oligoelementos:

- a) Fertilizantes de N, P, K, que contienen oligoelementos.
- b) Mezclas complejas de oligofertilizantes.
- c) Compuestos conteniendo algún oligoelemento determinado para la deficiencia específica.

Estas mezclas de fertilizantes que contienen únicamente oligoelementos suelen emplearse para pulverizaciones foliares.

En algunos casos las mezclas llevan también Urea y Fitohormonas para estimular el crecimiento vegetal.

Los fertilizantes a base de oligoelementos se preparan con sales inorgánicas, con quelatos o con ambos.

SALES UTILIZADAS EN LA FERTILIZACION CON OLIGOELEMENTOS Y FUENTES DE FERTILIZANTES DE CINCO.

FUENTE	FORMULA	%Zn
Sulfato de Zn monohidratado.	$ZnSO_4 \cdot H_2O$	35
Sulfato de Zn heptahidratado.	$ZnSO_4 \cdot 7H_2O$	23
Sulfato básico de Zn.	$ZnSO_4 \cdot 4Zn(OH)_2$	55
Oxido de Zn.	ZnO	78
Carbonato de Zn.	$ZnCO_3$	52
Sulfuro de Zn	ZnS	67
Fritas de Zn	(silicatos)	variable
Fosfato de Zn	$Zn_3(PO_4)_2$	51
Quelatos de Zn	Na ZnEDTA	14
Quelatos de Zn	Na ZnNTA	13
Quelatos de Zn	Na ZnHEDTA	9
Poliflavonoide de Zn	---	10
Lignisulfonato de Zn	---	5
Papel del cinc.		

El cinc funciona en sistemas enzimáticos que son necesarios para importantes reacciones en el metabolismo de la planta.

La fijación del cinc a valores altos de pH viene favorecida por un segundo fenómeno relacionado solo al pH del suelo. Las partículas de cal, sobre todo si contienen dolomita o calcita, adsorben fuertemente los iones de Cinc. -- Así el cinc puede reaccionar con el Mg, conteniendo cal, -reemplazando al ion Mg en el armazón del mineral.

Comportamiento del cinc en los suelos.

La disponibilidad para las plantas del cinc está condicionada por diversos factores del suelo: pH, nivel del fósforo, contenido de M.O. y adsorción por las arcillas.

Quelatos.

En algunas ocasiones se utilizan como abonos obtenidos por reacción de compuestos secuestradores con los cationes, Fe, Zn ó Mn.

Los secuestradores químicos son compuestos que poseen la propiedad de formar sales con los iones metálicos, en los que estos están sujetos por varios enlaces de coordinación, formando moléculas estables llamadas quelatos.

Estructuras quelantes típicas son las de los ácidos orgánicos dicarboxílicos, ácidos disulfónicos, ácidos hidroxicarboxílicos, hidroxioximas, ácidos aminocarboxílicos, etc.

Los secuestradores son muy útiles en numerosos campos de la Ciencia y de la Técnica por hacer posible que los iones metálicos puedan permanecer en forma soluble en medios en los que normalmente en ausencia de secuestradores se formarían precipitaciones.

Adsorción en arcilla.

Estudios realizados por DeMumbrum y Jackson (1956) y Bingham, Page y Smith (1964), citado por E. PRIMO YUFERA, 1981 Química Agrícola. Reportaron que la montmorillonita -

es capaz de adsorber Zn más allá de su capacidad de intercambio catiónico particularmente a niveles de pH casi neutros o alcalinos. Esto podría ser explicado por dos mecanismos: 1) la adsorción de la forma hidrolizada; 2) la precipitación de los hidróxidos $(ZnOH)_2$.

Sin embargo, Bingham et al (1964) consideraron que -- una retención excesiva de cinc era principalmente el resultado de la precipitación de los hidróxidos respectivos.

Los síntomas mas característicos de la deficiencia de cinc son:

- Clorosis, arrugamiento de las hojas.
- Mueren determinadas zonas foliares y aparecen deformaciones en algunas hojas.
- En casos graves no se forma la semilla.
- Coloraciones del rojo al púrpura de varias hojas, y caída prematura de las mismas.
- Disminución de la síntesis de Auxina.
- Amarillamiento de los ápices y bordes de las hojas más bajas.
- Manchas generalizadas de crecimiento rápido, generalmente ocupando los entrenervios y eventualmente invadiendo los nervios secundarios y aún los principales.
- Se ha observado que la falta de Cinc produce un descenso

en el contenido acuoso y un aumento en la densidad osmótica de la planta

Condiciones generales que conducen a la deficiencia de micronutrientes.

Los micronutrientes pueden limitar el crecimiento de un cultivo bajo las condiciones siguientes: 1) Suelos ácidos arenosos, fuertemente lavados; 2) Suelos de turba; --- 3) Suelos con pH alto; 4) Suelos que han sido cultivados muy intensamente y muy fertilizados solo con macronutrientes. (E. PRIMO YUFERA, J.M. CARRASCO DORRIEN, 1981).

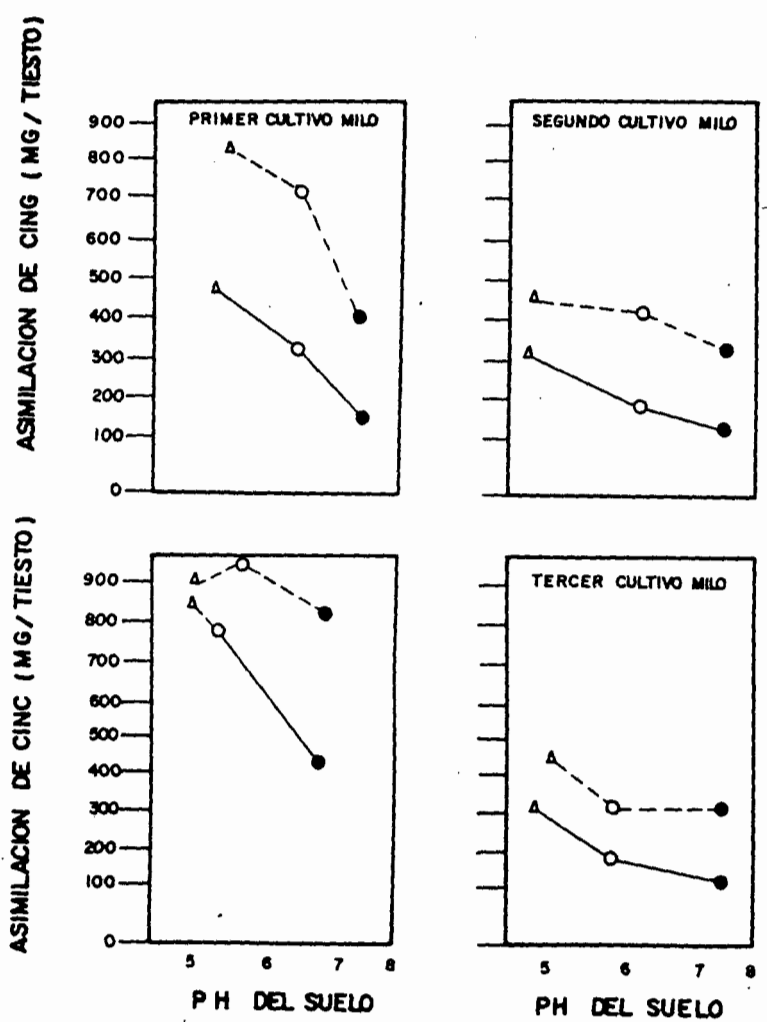
Corrección de deficiencias de micronutrientes.

Algunas de las condiciones que aparentemente han mejorado la deficiencia de Zn, incluyen grandes cantidades de CaCO_3 (carbonato de calcio) libre, bajos niveles de M.O. - en suelos minerales, y compactación del suelo.

La relativamente alta solubilidad del $\text{Zn}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ (fosfato de cinc) sugiere que este podría ser un buen fertilizante de Zn y P si se aplicara adecuadamente. Más aun, Boawn et al (1957) y Allen y Terman (1966) J.J. MORTVEDT, et al 1983, Micronutrientes en Agricultura, mostraron que el $\text{Zn}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ era un buen fertilizante cuando era finamente molido y mezclado con el suelo.

Funciones del cinc.

- Interviene como cofactor en la síntesis de Proteínas.
- Es esencial en los sistemas enzimáticos que son necesarios para las reacciones importantes en el metabolismo de la planta.
- Se le considera útil en la formación de algunas auxinas del crecimiento.
- Es útil en la reproducción de ciertas plantas.
- Es constituyente de varias enzimas, por ejemplo, anhidrasa carbónica, deshidrogenasa del alcohol y peptidasas diversas. Por lo tanto es esencial en numerosas reacciones enzimáticas.
- Ayuda en la formación de las hormonas del crecimiento.



SIMBOLOGIA

$(NH_4)_2 SO_4$ ———— Δ

$NH_4 NO_3$ ———— \circ

$Na NO_3$ ———— \bullet

$Na Zn$ ———— —

2 pp.m. Zn ———— - - - -

FIG. 8-27 RELACION ENTRE EL PH DEL SUELO Y LA ASIMILACION DE LAS PLANTAS.

Interacciones observadas de cinc-fosforo.

La interacción del P y Zn ha sido estudiada en muchos experimentos desde 1936 (Barnette et al 1936; West, 1938; Boawn, Viets y Crawford, 1954, 1957; Thorne, 1957; Stuckenholts et al 1966). Citado por J.J. MORTVEDT et al 1983. Micronutrientes en Agricultura. En general la interacción es designada como deficiencia de Zn inducida por el fosforo. Esta alteración en el desarrollo de la planta es comúnmente asociada con altos niveles de P disponible o con aplicación de fosforo en el suelo.

Los síntomas pueden ser prevenidos o corregidos por fertilización con Zn, generalmente por suplementación de varias fuentes de Zn a una velocidad de tres a cinco ppm de Zn al suelo.

En general, los esfuerzos han sido concentrados en cuatro causas posibles: 1) una interacción P-Zn en el suelo; 2) una velocidad de traslocación más lenta del Zn de las raíces a las puntas; 3) un efecto simple de difusión en la concentración de Zn en las puntas de las plantas debido a la respuesta de crecimiento del P; 4) Una alteración metabólica dentro de las células de la planta relacionada con un desbalance entre P y Zn, o una concentración excesiva de P que interfiere con las funciones metabólicas del Zn en sitios determinados de las células.

Interacciones en el suelo.

En estudios iniciales se sospechó que la causa de esta interacción era la formación de un compuesto insoluble de $Zn_3(PO_4)_2$ en el suelo, el cual reducía la concentración

de Zn en la solución del suelo a niveles de deficiencia. - Aunque de acuerdo a la investigación se ha demostrado que el $Zn_3(PO_4)_2$ es una buena fuente de Zn para el sorgo ---- (Boawn et al, 1957), las investigaciones de esta precipitación como un mecanismo causante de deficiencia han continuado. Kalyanasundaram y Mehta, (1970). Boawn et al (1954) reportaron una solubilidad para el $Zn_3(PO_4)_2$ entre 1 y -- 2.3 ppm de Zn a 25°C y a valores de pH de 6.7 como fuente de Zn para sorgo en parcelas de invernadero, el $Zn_3(PO_4)_2$ fué igual al ZnO , $ZnCO_3$ y $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$ en una arcilla arenosa fina de Ritzville, a un pH de 7.2 (Boawn et al, 1957).

Lindsay presenta datos de solubilidad para $Zn_3(PO_4)_2$ y Zn suelo en relación al pH, y sugiere que el fosfato de cinc podría ser un fertilizante de Zn así como un buen fertilizante de P.

El fosfato amónico cinc es otro compuesto, como en -- otros fosfatos de amonio y metal, es tan sólo ligeramente soluble en agua y extenderá la disponibilidad del cinc a - un largo período de tiempo, cuando se aplica al suelo. Con tiene un 33.5% de Zn.

Niveles de aplicación.

Los niveles de aplicación recomendadas para Zn varían considerablemente dependiendo de la planta, la fuente y el método de aplicación. Las aplicaciones al suelo de Zn generalmente varían de 2 a 22 kg de Zn/ha, para las fuentes -- inorgánicas, las tasas para fuentes queladas para aplicaciones en suelos también varían ampliamente, pero están -- cercanas al rango de .3 a 6 kg de Zn/ha. De hecho, las cantidades de Zn podrían depender de los materiales involucrados y de su eficiencia relativa en comparación a materiales estándares tales como $ZnSO_4$.

Efectos residuales.

Se ha encontrado que las aplicaciones relativamente grandes de Zn al suelo ejercen una influencia apreciable -- por períodos de tiempo relativamente largos. Shaw et al -- (1954) citado por J.J. MORTVEDT et al 1983. Micronutrientes en Agricultura. Reportaron la disponibilidad del Zn residual en suelos.

Boawn et al (1960) citado por J.J. MORTVEDT, 1983. Micronutrientes en Agricultura. Reportaron que los porcentajes elevados de Zn de aplicaciones a tasas de 9 a 18 kg/ha de Zn estaban aún presentes en los estratos ácidos de arcillas después de 5 años.

Boehle y Lindsay (1969) puntualizaron que las aplicaciones al suelo pueden durar por varios años, mientras que las aplicaciones foliares son únicamente para la cosecha -- actual.

Tasas de aplicación de 11 a 22 kg de Zn/ha como $ZnSO_4$ para maíz en Kansas, proporcionaron Zn residual por lo menos dos años adicionales (Ellis, Murphy y Whitney, -- 1969). Citado por J.J. MORTVEDT, et al 1983.

Toxicidad.

El Zn en cantidades excesivas puede ser tóxico a las plantas. Berger (1965) menciona casos en Nueva York donde el Zn lixiviado y acumulado en suelos de turba o cieno podía llegar a concentraciones de 23,600 a 67000 ppm los niveles normales de Zn, sin embargo se encuentran en el rango de 10 a 300 ppm de Zn total.

Adriano y Murphy 1970; Adriano et al (1971), citado por J.J. MORTVEDT, et al 1983, reportaron que cantidades excesivas de Zn disponible pueden influenciar la captación y metabolismo de otros elementos, se ha mostrado que niveles elevados de Zn en el medio de crecimiento pueden disminuir materialmente la concentración de Fe en los tejidos de la planta.

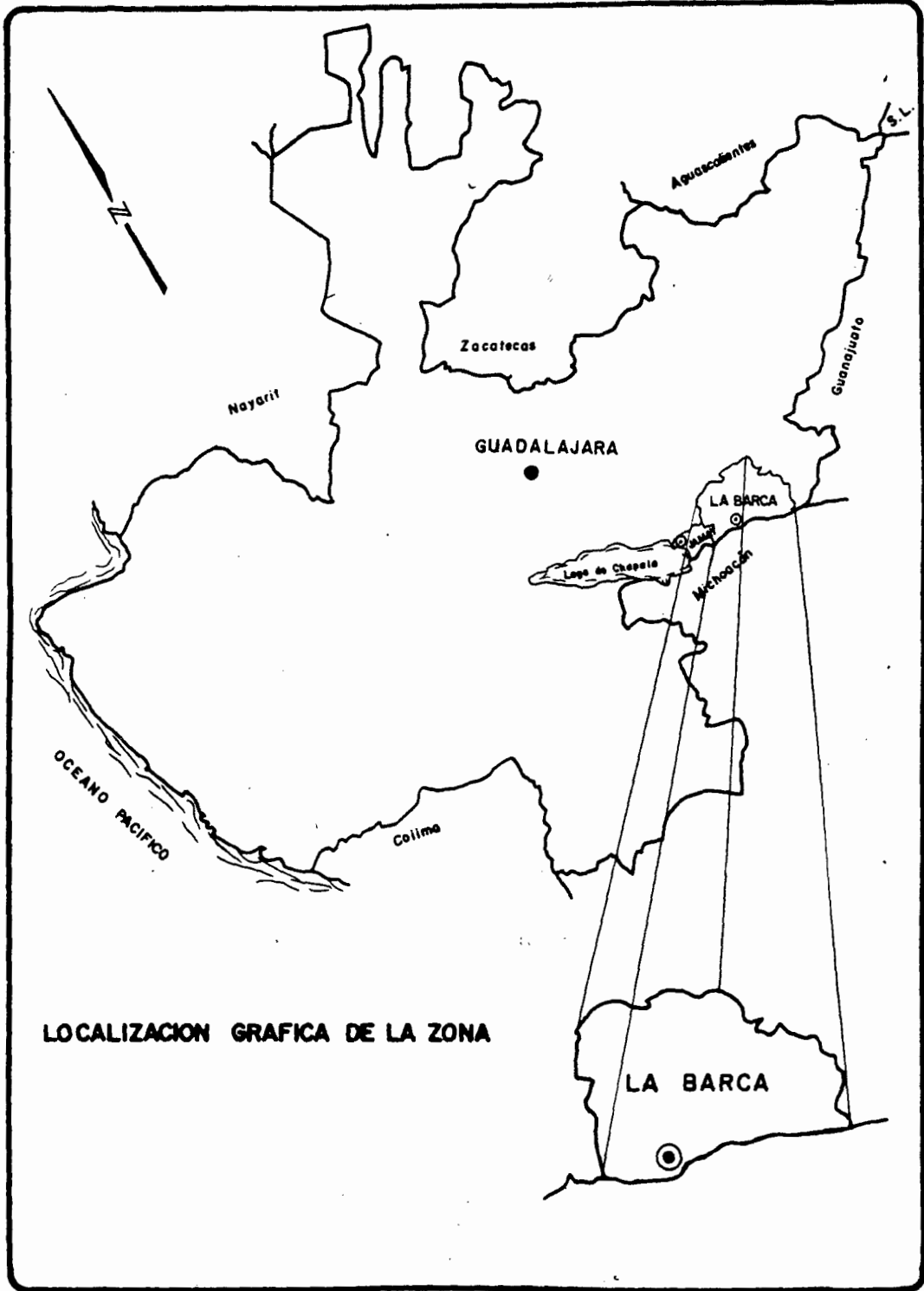
Aplicaciones foliares.

Las aplicaciones foliares de Zn, deben ser consideradas como una medida temporal anual para corregir deficiencias en la mayoría de las plantas. Boehle y Lindsay (1969) citado por J.J. MORTVEDT, P.M. GIORDANO, W.L. LINDSAY. L - ('# 1983). Se refieren a que dichas aplicaciones se deben de utilizar como tratamientos de emergencia y puntualizaron que las mismas son generalmente llevadas a cabo cuando se presentan síntomas de deficiencia.

McNall (1967) citado por J.J. MORTVEDT, 1983. Micronutrientes en Agricultura, analizó detalladamente las aplicaciones foliares de micronutrientes y observó que mientras los nutrientes podían ser absorbidos por las hojas y otras porciones aéreas de las plantas, el suplemento foliar no es un sustituto para la fertilización al suelo. El autor visualizó este método como una alternativa a ser utilizado en períodos críticos.

Tratamiento a la semilla.

Se han hecho algunos intentos para corregir las deficiencias de Zn por tratamientos a la semilla con polvos de Zn en soluciones antes de la siembra. Semina (1967) citado por MORTVEDT, 1983 reportó que el tratamiento a la semilla con Zn (solución al 0.01% de $ZnSO_4$) incrementaba el rendimiento de la semilla del trigo de 1020 a 1280 kg/ha.



DESCRIPCION DE LA ZONA.

Localización:

La zona de estudio se encuentra ubicada en la parte - Este de Estado de Jalisco. Limita al W (oeste) con las poblaciones de Jamay y Ocotlán, al Norte con Atotonilco el - Alto, al Este con Ayo el Chico y al Sur con el Lago de Chapala y Michoacán.

Localización de la Parcela.

La parcela se encuentra ubicada en el km. 123+200 de la carretera Jamay, La Barca, con una superficie total de 4 hectáreas.

Climatología.

La información meteorológica fue tomada de la estación Jamay, ubicada en la población del mismo nombre.

Siendo representativa de la zona de estudio su posición geográfica es: Latitud $20^{\circ}17' N$; Longitud $102^{\circ}43' W$; Altitud 1521 msnm en un período de 1956-1983.

La precipitación media anual es de 902.8 mm presentándose la mayor en el mes de junio, julio, agosto y septiembre, siendo la media de 26 años.

MES	mm
Enero	13.2
Febrero	4.5
Marzo	3.9
Abril	7.2
Mayo	34.6
Junio	175.2
Julio	252.5
Agosto	186.5
Septiembre	154.8
Octubre	43.9
Noviembre	14.1
Diciembre	12.4

Temperatura.

La temperatura de la Barca, es de 23°C, presentando las máximas temperaturas en los meses de Mayo, Junio, Julio, y agosto y las temperaturas mínimas se registraron en los meses de diciembre, enero y febrero.

La máxima temperatura promedio que se presentó en un periodo de 11 años fué de 32.7°C en los meses de Mayo y junio.

La mínima temperatura promedio que se presentó en este mismo periodo fue de 4.3°C en el Mes de Enero.

MES	°C
Enero	16.6
Febrero	17.2
Marzo	19.8
Abril	22.1
Mayo	23.5
Junio	23.2
Julio	19.6
Agosto	21.4
Septiembre	21.5
Octubre	20.2
Noviembre	17.9
Diciembre	16.3

Evaporación.

La máxima evaporación que se registró en un período - de 26 años fué de 246.13 milímetros en el mes de Mayo comprendido dicho período de 1959 a 1983.

La evaporación mínima que se presentó en el mismo período fué de 93.73 mm en el mes de Diciembre.

La evaporación media mensual fué:

MES	mm
Enero	106.53
Febrero	135.01
Marzo	200.30
Abril	230.17
Mayo	246.13
Junio	200.35
Julio	160.59
Agosto	145.84
Septiembre	132.57
Octubre	127.98
Noviembre	112.60
Diciembre	93.73

Suelos:

De acuerdo con la Carta Geológica de Sánchez Mejorada esta zona corresponde al Cenozoico superior volcánico, --- constituido principalmente por derrames lávicos basálti---cos. Conos de ceniza y material piroplástico del plioceno-reciente. Cenozoico superior que incluye sedimentos principalmente de origen lacustre.

Estos suelos están caracterizados fundamentalmente -- por la abundancia de arcilla expandible (montmorillonita)- íntimamente unida con una pequeña cantidad de humus polimerizado, presentando el conjunto un color negro.

Presentan un elevado contenido de cationes divalen---tes, favoreciendo dos procesos: 1o. Neoformación o conser-vación de las arcillas expandibles. 2o. Maduración y poli-merización (el cual este término se usa en el sentido policondensación de los núcleos aromáticos), de una parte de - la M.O. que se une íntimamente a las arcillas expandibles.

Estos suelos son formados sobre margas sedimentarias, son suelos relativamente jóvenes, una cierta cantidad de - estas arcillas son heredadas del material de origen.

Los suelos de ésta región se caracterizan porque se en-cuentra muchas veces un horizonte de concreciones de carbo-natos de calcio más o menos contínuo, llamado localmente - "caliche". El tepetate característico de la región es una-denominación convencional que esta formado por una mezcla-de cantidades variables de dos materiales fundamentales, - Tizar y Cenizas volcánicas (arena pomosa). Este tepetate - presenta grados diferentes de compacidad, de acuerdo con -

el estado de intemperización en que se encuentra y además, como resultado del elemento que predomina y del estado de humedad.

La estructura es prismática caracterizada por grietas de retracción, a menudo muy anchas en periodo seco; se forma en superficie un horizonte grumoso aireado.

Se les caracteriza por la presencia de una cierta cantidad de arcilla de neoformación de tipo 2:1 y capacidad de cambio elevada y saturada por los iones divalentes Calcio y Magnesio cuyo papel "piloto" en la evolución de estos suelos es indiscutible.

La M.O. disminuye gradualmente con el aumento de la profundidad del suelo. La alta saturación de bases así como la alta capacidad de intercambio catiónico representa un alto potencial para la Agricultura.

Además se caracterizan también porque tienen capas extensas de tierra blanca de diatomeas de agua dulce y otras capas delgadas de piedra pómez.

Los suelos de ésta región se caracterizan porque se desarrollaron en las rocas calcáreas secundarias con un abastecimiento y segregación de carbonatos (concreciones), en estos suelos predomina el material montmorillonítico.

A causa de la poca consistencia de estos suelos la erosión cunde rápida por lo fino del material. El carbonato de calcio se halla presente en los horizontes más profundos, éstos están saturados de bases principalmente de cationes de calcio y magnesio, su reacción es de neutra a

ligeramente alcalina.

El color negro u oscuro de estos suelos no se debe a su elevado contenido de M.O. en algunos casos puede deberse a la presencia de compuestos de magnetita y/o complejos de arcilla y humus.

La formación de estos suelos está marcado por un drenaje mediocre que favorece contrastes edafoclimáticos de los cuales aparecen caracteres especiales: como conservación de arcillas 2:1 estructura particular y movimientos vérticos e intensa maduración de la fracción estable del humus.

Estos suelos se caracterizan además porque se presenta un microrrelieve amamelonado, llamado "gilgai".

A menudo la estructura de estos suelos es característica porque la superficie de las unidades estructurales se halla revestida de películas de arcilla fina, formando "fajas de fricción", llamadas slickenside.

La textura que predomina en estos suelos es Arcillosa.

De acuerdo a sus características estos suelos se han clasificado como Vertisoles. En base a la Carta Edafológica DETENAL los suelos de esta región pertenecen a Pellic vertisol y cromic vertisol.

Vegetación.

En estudios realizados sobre la Vegetación de la parte central del estado de Jalisco, varios autores han observado sus características para llegar a clasificar la vegetación de esta zona. Ellos llegaron a la conclusión de que en un tiempo fué Matorral Subtropical.

La denominación de "matorral subtropical" se empleará en el presente trabajo de manera provisional para incluir en ella un grupo algo heterógeneo de comunidades vegetales, una de las cuales es con seguridad la que Guzmán y Vela Gálvez observaron y describieron. Es posible que estudios ulteriores más detallados requieran una modificación del concepto adoptado, cambiando el alcance del término, - sustituyendolo por otro, ó empleando quizás otra manera de clasificar estos matorrales.

La dificultad, por otra parte, de considerar estos matorrales simplemente como secundarios estriba en la circunstancia de que ocupan un área muy extensa, y sobre todo porque en la mayoría de los casos no se ha podido encontrar un indicio claro de cual sería la formación clímax correspondiente pues a pesar de haber dedicado tiempo y haber realizado viajes especiales no se ha localizado nada que fuera distinto en esencial y que pudiera considerarse como tal formación clímax existente. Debe advertirse al respecto que el área general de distribución geográfica del matorral subtropical corresponde en grandes superficies a una zona intensamente poblada desde hace muchos siglos y podría pensarse en ello como una posible causa de la destrucción de la vegetación primitiva.

En condiciones climáticas muy semejantes un tipo de vegetación fisonómicamente análogo al matorral subtropical, que se ha descrito bajo los nombres de "piedmont scrub". (Muller, 1939) y de matorral submontano (Rzedowski 1956). Ese tipo de vegetación también es florísticamente similar al bosque tropical deciduo y posee un área de distribución bien definida, ocupando regiones un poco más frescas y un poco más áridas que las que corresponden al último tipo de vegetación. No hay ninguna duda de que el matorral submontano represente una formación clímax, aunque es de notarse que cuando se desarrolla sobre el substrato de roca ígnea, suele incluir muchas especies indicadores de disturbio (Rzedowski 1957). A este respecto cabe hacer la observación que toda la extensión del Matorral Subtropical en Nueva Galicia corresponde al área de afloramiento de rocas volcánicas.

El impacto de las actividades humanas se nota prácticamente por dondequiera, bien en forma de desmontes, de la explotación de la leña, en forma de incendios y de cría de ganado. No se han podido observar lugares completamente libres de algunas, al menos de estas causas de disturbio. La ganadería y las actividades conexas son, sin embargo, las que más influencia parecen causar en la época actual.

En los alrededores del Lago de Chapala se presenta un Matorral más o menos cerrado de 3 a 5 m de alto con:

Ipomoea intrapilosa
Bursera bipinata y *fagaroides*
Acacia pennatula
Lemaireocereus spp
Fouquieria formosa

Tecoma stans
 Hyptis albida
 Stemmadenia tomentosa var. palmeri

Con eminencias aisladas de Lysiloma y Ceiba.

En este momento solamente existen las siguientes especies debido a que la vegetación esta totalmente alterada - por las causas antes mencionadas:

Nombre Técnico	Familia	Nombre común
Acacia farnesiana	Leguminosae	(huizache)
Pithecellobium dulce	" "	(guamúchil)
Ricinus communis	Euphorbiaceae	(higuerilla)
Chenopodium ambrosioides	Chenopodiaceae	(epasote)
Argemone ocbroleuca	Papaveraceae	(chicalote)
Sorghum halepense	Gramínea	(zacate johnson)
Baccharis glutinosa	Compositae	(jara)
Asclepias curassavica	Asclepiadaceae	(venenillo)
Cyperus sp	Cyperaceae	(coquillo)
Dyssodia papposa	Compositae	(pastora)
Casuarina equisetifolia	Casuarinaceae	(casuarina)
Abutilon abutiloides	Malvaceae	
Sida rhombifolia	Malvaceae	(babosilla)
Sporobolus poiretii	Gramínea	(liendrilla o zacatón alcalino).

La vegetación típica en las áreas naturales es el pasto o plantas herbáceas anuales, aunque algunos vertisoles soportan plantas leñosas tolerantes a la sequía.

MATERIALES Y METODOS.

Características de los Factores de Estudio.

Para llevar a cabo los objetivos de este trabajo se tomaron en cuenta varios factores de la producción.

Factores constantes.

Variedad del Sorgo.- Pioneer B-816

Fecha de Siembra.- (ciclo p.v. 15 Junio de 1983).

Método de Siembra.- A chorrillo.

Humedad del Suelo.- Según la porporcionada por el ---
agua de lluvias.

Fuente de Fertilizante.- Sulfato de Cinc ($ZnSO_4 \cdot H_2O$).

Método de aplicación.- Directamente en el suelo, todo
al momento de la siembra.

Dosis o niveles de Fertilización.- 0, 40, 80, 120 ki-
logramos de Cinc/-
ha.

Listado de tratamientos.

El experimento consiste de 4 tratamientos, los cuales se distribuyen de la siguiente manera:

Tratamientos del experimento realizado en sorgo.

0	1	40	0	120	80	Forma y Método
40	2	120	40	80	0	de aplicación
80 kg/ha	3	0	80	40	120	del fertilizante.
120	4	80	120	0	40	

Se aplicó todo el fertilizante en la siembra.

Tamaño de la unidad experimental.

En cada unidad experimental fué la superficie de ---
24m² (un cuadrado de 6 x 4 m) separados 0.80 m uno de ---
otro.

Repeticiones.

Se tomaron 4 repeticiones dandose un total de 16 unidades experimentales.

Diseño Experimental.

Se utilizo el diseño de Bloques al Azar tomando en cuenta que este diseño nos permite tomar la variabilidad del suelo reduciendo el coeficiente de variación.

Establecimiento y Conducción del Experimento.

Preparación del Terreno,

Siembra,

Fertilización inicial. Mitad de N todo el P y todo el Zn.

Fecha y densidad de siembra.

Las condiciones climatológicas de la región determinan la época de siembra de los cultivos; sin embargo, en algunos de los campos experimentales del I.N.I.A. se han determinado las fechas óptimas más convenientes para la siembra de ésta gramínea.

El presente estudio se inició con fecha de siembra del 15 de junio al 15 de julio de 1983.

La densidad de plantas por hectárea es un punto fundamental para la obtención de buenos rendimientos, dependiendo principalmente de las condiciones de humedad bajo las cuales vaya a efectuarse el cultivo. En siembras correspondientes a temporal se utilizaron 16 kg/ha de semilla.

Fertilización.

Esta actividad se realizó de la siguiente manera:

Se utilizó la fórmula.- N P K
160-80-0

Además se aplicaron varios niveles de fertilización de sulfato de cinc. $ZnSO_4 \cdot H_2O$ como son 0, 40, 80, 120kg/ha. Al momento de la siembra se aplicó la mitad del nitrógeno, todo el fósforo y todo el sulfato de cinc. La fuente de nitrógeno fue Sulfato de amonio; de fósforo Superfosfato de Calcio Triple. La otra mitad del sulfato de amonio se aplicó en la escarda, todo en el suelo cuando la planta estaba en la formación de renuevos (amacollo).

Labores de Cultivo.- Esta actividad se realizó en forma manual. Observandose que no se presentaron problemas de importancia durante el cultivo.

Plagas que se presentaron.- Ataque de pajaros; Gusano cogollero y frailecillo. Se aplicó insecticida nuvacrón al 2.5% el 10. de agosto de 1983.

Cosecha.- Se realizó la cosecha en forma manual cuando la planta tenía la madurez fisiológica y estaba seca.

Toma de Observaciones.- Durante el desarrollo del cultivo se hacían visitas, las cuales consistían en observar factores como: plagas, enfermedades, aclareo, respuesta a los factores de estudio, etc.

Preparación del Suelo.

Una buena preparación del suelo facilita la buena germinación de la semilla, favoreciendo la eficiencia de las prácticas posteriores; Se Barbechó a una profundidad de -- 30 cm, posteriormente se realizó la rastreada hasta desmenuzar los terrenos existentes; la nivelación no se llevó a cabo, puesto que la zona de estudio no presenta pendientes de tomarse en consideración,

Variedad.- La variedad utilizada en este estudio fue Pioneer B-816 superditado al agua de lluvia o temporal --- existente en la zona.

Diseño experimental bloques al azar.

Rendimientos obtenidos.

	I	II	III	IV	Total de trata-- mientos
A	5.412	4.768	4.897	5.126	= 20.20
B	7.728	8.256	8.198	7.917	= 32.09
C	9.438	9.193	9.084	8.936	= 36.65
D TOTAL DE	<u>9.836</u>	<u>9.724</u>	<u>9.576</u>	<u>9.768</u>	= <u>38.90</u>
BLOQUES	32.41	31.94	31.75	31.74	127.84

Análisis de varianza (ANVA)

	F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F.C.	Ft	
						0.05	0.01
Tratamientos	3	52.11	17.37	217.12	3.86	6.99	
Bloques	3	0.07	0.02	0.25			
Error Exp.	9	0.72	0.08				
Total	15	52.9					

Resultados.

Por los resultados obtenidos en el presente estudio, podemos observar que hubo un incremento en el rendimiento del cultivo del Sorgo en Ton/ha. De la producción normal que es reportada con una media de 6 Ton/ha, a 9.836 Ton/ha.

En base a los resultados estimados de nuestro experimento podemos predecir una respuesta lucrativa a la fertilización y por lo tanto al rendimiento del cultivo estudiado.

Los datos mostraron que el Sorgo variedad Pioneer --- B-816 responde significativamente a los niveles de cinc soluble. Utilizandose la fórmula 160-80-0, adicionandose varios niveles de fertilización de Sulfato de Cinc. $ZnSO_4 \cdot H_2O$ como son: 0, 40, 80, 120 kg/ha.

Los resultados obtenidos son:

Existen diferencias altamente significativas entre -- los tratamientos, y por lo tanto hubo un alto rendimiento en la producción del Sorgo.

Conclusiones y recomendaciones.

Con la aplicación de oligoelementos mezclados con fertilizantes y/o con fuentes de nitrógeno se puede mejorar la captación de Cinc, y se incrementan los rendimientos en el cultivo del Sorgo. Aunque cabe hacer mención, que el estado de los micronutrientes en el suelo debería incluirse entre las propiedades del suelo manejables que afectan a la cosecha.

El objetivo No. 3 del presente estudio se ha comprobado ya que con la presencia de carbonatos de calcio y magnesio en el suelo, estos adsorben fuertemente los iones de cinc. Así el cinc puede reaccionar con el Mg, conteniendo al, reemplazando al ion Mg en el armazón del mineral.

Por los datos obtenidos se concluye que si es recomendable utilizar esta fuente de fertilizante puesto que si hay respuesta favorable al cultivo del sorgo. A pesar de la interacción designada como deficiencia de cinc, inducida por el fosforo y otras propiedades del suelo, como son pH, M.O. etc.

Sin embargo se ha comprobado que se controló la deficiencia que presentó la planta.

La respuesta que presento dicho estudio se debe a que contribuyeron de una forma definitiva los factores presentes en la Zona de Estudio, La Barca, Jalisco, tales como; tipo de suelos, contenido de Arcilla; características favorables para la buena asimilación de la fuente de fertilizante utilizada. Además esta respuesta también se debe a que la variedad de sorgo utilizada es ampliamente adapta-

ble a las condiciones más diversas de nuestro país, y en todas ellas sus rendimientos han sido excelentes, superando su record de producción.

Esta respuesta también se debe a que intervinieron -- factores como contenido de CaCO_3 y MgCO_3 , pH, características favorables para la buena asimilación de la fuente de fertilizante utilizada.

También podemos hacer mención que ha medida que las -- barreras de rendimiento son alcanzadas, con respecto al -- agotamiento de micronutrientes en el suelo, podemos adjudicar la carencia de uno de estos micronutrientes como factor limitante.

Por todo lo anterior, podemos concluir lo siguiente:-- Es recomendable utilizar en fertilizantes mezclas con oligoelementos en zonas en donde se presenten deficiencias de micronutrientes en sorgo.

Bibliografía.

- 1.- BUCKMAN Y BRADY. 1966. Naturaleza y Propiedades de los Suelos. Montaner y Simón, S.A., editores. BARCELONA, - ESPAÑA, p.476 a 493 y 507-508.
- 2.- C.E. MILLAR, L.M. TORK, H.D. FOTH. 1979. Fundamentos de la Ciencia del Suelo. 5a, edición, trad. por Q.B. - Juan Nava Díaz. Compañía Editorial Continental, S.A., - MEXICO. p.v.
- 3.- DOMINGUEZ VIVANCOS A. 1973. Abonos Minerales. MADRID, - MINISTERIO DE AGRICULTURA. p.v.
- 4.- E.A. FITZ PATRICK. 1978. Introducción a la Ciencia del Suelo. Depto, de Ciencias del Suelo de la Universidad de Aberdeen. 1a. ed. en español. MEXICO, Publicaciones CULTURAL, S.A. p. 44, 92 y 131.
- 5.- E. PRIMO YUFERA, J.M. CARRASCO DORRIEN, 1981. Química Agrícola. Editorial alhambra, S.A. impreso en ESPAÑA, - p. 214-227.
- 6.- FLORES D. ANTONIO, GLFZ, QUINTERO, ALVAREZ. 1974. El Escenario Geografico. Inst. Nal, de Antropología e --- Hist. Depto. de Prehistoria. MEXICO. p.v.
- 7.- FLORENCIO RGUEZ, SUPPO. 1976. Nutrición Vegetal. edi-- tor GAGT S.A., p.v.
- 8.- GAUCH, H.G. et al 1973. Inorganic Plant Nutrition. --- Ross Inc. U.S.A. p.v.

- 9.- HANS W. FASSBENDER. 1980. Química de Suelos. con énfasis en suelos de América Latina. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, San José, COSTA RICA. p.-362 a 378.
- 10.- HOMER D. CHAPMAN, PARKER. F. PRATT. 1981. Métodos de Análisis para suelos, plantas y aguas. ed. TRILLAS, - MEXICO, p.v.
- 11.- JERZY RZEDOWSKI. 1966. La Vegetación de Nueva Galicia editorial LIMUSA. MEXICO, p. 35 a 40.
- 12.- J.J. MORTVEDT, P.M. GIORDANO, W.L. LINDSAY. 1983. Micro nutrientes en Agricultura. Trad. Cristina Vaqueiro Garibay. 1a. ed, en español. A.G.T. EDITOR, S.A. p.v.
- 13.- ORTIZ VILLANUEVA. 1977. Fertilidad del Suelo. Editorial PATENA, CHAPINGO, MEXICO, p.v.
- 14.- P. DUCHAUFOUR. 1975. Manual de Edafología. ed. española, Toray Masson, S.A. BARCELONA, p.v.
- 15.- R.V. TAMHANE. D.P. MOTIRAMANI, et al. 1978. Suelos: - su Química y Fertilidad en Zonas Tropicales. editorial DIANA, MEXICO, p.v.
- 16.- SAMUEL L. TISDALE, WERNER L. NELSON. 1982. Fertilidad de los Suelos y Fertilizantes. Unión tipografica ed.- Hispano americana, S.A., de C.V. MEXICO. 108-109, --- 364-371.
- 17.- THOMAS M. LITTLE, F. JACKSON HILLS. 1979. Métodos Estadísticos para la Investigación en la Agricultura. - editorial TRILLAS, MEXICO, p.v.