

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON

FACULTAD DE AGRONOMIA



CARACTERIZACION DEL ESTADO NUTRICIONAL
DE ALGUNOS SUELOS DE LA ZONA NORTE DEL
ESTADO DE NUEVO LEON, MEDIANTE LA
TECNICA DEL ELEMENTO FALTANTE Y/O
ADITIVO EN CONDICIONES DE INVERNADERO.

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO AGRONOMO FITOTECNISTA

PRESENTA
ATANACIO LOPEZ GARCIA

MARIN, N. L.

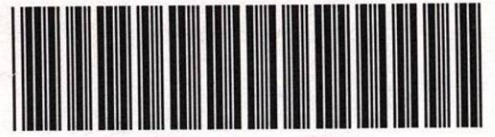
ENERO DE 1987

T

S593

L661

c.1



1080062089

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON

FACULTAD DE AGRONOMIA



COMISION REVISADORA
CARACTERIZACION DEL ESTADO NUTRICIONAL
DE ALGUNOS SUELOS DE LA ZONA NORTE DEL
ESTADO DE NUEVO LEON, MEDIANTE LA
TECNICA DEL ELEMENTO FALTANTE Y/O
ADITIVO EN CONDICIONES DE INVERNADERO.

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO AGRONOMO FITOTECNISTA

PRESENTA
ATANACIO LOPEZ GARCIA

MARIN, N. L.

ENERO DE 1987

006954

T
S 593
L 661

040 631

FA2
1987
C-5



Biblioteca Central
Magna Solidaridad

F. tesis

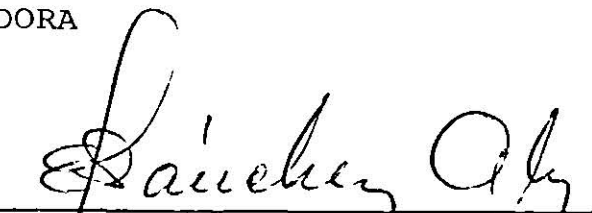


CARACTERIZACION DEL ESTADO NUTRICIONAL, DE ALGUNOS SUELOS DE LA -
ZONA NORTE DEL ESTADO DE NUEVO LEON, MEDIANTE LA TECNICA DEL ELE-
MENTO FALTANTE Y/O ADITIVO EN CONDICIONES DE INVERNADERO.

TESIS REALIZADA DENTRO DEL PROYECTO DE FERTILIZACION ORGANICA E -
INORGANICA Y ACEPTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA LA OBTENCION --
DEL TITULO DE INGENIERO AGRONOMO FITOTECNISTA QUE PRESENTA - - -
ATANACIO LOPEZ GARCIA.


COMISION REVISADORA

ASESOR PRINCIPAL



ING. ERNESTO J. SANCHEZ ALEJO

ASESOR AUXILIAR



ING. M.Sc. HUMBERTO RODRIGUEZ F.

ASESOR AUXILIAR



ING. M.C. NAHUM ESPINOZA MORENO

CON GRATITUD Y AMOR A MIS PADRES

ATANACIO LOPEZ PEREZ

CELIA GARCIA MEDELLIN

POR SU APOYO MORAL Y ECONOMICO, QUE HICIERON POSIBLE REALIZAR MI
CARRERA.

A MIS HERMANOS

VICTORIA

GILBERTO

JUAN

MINERVA

OBDULIA

ROSA IDALIA

ELENA

MA. DEL SOCORRO

CELIA

LIBRADO

JILDARDO

A TODOS MIS FAMILIARES.

MI MAS SINCERO AGRADECIMIENTO A LAS SIGUIENTES

PERSONAS .

ING. ERNESTO J. SANCHEZ ALEJO

ING. M.Sc. HUMBERTO RODRIGUEZ FUENTES

ING. M.C. NAHUM ESPINOZA MORENO

POR SU APOYO Y ACERTADA ORIENTACION PARA REALIZAR LA PRESENTE.

A MIS COMPAÑEROS Y AMIGOS

I N D I C E

	Pag.
I.- Introducción. - - - - -	1
II.- Revisión de Literatura.- - - - -	2
1.- Importancia de los elementos en el suelo.-	3
2.- Esencialidad de los elementos.- - - - -	4
3.- Funciones de los elementos.- - - - -	6
4.- Interacción y equilibrio de los elementos.	14
4.1.- Equilibrio nutritivo.- - - - -	14
4.2.- Interacción entre los elementos.- --	15
5.- Factores que afectan la disponibilidad de_	
los elementos en el suelo.- - - - -	24
5.1.- pH del suelo. - - - - -	24
5.2.- Materia Orgánica. - - - - -	26
5.3.- Carbonatos de calcio. - - - - -	27
6.- Técnicas de invernadero. - - - - -	28
7.- Técnica del elemento faltante. - - - - -	29
8.- Trabajos relacionados con la técnica del -	
elemento faltante. - - - - -	33
III.- Materiales y Métodos. - - - - -	35
IV.- Resultados y Discusión.- - - - -	51
V.- Conclusiones. - - - - -	66
VI.- Recomendaciones. - - - - -	68
VII.- Resumen. - - - - -	69
VIII.- Bibliografía.- - - - -	71
IX.- Apéndice. - - - - -	76

INDICE DE CUADROS Y FIGURAS

	Pag.
Cuadro No. 1.- Clasificación de los diferentes grados de fertilidad según el laboratorio de suelos de la F.A.U.A.N.L.- - - - -	36
Cuadro No. 2.- Agrupación de las localidades de la zona norte del estado de Nuevo León. - - - - -	38
Cuadro No. 3.- Concentraciones utilizadas en los estudios de "sorción" para los elementos a probar.- -	40
Cuadro No. 4.- Cantidad de solución C y concentración del azufre para la preparación de tratamientos de "sorción". - - - - -	40
Cuadro No. 5.- Niveles a probar para cada elemento en ppm obtenidos en los niveles críticos. - - - - -	44
Cuadro No. 6.- Niveles a probar de cada elemento puro en ppm, considerando los requerimientos de cada suelo. - - - - -	45
Cuadro No. 7.- , Cantidades aplicadas del compuesto en (g/3 litros de agua). - - - - -	47
Cuadro No. 8.- Preparación de las soluciones para los estudios de "sorción". - - - - -	80

Cuadro No. 9.-	Resultados obtenidos en los análisis preliminares.- - - - -	81
Cuadro No.-10.-	Capacidad de fijación relativa (%) en los suelos bajo estudio.- - - - -	81
Cuadro No. 11.-	Cantidades aplicadas en ppm de los elementos en la zona norte del estado de Nuevo León.--	82
Cuadro No. 12.-	Resumen de los resultados de los análisis de varianza efectuados para las variables bajo estudio, para cada tipo de suelo, sin considerar el arreglo factorial de los tratamientos. - - - - -	83
Cuadro No. 13.-	Resultados de la comparación de medias de los tratamientos mediante Tukey, para las variables diámetro de tallo, altura de planta, rendimiento de materia verde y materia seca en la localidad de Dulces Nombres.- - -	84
Cuadro No. 14.-	Resultados de la comparación de medias de los tratamientos mediante Tukey, para las variables diámetro de tallo, altura de plantas, rendimiento de materia verde y materia seca en la localidad de La Reforma, China -- N.L. - - - - -	85

- Cuadro No. 15.- Resultados de la comparación de medias de --
 los tratamientos mediante Tukey, para las --
 variables diámetro de tallo, altura de plan-
 ta, rendimiento de materia verde y materia -
 seca en la localidad de Nuevo Repueblo.- - - 86
- Cuadro No. 16.- Resumen de los resultados de los análisis de
 varianza, efectuados por localidad para las_
 variables estudiadas donde se muestran los -
 cuadrados medios del error, factores, su sig
 nificancia, media general y el coeficiente -
 de variación.- - - - - 87
- Cuadro No. 17.- Resumen de los resultados obtenidos en los -
 análisis de varianza efectuados por las va--
 riables estudiadas, considerando el arreglo_
 factorial de los tratamientos, donde se mues
 tran los cuadrados medios del error y cuadra
 dos medios de los factores y su significancia.88
- Cuadro No. 18.- Resultados de la prueba de Tukey, para la --
 comparación de medias de la interacción ele-
 mento-nivel en las variables diámetro de ta-
 llo, altura de plantas, rendimiento de mate-
 ria seca y materia verde en la localidad de_
 Dulces Nombres. - - - - - 89

- Cuadro No. 19.- Presentación de medias y resultados de la -
prueba de Tukey, para el factor elemento en_
las variables altura de plantas y rendimien-
to de materia seca en la localidad de Dulces
Nombres. - - - - - 90
- Cuadro No. 20.- Presentación de medias y resultados de la --
prueba de Tukey, para el factor nivel en las
variables altura de plantas y rendimiento de
materia seca en la localidad de Dulces Nom--
bres. - - - - - 90
- Cuadro No. 21.- Resultados de la prueba de Tukey, para la --
comparación de medias de la interacción ele-
mento-nivel en las variables de altura de --
plantas y rendimiento de materia seca en la_
localidad de La Reforma, China, N.L.- - - -- 91
- Cuadro No. 22.- Presentación de medias y resultados de la --
prueba de Tukey, para el factor elemento en
las variables diámetro de tallo, altura de -
plantas y rendimiento de materia seca en la_
localidad de La Reforma, China, N.L. - - - - 92
- Cuadro No. 23.- Presentación de medias y resultados de la --
prueba de Tukey, para el factor nivel en la
variable rendimiento de materia seca en la -
localidad de La Reforma, China, N.L.- - - - 92

Cuadro No. 24.- Presentación de medias y resultados de la -
prueba de Tukey, para el factor elemento en
las variables diámetro de tallo y altura de
plantas en la localidad Nuevo Repueblo.- -- 93

Cuadro No. 25.- Presentación de medias y resultados de la -
prueba de Tukey, para el factor nivel en la
variable rendimiento de materia seca en la_
localidad de Nuevo Repueblo. - - - - - -- 93

Cuadro No. 26.- Resultados de la prueba de Tukey, para la -
comparación de medias de la interacción sue_
lo-elemento en las variables diámetro de ta_
llo y altura de plantas en los suelos bajo_
estudio. - - - - - - - - - - - - - - - - - 94

Cuadro No. 27.- Resultados de la prueba de Tukey, para la -
comparación de medias de la interacción sue_
lo-nivel en la variable rendimiento de mate_
ria verde en las localidades de la zona --
norte. - - - - - - - - - - - - - - - - - 95

Cuadro No. 28.- Resultados de la prueba de Tukey, para la -
comparación de medias de la interacción sue_
lo-nivel en la variable rendimiento de mate_
ria seca en las localidades de la zona norte.96

Cuadro No. 29.- Resumen del análisis de regresión múltiple_

mediante el procedimiento Stepwise, de la variable rendimiento de materia seca con elemento en cada localidad. - - - - - 97

- Figura No. 1.- Ubicación de las localidades seleccionadas en la zona norte del estado de Nuevo León. 39
- Figura No. 2.- Croquis del experimento para los suelos de estudio en la zona norte del estado de Nuevo León. - - - - - 48
- Figura No. 3.- Curvas de sorción de fósforo en la zona norte, con sus modelos de regresión. - - - - - 77
- Figura No. 4.- Curvas de sorción de manganeso en la zona norte, con sus modelos de regresión. - - - - - 78
- Figura No. 5.- Curvas de sorción de zinc en la zona norte, con sus modelos de regresión.- - - - - 79

I N T R O D U C C I O N

La agricultura, sigue siendo el principal sector productor de alimentos aún en nuestro mundo altamente industrializado y de ello depende la vida de la humanidad, de aquí que adquiere especial atención lograr los máximos rendimientos posibles por unidad de superficie a través del uso de insumos agrícolas, en especial fertilizantes químicos.

En el estado de Nuevo León, se obtienen bajos rendimientos en la producción de cultivos básicos debido a varios factores, de los cuales el estado nutricional del suelo juega un papel muy importante.

Con el presente trabajo se pretende fundamentar inicialmente a través del análisis químico y del uso del invernadero un programa efectivo para la evaluación y el mejoramiento de la fertilidad de los suelos en el estado de Nuevo León.

Un procedimiento muy usado y que reviste gran importancia, para la evaluación de la fertilidad de los nutrientes en el suelo, lo constituye la técnica del elemento faltante basada en la identificación de elementos nutritivos; la cual es relativamente rápida, eficiente y efectiva en la evaluación de la fertilidad del suelo.

La técnica del elemento faltante y/o aditivo se presta para trabajar en el invernadero, donde el volumen de suelo utiliza-

do es pequeño y las deficiencias nutricionales suelen aparecer -- con facilidad. Además se aplica muy bien en suelos pobres en donde de las deficiencias y desbalances nutricionales también son comunes.

Por lo tanto, siendo el regimen de fertilidad del suelo -- uno de los factores que afectan al cultivo, es importante diagnos ticar y corregir niveles de disponibilidad de los elementos nutritivos que se encuentran en el suelo, por lo que se pretende caracterizar el estado nutricional de algunos suelos de la zona nortedel estado de Nuevo León.

OBJETIVOS

- Caracterizar el estado nutricional de algunos suelos de la zona norte del estado de Nuevo León.

- proporcionar bases a estudios referentes a la corrección de los problemas de fertilidad del suelo como factor limitante para la obtención de buenas cosechas.

REVISION DE LITERATURA

El suelo y el clima son dos factores estrechamente ligados con la productividad agrícola, ya que el suelo contiene los nutrientes esenciales para las plantas, siendo la disponibilidad de nutrientes minerales uno de los principales determinantes de su productividad.

1.- Importancia de los elementos en el suelo.

La relación entre las propiedades físico-químicas de los suelos son factores esenciales que determinan la fertilidad de los mismos, sin embargo es posible actuar sobre su composición química con el objetivo de obtener cosechas más abundantes; uno de los principales objetivos de la productividad del suelo. (5)

Sin embargo la finalidad de la fertilización es mejorar las condiciones nutritivas de la planta al aumentar las reservas de nutrientes ya existentes en el suelo e incrementar los rendimientos. Basta suministrar los nutrimentos requeridos en mayor cuantía por la planta: N, P y K, cubriéndose de tal forma la elevada demanda que de ellos origina el incremento de la producción. (13)

El nitrógeno, fósforo y potasio, ocupan un lugar distinguido en lo concerniente a la fertilidad del suelo. Puesto que la producción natural de los compuestos solubles - única forma en que estos elementos son fácilmente aprovechables por la planta --

se realiza muy lentamente en el suelo, y como las plantas en crecimiento los absorben en cantidades comparativamente grandes fácilmente se agotan.

La pérdida anual de estos elementos, originada por los cultivos, es mucho más grave que en el caso de los micronutrientes, cuando no se reintegran regularmente al suelo mediante la aplicación de fertilizantes naturales o artificiales tarde o temprano aparecerán los síntomas de deficiencia en las plantas. (26)

2.- Esencialidad de los elementos.

Todos los elementos esenciales para el crecimiento de las plantas están comprendidos dentro de la fertilidad del suelo. (4)

Las plantas absorben elementos minerales de las proximidades de las raíces de una forma indiscriminada, pero la presencia en una planta de algún elemento en particular no constituye una prueba de que este elemento sea esencial para el desarrollo. (28)

Un elemento es esencial cuando se demuestra que es un componente normal que participa en una función vital de la planta.

Un elemento es esencial cuando en actividad aparecen las siguientes características:

- La ausencia del elemento origina daño o desarrollo anormal, impide que se complete el ciclo vital o causa la muerte de la --

planta.

- Ningún otro elemento puede substituirle.
- Al realizar las pruebas con el elemento en gran número de especies de plantas, se comprueba que en todas es indispensable.

Sachs y Knop citados por James (14), mencionan que aquellos elementos que las plantas necesitan en cantidades relativamente grandes, son llamados elementos esenciales: Ca, Mg, K, N, S y P, aún son menores las cantidades necesarias de Zn, Mn, Cu, B, Mo y Fe.

El carbón, hidrógeno, oxígeno, nitrógeno, fósforo y azufre son los elementos que componen las proteínas y por lo tanto el protoplasma. Además existen otros 14 elementos necesarios para el crecimiento de las plantas, calcio, magnesio, potasio, hierro, manganeso, molibdeno, cobre, zinc, cloro, sodio, cobalto, vanadio y silicio. (28)

Algunos elementos esenciales como el zinc y molibdeno, son requeridos en pequeñas cantidades, para el desarrollo y crecimiento conveniente.

Bernad (1939) citado por Devlin (6) menciona que se detectaron en diferentes plantas la necesidad de microconstituyentes como Mn, Zn, B, Cu y Mo.

3.- Funciones de los elementos.

El carbón, hidrógeno y oxígeno, son importantes en la síntesis de los carbohidratos, proteínas, grasas y compuestos relacionados con ellos. Estos son los principales constituyentes en la mayoría de los compuestos vegetales. (17)

NITROGENO.

El nitrógeno es absorbido por las plantas bajo la forma nítrica, sin embargo, las sales amoniacales pueden ser directamente utilizadas sin previa nitrificación, sobre todo en el medio alcalino.

Casi siempre, el nitrógeno se presenta bajo formas de compuestos complejos insolubles como materias proteicas. También se encuentran bajo formas orgánicas solubles como aminas y amidas. (5)

Las formas más comunmente asimiladas por las plantas son los iones de nitrato (NO_3^-) y el amonio (NH_4^+). La urea ($\text{NH}_2\text{-CO-NH}_2$) puede ser absorbida por las plantas en algunos casos. (28)

El nitrógeno es esencial para el desarrollo de los vegetales dado que es un constituyente de todas las proteínas y por consiguiente de todos los protoplasmas. Además de su papel en la formación de la molécula de clorofila. (5,22)

FOSFORO.

El fósforo desempeña un papel fundamental en un gran número de reacciones enzimáticas que dependen de la fosforilación. Es un constituyente del núcleo celular y esencial para la división de las células y desarrollo de los tejidos meristemáticos. (22)

El fósforo se encuentra en las plantas formando parte de los ácidos nucleicos, fosfolípidos, de las coenzimas NAD y NADP, y lo que es especialmente importante como parte integrante del ATP, GTP y UTP. (6,16)

Se considera generalmente que las plantas absorben la mayoría del fósforo en forma de ion primario ortofosfato H_2PO_4^- y en pequeñas cantidades del ion secundario HPO_4^{2-} . (28)

La planta absorbe el fósforo casi exclusivamente como iones fosfatos inorgánicos posiblemente solo como iones H_2PO_4^- , PO_4^{3-} , también se puede presentar bajo forma mineral o como compuestos orgánicos complejos lecitinas y fitina. (16,22)

POTASIO.

El potasio difiere del nitrógeno y el carbón en que no es un constituyente de la estructura de la planta. Es importante en la síntesis de los aminoácidos y proteínas a partir de los iones amonio. (22)

El potasio no forma parte de ninguna sustancia vegetal -- importante; sin embargo parece que influye sobre la eficiencia de muchas reacciones de síntesis, como la formación de almidón y de las proteínas. Además se encuentra en el jugo citoplasmático, -- por lo que desempeña un papel importante en el fenómeno osmótico. También parece ser un catalítico puesto que la deficiencia en potasio, representa particularmente fallos en la síntesis de proteínas o en la fotosíntesis. Siendo el ion K^+ el que interviene, -- directamente en los mecanismos de permeabilidad celular. (15,16)

Es absorbido como ion K^+ y se encuentra en los suelos en cantidades variables sin embargo la fracción cambiante o en forma asimilable para las plantas es generalmente pequeña. (28)

CALCIO

El calcio aparece como esencial para el crecimiento de los meristemas y particularmente para el desarrollo y funcionamiento adecuado de los ápices de las raíces. (22)

Tiene una función misteriosa en el núcleo y es indispensable para el buen desarrollo de los ápices del tallo y de la raíz. (15)

Las funciones fisiológicas específicas del calcio en las plantas no están claramente definidas. Clásicamente se ha considerado el calcio como necesario para la formación de la lámina media de las células a causa de su importante papel en la síntesis

del pectato de calcio. Un papel bien conocido desempeñado por el calcio en las plantas es su aportación en las paredes celulares - en forma de pectato de calcio. (6,28)

Es absorbido bajo la forma de ion Ca^{2+} . (28)

MAGNESIO

El magnesio es necesario a todas las plantas verdes, dado que es un constituyente de la clorofila. Desempeña un papel importante en el transporte de fosfatos en la planta. Las dos funciones esenciales desempeñadas en la planta por el magnesio corresponden a los importantes procesos de la fotosíntesis y del metabolismo glucídico.

El magnesio forma parte de la molécula de clorófila, sin la cual la fotosíntesis no podría realizarse. Es el único constituyente mineral de la molécula de clorofila y se halla localizado en el centro. Siendo absorbido por las plantas en forma de ion Mg^{2+} . (6,22,28)

AZUFRE

El azufre es un constituyente esencial de muchas proteínas, encontrándose en los siguientes aminoácidos: cisteína, cistina y metionina, también forma parte de los grupos - SH - que juegan un papel destacado en la catálisis a nivel de los centros enzimáticos. (6,16,22)

Es absorbido habitualmente por las raíces en forma de ion SO_4^{-2} y puede ser absorbido directamente por las hojas en forma de dióxido de azufre (SO_2). (6,16,28)

FIERRO.

El fierro aparece en todos los órganos jóvenes durante el crecimiento, tiene una importante acción en el funcionamiento de todos los cloroplastos. (5)

Es claramente esencial como componente de muchas enzimas y transportadores HEME y no HEME, pero actualmente es aceptado que el Fe no juega ningún papel en la síntesis enzimática. (19)

Es el elemento químico más abundante en la tierra: aparece en tres formas metal libre, ferrosa (Fe^{2+}) y férrica (Fe^{3+}). Siendo solo la forma ferrosa más importante para las plantas. (3)

BORO.

La actividad del boro en el metabolismo normal de las plantas no ha sido probada, aunque se han sugerido varias hipótesis.

- Regula ciertos aspectos del metabolismo de los carbohidratos.
- Esta involucrado en el metabolismo de la translocación de carbohidratos, el desarrollo de la pared celular y en

el ácido ribonucleico. (11)

El boro es esencial para las plantas superiores aunque no ha sido establecido un papel bioquímico esencial para este elemento. La hipótesis más persistente es la de Gauch y Dugger (1954) de que el boro funciona facilitando el transporte de azúcares a través de las membranas.

Coke y Whittington (1968), citados por Mortvedt (19), han considerado la hipótesis de que el boro esta involucrado en el metabolismo de auxinas.

Es absorbido en una o más de sus formas ionicas, tales como $\text{BO}_4\text{O}_7^{2-}$, H_2BO_3^- , HBO_3^{2-} y BO_3^{3-} . (28)

MANGANESO.

Actúa sobre el funcionamiento de las oxidasas y quizás también sobre la síntesis de algunos ácidos aminados. (6)

El manganeso tiene funciones de activación de numerosas enzimas relacionadas con el metabolismo de los carbohidratos, reacciones de fosforilación. Es un activador específico de las enzimas prolidasa glutamil transferasa. Recientemente se han atribuido al manganeso funciones en ciertos procesos fotoquímicos tales como la reacción de Hill. (28)

El manganeso esta involucrado en muchos procesos diferen--

tes, incluyendo síntesis de clorofila, respiración, fotosíntesis y asimilación de nitrógeno. Aunque las reglas precisas no son -- claramente definidas aún, el manganeso parece estar asociado con sistemas múltiples de enzimas, especialmente el ciclo de Krebs. - (11)

Es absorbido por las plantas en forma de Mn^{2+} , en combinación molecular con ciertos complejos orgánicos tales como EDTA. - (28)

ZINC

El zinc interviene en la biosíntesis de la auxina llamada ácido indolil - 3 acético (IAA). También participa en el metabolismo de las plantas como activador de diversas enzimas: anhidrasa carbónica, deshidrogenasa alcohólica y las deshidrogenasas del piridín - nucleótido. (6)

La función del zinc en las plantas es de un metal activador de enzimas: enolasa, aldasa, descarboxilasa oxalacética, lecitinosa, cisteína de sulfhidrasa, istidina, dehidropeptidasa y -- dipeptidasa glicil-glicínica. (28)

Skoog (1940) citado por Mortvedt, Giordano y Lindsay (19) - mencionan que las plantas deficientes en zinc se comportan como si fueran también auxinas.

Es absorbido por las plantas en forma de Zn^{2+} y puede ser

absorbido también bajo la forma de quelatos de EDTA. (6)

COBRE.

El cobre participa en varias funciones vitales como la síntesis de la clorofila y ciertas reacciones productoras de energía como la respiración y la fotosíntesis. También influye en la permeabilidad de la membrana celular y en el proceso por el cual el nitrógeno en forma de nitratos es reducido a la forma amónica en las plantas. (3)

El cobre actúa como componente de las fenolasas, de la laccasa y de la oxidasa del ácido ascórbico, y su papel como parte integrante de estas enzimas representa probablemente la función más importante de las plantas. (6)

Es absorbido por las plantas en forma de ion cúprico Cu^{2+} , y puede ser absorbido como una sal de un complejo orgánico como el EDTA. (28)

MOLIBDENO.

Ha sido conocido desde hace tiempo como requerido para la asimilación normal del nitrógeno en las plantas. De las cuatro enzimas encontradas que contienen Mo, aldehído-oxidasa, xantino-oxidasa, nitrogenasa y nitrato reductasa, tienen funciones catalíticas. (19)

Es absorbido por las plantas bajo la forma del ion MoO_4^{2-}
(28)

CLORO.

No está muy claro el papel que desempeña en la nutrición vegetal; todo parece indicar que su influencia es similar a la del azufre, es decir, facilita la absorción de otros elementos, siempre que no se encuentre en cantidades excesivas y por ende tóxicas. (26)

Es absorbido en forma de ion Cl^- . (28)

SODIO, COBALTO, VANADIO y SILICIO.

Su papel específico en las funciones fisiológicas o metabólicas es desconocido. En el caso del cobalto se ha relacionado en la síntesis de vitamina B12. Con el vanadio se ha especulado que puede tener una función en las reacciones biológicas de oxidación - reducción. El sodio es absorbido bajo la forma del ion Na^+ . (28)

4.- Interacción y equilibrio de los elementos.

4.1. Equilibrio nutritivo.

El equilibrio nutritivo entre los microelementos es esencial y acaso sea más difícil de mantener que para los macronu-

trientes. Algunos de los sistemas enzimáticos de las plantas que dependen de los micronutrientes requieren más de un elemento.

Los elementos añadidos podrían completar los elementos ya existentes en el propio suelo hasta que este presentará a las plantas la proporción correcta de N, P y K asimilable. Los tres elementos fertilizantes, cuando se usan acertadamente, no solo tienden mutuamente a reprimirse, equilibrarse, soportarse y suplementarse, sino también con los otros elementos.

Al mismo tiempo, las cantidades y aprovechamiento de los otros elementos esenciales debe ser ideal. En sentido estricto, el equilibrio de fertilidad en conjunto debe ser tal que pueda producir un grande y normal desarrollo de los cultivos.

En la práctica ese ideal es difícil de conseguir. El suelo tiene siempre, más o menos una cualidad desconocida respecto a la posible asimilación estacional de sus constituyentes. Además es difícil de suponer las reacciones que ocurrirán cuando los fertilizantes se pongan en contacto con el suelo. (4)

4.2.- Interacción entre los elementos.

La interacción es i) una influencia, una acción mutua o recíproca de un elemento sobre otro en relación al crecimiento de las plantas. ii) la respuesta diferencial de un elemento en combinación con niveles variables de un segundo elemento aplicado simultáneamente; los dos elementos se combinan para producir un

efecto adicional debido no unicamente a uno de ellos.

Las interacciones pueden surgir cuando una planta absorbe grandes cantidades de un nutriente disponible cuya concentración en la planta alcanza niveles excesivos o tóxicos que interfiere las funciones metabólicas normales de otro nutriente. (19)

Las principales interacciones que se lleva a cabo entre los elementos nutrientes son las siguientes:

Interacción nitrógeno - zinc

Boawn et al. (1960) y Grunes et al. (1961), citados por Villarroel (30) señalan que el sulfato de amonio incrementa la absorción de Zn mejor que el nitrato de calcio, cuando la cosecha es grano de sorgo o papa, todo este efecto lo relacionan con el cambio de pH del suelo por efecto de la fuente nitrogenada, con un incremento en la absorción de Zn cuando es ácido y disminuye cuando es alcalino.

Del Rivero (1968) citado por Villarroel (30), señala que la fertilización nitrogenada puede llegar a ocasionar deficiencias de Zn, lo que puede atribuirse más que todo a la influencia de las fuentes nitrogenadas sobre el pH del suelo; por otra parte, cita que el nitrato de sodio disminuye la absorción de Zn, mientras que el nitrato y sulfatos amónicos lo aumentan.

Power et al. (1972) citados por villarroel (30) reportan -

que el pH del suelo cuando se aplica urea es ligeramente más alto de los 6 a 10 días después de la fertilización, debido a la generación de $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$, en el suelo durante este período.

Interacción fósforo - zinc.

La interacción P y Zn ha sido estudiada desde 1936, por -- Barnette et al. (1936); West (1938); Boawn, Viets y Crawford -- (1954, 1957); Thorne (1957); Stuckenhaltz et al. (1966), citados_ por Mortvedt, Giordano y Lindsay (19), mencionan que la interac-- ción es designada como deficiencia de Zn, inducida por el P, esta alteración en el desarrollo de la planta es comunmente asociada - con altos niveles de P disponible o con aplicaciones de P en el - suelo. (19)

Boawn y Leggett (1964); Boawn y Brown (1968) citados por - Villarroel(30) señalan que altos niveles de P en el medio de creci_ miento de la planta reduce la solubilidad de Zn o interfiere con_ el movimiento de Zn en la planta por desbalance fisiológico. Exis_ te evidencia de que el P puede inhibir la absorción de Zn en la - raíz o interfiere con la traslocación de Zn de las raíces a los - sitios metabólicos en la hoja.

Sharma et al. (1968) y Warnock (1970), citados por Villa-- rroel(30) reportan que aplicando P se redujo la concentración de_ Zn en los tejidos pero no la absorción por la planta, porque la - concentración de Zn de las raíces permaneció relativamente no - - cambiante. Concluyendo que el mayor efecto del P sobre Zn es una

"inhibición fisiológica en la traslocación de Zn de las raíces - a la parte aérea".

Keefe et al. (1972), citado por Villarreal (30), reportó el mutuo antagonismo entre el P y Zn, presentando deficiencias de Zn en las plantas que contienen grandes cantidades de P total y aprovechable; así mismo señalan la reducción en la concentración de P de las plantas fertilizadas con Zn, por lo que reconoce el antagonismo entre estos nutrientes que influyen en el crecimiento y la composición de la planta.

Este antagonismo se explica en tres procesos generales.

- Físicos, químicos o inmovilización de Zn o P en el suelo.
- Precipitación de Zn por el P dentro de la planta o en la superficie de la raíz de la planta.
- Rompimiento del metabolismo de la planta resultando de un desbalance de nutrientes.

Interacción potasio - zinc

Del Rivero (1968); Smith y Smith (1977), citados por Villarreal (30) reportan que el exceso de K en el suelo puede ocasionar la deficiencia de Zn en la planta, por desequilibrio nutricional; así mismo, este exceso de K disminuye la concentración de carbohidratos, N, P, Ca, Mg, Cu, B y Mn y no así de S, Fe y Al.

Sukla y Mukhi (1979) citan a Terman y Allen, quienes observaron abatimiento en la concentración de Zn en el cultivo de maíz debido a un incremento en el rendimiento por aplicaciones de potasio. (30)

Interacción fósforo - fierro.

El fósforo es comunmente relacionado con la inducción de clorosis férrica. Numerosos estudios muestran que un exceso de fósforo induce la aparición de clorosis férrica, debido a restricciones en la absorción y traslocación de fierro, Brown et al. (1959); Brown (1961) y Watanabe et al. (1965).

Watanabe et al. (1965), observaron que en la clorosis férrica inducida se encuentra una concentración normal de fierro en las hojas. Sin embargo, la relación P/Fe es mayor en plantas que muestran clorosis, Amparano (1973), García (1979).

Olsen (1972) indica que poco es lo que se conoce de los mecanismos por los cuales se presenta la interacción Fe - P y recomienda la realización de estudios a nivel molecular y celular para comprender mejor el fenómeno. (21)

Interacción fósforo - cobre.

Las interacciones del fósforo y cobre pueden resultar del uso excesivo o prolongado de fertilizantes fosfatados, Bingham, Martin y Chastain (1958), Bingham y Garber (1960), Bingham --

(1963) y Spencer (1966). Deficiencias severas de Cu fueron inducidas en cítricos mediante la aplicación de 180 ppm de P en 9 suelos de California. Las aplicaciones de Cu corrigieron los síntomas e incrementaron el crecimiento de cítricos.

Bingham (1963), estudió los cambios en Cu en plántulas de naranjas ácidas tratadas con 3 niveles de P en una solución de cultivo arena - nutrientes. Se notó la disminución en la concentración de Cu a medida que se incremento el nivel de P, pero las plantas no fueron deficientes en cobre.

Spencer (1966), observó que las aplicaciones de P reducen la concentración de Cu en hojas y raíces de plántulas de mandarina cleopatra a 4 niveles de aplicación de Cu, de 0 a 250 ppm. En los casos en que la aplicación de Cu resultó tóxica para el crecimiento de los cítricos las aplicaciones de P reducen la toxicidad del cobre.

Interacción fósforo - molibdeno.

El fósforo mejoró la absorción y traslocación de Mo en plantas de tomate, Stout et al. (1951). El efecto del P en el Mo fue altamente consistente bajo una variedad de condiciones experimentales con diferentes especies, en soluciones de cultivo y en el suelo. Estos autores sugirieron que el fósforo podría asumir un papel importante afectando la liberación de Mo de las células de la raíz hacia el sistema de traslocación.

Barshad (1951), sugirió que el P podría estimular la captación de Mo debido a la formación de un anión complejo P-Mo absorbido más fácilmente por la planta. (19)

Interacción fierro - zinc.

Warnock (1970), indica que las plantas con deficiencia en Zn acumularon grandes excesos de Fe.

Adriano et al. (1971), señalan que el Fe y Zn son mutuamente antagónicos e interactúan más marcadamente que los otros micronutrientes. El efecto antagónico del Fe y Zn puede explicar el porque a bajos y altos niveles de Fe disminuye el crecimiento de la planta. La deficiencia de fierro a bajos niveles retardó el crecimiento; sin embargo, a altos niveles de Fe, se acentuó la deficiencia de Zn.

Safaya (1976), Halverson y Lindsay (1977), reportaron que grandes cantidades de Zn aplicado al suelo y absorbido por la planta, acentúan la deficiencia de Fe, por reducción en el flujo de Fe, por reemplazo en parte de Fe por el Zn de los quelatos, indicando que un nivel alto de Zn reduce el movimiento del Fe dentro de la planta.

Ortega (1978), señala que el mecanismo de esta interacción se explica en que el Zn^{++} puede competir con el Fe^{++} por los agentes quelatantes e inclusive en algunas reacciones de precipitación.

Kashirad et al. (1978), reportaron que la aplicación de Fe al suelo de 0 y 20 ppm disminuyó el contenido de Zn de 74.3 - ppm a 26.5 ppm respectivamente en la parte aérea de la planta.

White et al. (1979), señalan que la aplicación de Zn en el suelo en varios cultivares a dos niveles de pH (5.5 y 6.5), redujo el contenido de Fe en las hojas. (30)

Interacción fierro - manganeso.

Sommers y Shive (1942), mencionan que plantas desarrolladas en suelos ácidos que contienen altas cantidades de manganeso asimilable presenta una sintomatología de deficiencia similar a la causada por deficiencia de fierro; llegando a concluir que el Fe y Mn interaccionan en sus funciones metabólicas y que la actividad fisiológica de uno es afectada por la presencia del otro.

Leach y Toper (1954), concluyen que la relación Fe/Mn - óptima difiere entre especies; así se tiene que para varias especies de frijol varía de 1.5 a 3.0 y para tomate de 0.5 a 5.0. La sintomatología de deficiencia en fierro se presentó a valores bajos de la relación y de toxicidad por manganeso a valores altos de la misma.

Onki (1975), reporta una relación antagónica entre el Fe y Mn en algodón; señalando que concentraciones de manganeso de 4 a 247 ppm fueron relacionadas con concentraciones de Fe de

270 y 51 ppm, respectivamente.

Agarwala (1977), reporta que la disminución de clorofila por exceso de manganeso en chícharo es amortiguada por altas concentraciones de fierro; además, el exceso de Mn ocasiona una disminución en la concentración de proteína soluble en plantas con deficiencia en fierro.

Foy et al. (1978), indican que la capacidad del fierro de disminuir los efectos por toxicidad de manganeso en las plantas varia ampliamente en función de la especie. (21)

Interacción fierro - cobre.

Las concentraciones elevadas de Cu o Zn en una solución nutritiva han mostrado capacidad para producir clorosis de Fe en cítricos, Chapman, Liebig y Vanselow (1940). Reuther y Smith (1953), confirmaron las observaciones de que altas concentraciones de Cu en cultivos de arena causaban clorosis de Fe en cítricos.

Cheshire, Dekock e Inkson (1967), mostraron que las interacciones de nutrientes involucrando Fe y Cu explicaban la frecuente presencia de deficiencia de Cu en suelos de alto contenido de materia orgánica más que una fijación química de cobre. La aplicación de Fe reducía la captación y concentración de Cu en plantas de avena únicamente cuando el Cu había sido aplicado a turba. El cobre aplicado disminuyó la concentración de fierro en avena con adición de fierro o sin la aplicación de este elemento.

Las correcciones en la concentración de Cu y Fe causaron incrementos en los rendimientos de avena, pero ninguno de los elementos fue efectivo por sí solo.

Interacción magnesio - zinc.

Un incremento en el pH del suelo por alcalinización reduce la disponibilidad de Zn en las plantas, Zeatz (1960), reportó que el uso de material alcalinizante conteniendo $MgCO_3$ daba como resultado una deficiencia de Zn menos severa. Estos datos indican que la interacción del Mg con el Zn ocurría en un mayor grado dentro de la planta que en el suelo. (19)

Interacción manganeso - zinc.

Onki, 1976 señala que a una mayor aplicación de Mn en el suelo (0 a 4000 microgramos/litro), se observa que el contenido de Zn en los tallos de sorgo disminuyó de 50 ppm a 22 ppm - de Zn conforme se aplicó Mn, el aumento de Mn incrementó la concentración de éste micronutriente en los tallos de 4 a 634 ppm - de Mn, así mismo incrementó la concentración de Fe de 78 a 162 - ppm. (30)

5.- Factores que afectan la disponibilidad de los elementos en el suelo.

5.1.- pH del suelo.

Los suelos de las regiones húmedas son ácidos y los suelos de las regiones áridas son alcalinos. En los suelos ácidos, la solución del suelo contiene más iones hidrógeno (H^+) que hidroxilos (OH^-) y en los suelos alcalinos, es a la inversa. Los valores del pH entre 4 y 10 son los que normalmente se encuentran en los suelos agrícolas.

El pH del suelo influye en la absorción nutritiva y crecimiento de las plantas, a través del efecto directo del ion H^+ e indirecto, por su influencia sobre la asimilación de los nutrientes y la presencia de iones tóxicos. (4)

La solubilidad de las sales de nitrógeno inorgánicas es elevada en todo el intervalo de pH que puede presentar el suelo. El ácido fosfórico, dentro de los límites de intensa acidez, es precipitado en forma de fosfato de hierro o de aluminio irreversible, y en tanto que dentro de los límites de alcalinidad puede ser fijado en forma de fosfato tricálcico. La solubilidad del fósforo disminuye a un pH inferior a 6.5 y superior a 7.5 (13,27)

El calcio y magnesio son más asimilables a valores de pH más elevados, exceptuando cuando el suelo es fuertemente alcalino. (27)

Los nutrientes cuya disponibilidad disminuye en suelos alcalinos son: Fe, Mn, Cu, Zn y B. (17)

A medida que el pH baja de 8 a 4, la solubilidad de Fe --

aumenta. Esto explica la deficiencia de Fe en suelos alcalinos.

(3)

Cationes metálicos como el Fe, Mn, Cu y Zn son más solubles si el suelo es moderadamente ácido. El Fe es más soluble a un pH inferior a 5, mientras que el Mn, Cu y Zn experimentan una solubilidad mayor a valores más elevados.

El boro presenta un máximo de solubilidad en pH o de 5 a 7. Olsen y Berger (1966) indican que el Na y Ca disminuyen la solubilidad del boro a valores de pH elevados.

La solubilidad del Mo aumenta con el tratamiento de cal, ya que a valores bajos de pH este elemento se precipita por acción del Fe y Al. (27)

5.2.- Materia orgánica.

En los suelos cultivados, la materia orgánica interviene especialmente en las propiedades físicas así como en las condiciones que rigen la nutrición de los vegetales. A medida que los cambios enzimáticos de la materia orgánica del suelo se producen, los productos simples comienzan a manifestarse libremente. Es especialmente CO_2 y H_2O .

Los productos simples más comunes que resultan de la actividad de los microorganismos del suelo son:

Carbón - bióxido de carbono, carbonatos, ácido carbónico, metano, carbón elemental.

Nitrogeno - amonio, nitritos, oxido nítrico y nitrógeno gaseoso.

Azufre - sulfuro de hidrógeno, sulfitos y sulfatos.

Fósforo - ácido fosfórico.

Otros - agua, oxígeno, hidrógeno, potasio, calcio y magnesio.

Compuestos como el nitrógeno en forma de nitratos, se acumula sólo después que se haya alcanzado la máxima descomposición y los microorganismos han disminuido su número.

Muchos compuestos orgánicos, en especial los de naturaleza nitrogenada llevan azufre, que aparece en formas simples a medida que aumenta la descomposición.

Una gran proporción del fósforo del suelo es aportado en combinaciones orgánicas, por el ataque de microorganismos, los compuestos orgánicos del fósforo se mineralizan y así se cambian a formas inorgánicas. (4,10)

5.3.- Carbonatos de calcio.

De los efectos químicos de los CaCO_3 , su reducción de la acidez es lo más apreciado. Sin embargo, los efectos indirectos sobre el aprovechamiento nutricional de ciertos elementos es probablemente lo más importante. (4)

En suelos alcalinos que contienen CaCO_3 libre, hay una disminución en la actividad del fósforo. Los iones fosfato que entran en contacto con la fase sólida de CaCO_3 son precipitados en

la superficie. La precipitación esta influenciada por la superficie expuesta del CaCO_3 y por la concentración de fósforo en -- colución circundante. (28)

El contenido de CaCO_3 ejerce una influencia importante sobre la migración del zinc, actuando en el mismo sentido que la fracción arcilla, ya que el zinc es absorbido sobre las partículas de CaCO_3 . Las deficiencias de zinc son comunes en este tipo de suelo. (30)

Los CaCO_3 hacen más eficaz al potasio en la nutrición de las plantas cuando es abundante, todas las plantas absorben más potasio del que necesitan. También aumenta la disponibilidad -- del nitrógeno al apresurar la descomposición de materia orgánica. (24)

En suelos calcáreos cuyo pH es mayor de 7.5 se presentan deficiencias de Fe y Mn, siendo la causa el exceso de calcio. -- (26)

6.- Técnicas de invernadero.

El suelo y el clima son dos factores estrechamente ligados con la productividad agrícola, constituyendo la fertilización -- un importante recurso para actuar sobre ésta. (25)

Richar y Chaminade citados por Fuenmayor y Cuevas (9), -- consideran que un estudio de fertilidad tiene dos etapas la --

primera sería adaptar la fertilidad al suelo; en la cual la planta solo actúa como indicadora y su objetivo es definir los problemas de fertilización. La segunda etapa es adaptar la fertilización a las necesidades de las plantas que se cultivan determinándose así las prácticas de fertilización más convenientes.

Los estudios de invernadero tienen una limitación ya que no consideran ninguna contribución del subsuelo o la influencia de algunos otros factores, tales como drenaje y condiciones climáticas. Además las plantas creciendo en invernadero están sometidas a un volumen restringido de suelo y a menudo se desarrollan hasta la madurez.

Es importante que una vez que una prueba de nutrientes en el subsuelo ha sido calibrada en el invernadero, sea probada posteriormente bajo condiciones de campo. (16)

Los experimentos de invernadero tienen como objetivo, por una parte, confirmar biológicamente en condiciones controladas, las deficiencias o toxicidades detectadas en los resultados analíticos y por otra parte observar deficiencias o suficiencias de algunos microelementos cuyo comportamiento involucra ciertos procesos de antagonismo o sinergismo. (31)

7.- Técnica del elemento faltante.

La técnica consiste en evaluar el comportamiento de una planta en presencia de dos estados de fertilidad cuando al suelo

han sido agregados todos los nutrimentos y cuando se han adicionado todos los elementos excepto uno. (2)

En la técnica del elemento faltante se aplican todos los nutrientes menos el elemento en cuestión, este diseño se presenta - para trabajar en el invernadero, donde el volumen del suelo utilizado es pequeño y las deficiencias nutricionales suelen apare--cer con facilidad. Además se aplica muy bien a suelos pobres en donde las deficiencias y desbalances nutricionales también son --comunes. (7)

Este método se fundamenta en la ley del mínimo, descubierta por Sprengel y propagada hace más de un siglo por Justus Von ---Liebeg que en resumen se enuncia: "una planta crecerá o producirá solo hasta que el factor primario más limitante lo permita".

En el uso de esta técnica, debe reconocerse que el creci---miento bajo condiciones de invernadero no es comparable con el crecimiento bajo condiciones de campo, sin embargo, puede corre--lacionarse cuando otro factor que no sea el estado de fertilidaddel suelo sea más limitante que la misma fertilidad. Cabe seña--lar que esta técnica considera únicamente requerimientos biológi--cos de las plantas, excluyendo factores económicos. (2)

La técnica del elemento faltante estudiada en macetas de invernadero fue ideada por Chaminade, (25) y posteriormente numero--sos investigadores han obtenido información valiosa y concordante sobre el estado actual de las reservas de nutrimentos a fin de esta

tablecer el abonamiento que permitirá reconstruir el equilibrio necesario de la fertilidad.

El uso del análisis de suelo como un medio para determinar el estado de fertilidad, requiere interpretación agronómica basada en la teoría de que existen "niveles críticos", en relación al método analítico utilizado. Cuando el nivel de un elemento en el suelo está por debajo de este nivel crítico, el crecimiento de la planta estará restringido por el grado en que ese elemento se encuentre por debajo de dicho nivel.

El nivel crítico se define, para un nutriente dado y una parte de la planta, como la concentración debajo de la cual existirá una alta probabilidad de respuesta a la adición del nutrientes en cuestión.

El nivel crítico se determina mejor a través del uso de soluciones nutritivas que permiten la adición de nutrientes en forma cuantitativa. Una vez que el nivel crítico se ha determinado, conviene comprobarlo en el campo.

A causa de las características dinámicas del suelo, cuando se le agrega un material o elemento, éste estará sujeto a cambios físicos y biológicos debido al cambio de las reacciones que se llevan a cabo en su seno. Por esta razón es de esperar que su disponibilidad para la planta varíe debido no solo a los elementos que ya se encontraban presentes. Por facilidad de expresión, a este cambio o reactividad de los elementos será llamado en esta

metodología "sorci3n".

Ya que la "sorci3n" afecta la disponibilidad de los elementos para las plantas, es necesario disponer de medios para determinar la capacidad de sorci3n de los suelos, para los principales elementos nutritivos.

Estos estudios se llevan a cabo a11adiendo al suelo, en una soluci3n, distintas cantidades y niveles de nutrimentos. La cantidad de soluci3n agregada debe ser suficiente para saturar completamente la muestra del suelo y dejar un ligero exceso cubri3ndola. El recipiente que contiene la muestra se deja destapado -- hasta que 3sta se seque. Este sistema permite que los elementos reaccionen con el suelo bajo una condici3n de humedad hasta la -- sequedad, lo que reduce en un corto per3odo de tiempo las reacciones que se llevan a cabo cuando esto sucede a nivel de campo.

El volumen de suelo requerido por maceta en este trabajo -- ha sido estudiado en varios rangos que var3an de 50 ml a 200 ml.-- Cuando se usa el mismo n3mero de plantas en un volumen de suelo -- dado y la humedad es mantenida en un rango 3ptimo, los resultados ser3n comparables entre cualquier volumen de suelo, as3 dos plantas por 50 ml de suelo ser3n comparables a 6 plantas por 150 ml -- de suelo. (7)

Un procedimiento muy usado y que reviste gran importancia -- en la evaluaci3n de la fertilidad de los suelos lo constituye la -- t3cnica del elemento faltante basada en la identificaci3n de --

elementos nutritivos y la cual involucra el uso de plantas indica
doras en el invernadero o en el campo. (9)

Plantas de sorgo, arroz, trigo, girasol, maíz, rábano, nabo o tomate has sido usadas como plantas indicadoras en esta técnica el sorgo parece ser una de las mejores, siendo sensitiva a la mayoría de las deficiencias, crece rápido, tiene semillas pequeñas y crece bien en un amplio rango de condiciones climáticas. (7)

8.- Trabajos relacionados con la técnica del elemento faltante.

Díaz-Romeu, H. y Hunter (1978), describieron la metodología empleada para la técnica del elemento faltante y/o aditivo, utilizada en suelos de Costa Rica. Donde el volumen de suelo por maceta es pequeño y las deficiencias nutricionales aparecen con facilidad.

Valero S., A.R., M.A. Villarreal R. y F. Castañeda W., (29) - utilizando la técnica del elemento faltante en algunos suelos del estado de Nuevo León, encontraron diferencia estadística altamente significativa en el diseño completamente al azar y en el arreglo factorial.

Los tratamientos en cada zona para las variables estudiadas, en forma general quedaron divididos en tres diferentes grados de respuesta a la aplicación de nutrientes, los que mostraron mejor respuesta fueron los suelos ricos, con una respuesta regular los suelos medios y finalmente con una respuesta baja los - -

suelos pobres.

En base al diseño completamente al azar en la zona norte para las variables estudiadas, el fierro medio 126 ppm, cobre -- medio 2.81 ppm, manganeso alto 62.41 ppm y potasio medio 31.53 ppm son los que tuvieron mayor efecto en estos suelos. En la -- zona centro el potasio ausencia, zinc ausencia, manganeso medio 23.32 ppm, cobre medio 1.88 ppm y nitrógeno alto 75 ppm, fueron los que tuvieron mayor efecto y para la zona sur el cobre bajo 0 ppm, fierro alto 2.83 ppm, manganeso alto 63.96, fósforo ausencia y nitrógeno alto 75 ppm fueron los elementos que mostraron los más altos rendimientos en estos suelos.

MATERIALES Y METODOS

El estudio se realizó en el invernadero y el laboratorio de suelos de la F.A.U.A.N.L., utilizando para el mismo muestras de suelos de diferentes localidades de la zona norte del estado de Nuevo León, situado geográficamente entre los paralelos $27^{\circ}50'$ y $23^{\circ}06'$ de la latitud norte y los meridianos $98^{\circ}17'$ y $101^{\circ}07'$ de longitud oeste de Greenwich.

Este estudio es continuación de un trabajo de investigación de la línea de fertilización orgánica e inorgánica del proyecto - fertilización estatal, donde se emplea la misma metodología y se utilizaron diferentes suelos.

1.- Selección de los puntos a muestrear.

Para seleccionar los puntos a muestrear se utilizó el archivo del laboratorio de suelos de F.A.U.A.N.L. Donde el estado de Nuevo León se dividió en tres zonas: zona norte, centro y sur; en las cuales existen diferentes grados de fertilidad.

Los suelos de la zona norte del estado fueron seleccionados de acuerdo a la siguiente clasificación para diferentes grados de fertilidad.

Cuadro No. 1.- Clasificación de los diferentes grados de fertilidad según el laboratorio de suelos de la F.A.U.A.N.L.

Grado de fertilidad	M.O.(%)	Fósforo (ppm)	Potasio(Kg/Ha).
Pobre	0.10-1.80	0 - 40	2.0 - 210
Medio	1.80-3.00	41 - 80	211.0 - 350
Rico	+3.00	81 ó más	+ 350

De ésta zona y de cada tipo de suelo se tomaron dos muestras mínimamente, para asegurar el gradiente de fertilidad. Las muestras se tomaron de tal forma que fueran representativas del área y profundidad a la cual es necesaria la información, en este caso 30 cm.

Se tomó un volumen aproximado de 16 litros de suelo para cada muestra y fué pasada a través de un tamíz de 2 mm, para la técnica de diagnóstico. De cada localidad se tomo una submuestra representativa, para los análisis preliminares y estudio de sorción.

Siendo clasificadas las localidades de la zona norte del estado de la siguiente forma:

Grado de Fertilidad	Localidades
Pobre	Dulces Nombres, Francisco Villa
Medio	La Reforma, Sta. Ma. La Floreña.
Rico	Nuevo Repueblo, San Fernando

2.- Análisis preliminares de las muestras del suelo.

Las determinaciones realizadas y la metodología empleada para el análisis preliminar de las muestras del suelo se muestran en el siguiente cuadro.

Determinación	Metodología	
Color	Carta Munsell	(1)
Textura	Hidrómetro de Bouyoucos	(1)
pH	Papel tornasol	(1)
Materia Orgánica	Walkley - Black	(1)
Nitrógeno	Nitratos	(12)
Fósforo	Olsen con EDTA	(8)
Potasio	Olsen con EDTA	(8)
Fierro	Olsen con EDTA	(8)
Conductividad eléctrica	Puente de Wheatstone	(1)

Una vez efectuados los análisis preliminares de las muestras se procedió a seleccionar las localidades en ésta zona de acuerdo a su grado de fertilidad. Para seleccionar las localidades se buscó que coincidieran para cada grado de fertilidad, en el mayor número de características.

En la zona norte las localidades seleccionadas se dividieron en grupos de tres localidades, de acuerdo a su grado de fertilidad.

Cuadro No. 2.- Agrupación de las localidades dentro de la zona norte del estado de N.L.

Grado de Fertilidad	Localidades
Pobre	Dulces Nombres, Pesquería
Medio	La Reforma, China, N.L.
Rico	Nuevo Repueblo, Dr. González

La ubicación geográfica de la zona norte del estado de - - Nuevo León de las localidades seleccionadas se muestra en la figura No. 1

3.- Estudio de "sorción" y selección de tratamientos.

Estos estudios se llevan a cabo añadiendo al suelo, distintas cantidades y niveles de nutrimentos. El recipiente que contiene la muestra se deja destapado hasta la sequedad, lo que tarda alrededor de 4 días.

Se preparó una solución B (ver apendice), la cual contiene cierta concentración del elemento; se preparó una serie de 5 - tratamientos para cada suelo como lo indica el cuadro No. 3, por disolución de las cantidades indicadas es de la solución B en - - 100 ml.

El estudio se llevo a cabo en frascos de reactivo de 125 - ml, depositandose 2.5 g de suelo en cada frasco y se agrega 2.5 ml.

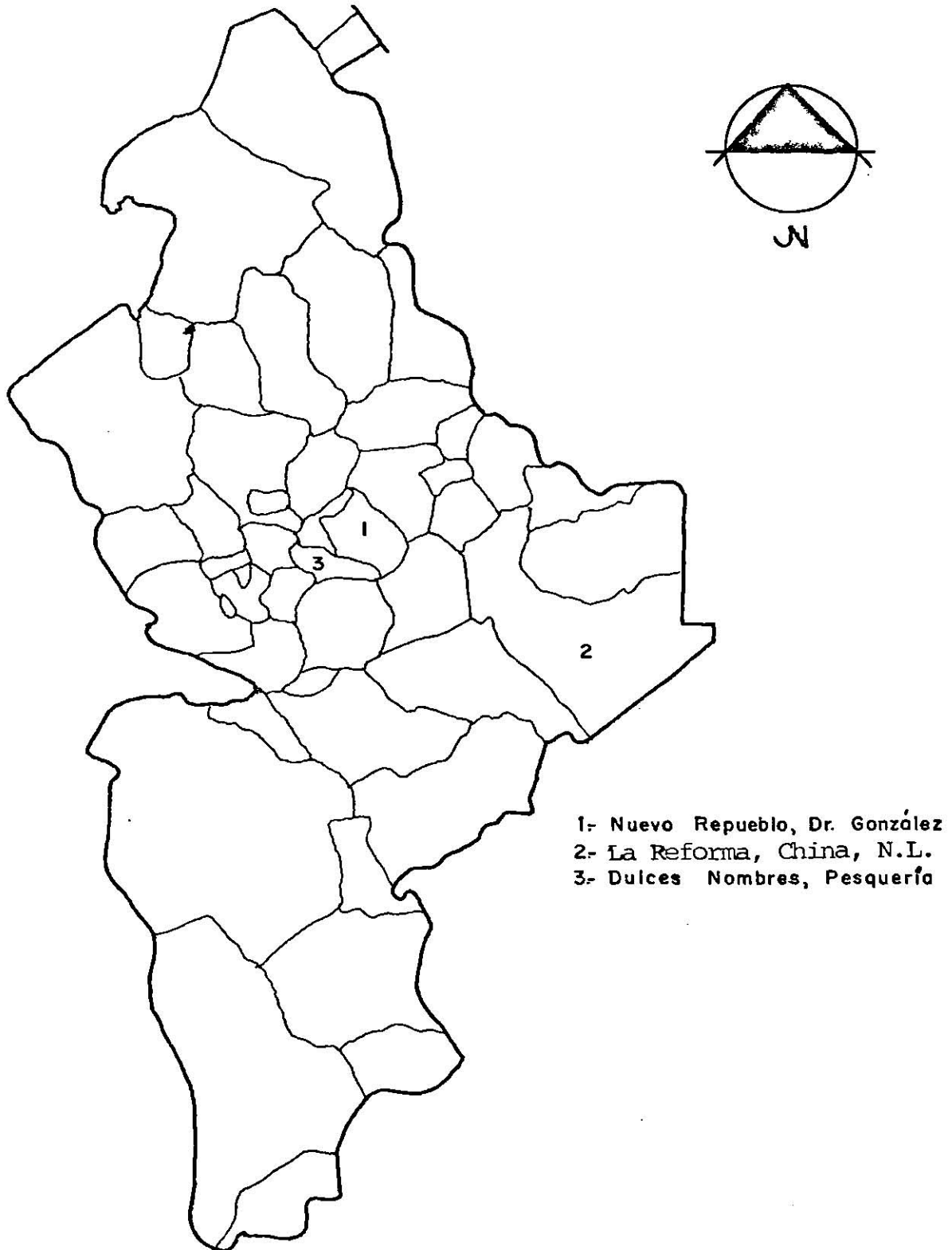


Figura 1.- Ubicación de las localidades seleccionadas en la zona norte del estado de N.L.

de cada tratamiento de "sorci3n", hasta completar los 5 tratamientos y ademas un testigo en agua destilada.

Cuadro No. 3.- Concentraciones utilizadas en los estudios de - - -
"sorci3n" para los elementos a probar.

Trata. de "sorci3n"	ml de sol'n B No. diluidos a 100 ml	Concentraciones de elementos en la sol'n. de tratamientos de "sorci3n"				
		P	Cu	Mn	Zn	K
		mg/litro de soluci3n				
1	5	35	2	5	4	4.30
2	10	70	4	10	8	8.60
3	20	140	8	20	16	17.59
4	40	280	16	40	32	35.19
5	80	560	32	80	64	70.38

Tambi3n se prepar3 una serie de 5 tratamientos de "sorci3n" para el azufre de una soluci3n C (ver cuadro No. 8 del 3pndice), por diluci3n a 100 ml. los cuales se muestran en cuadro siguiente.

Cuadro No. 4.- Cantidades de soluci3n C y concentraci3n del azu--
fre para la preparaci3n de los tratamientos de - - -
"sorci3n"

trata.de "sorci3n"	ml de sol'n. C No. diluidos a 100 ml.	Concentraci3n del elemento en los los tratamientos de "sorci3n"	
		S	en mg/litro de soluci3n
1	1	10	
2	2	20	
3	5	50	
4	10	100	
5	20	200	

Después de que las muestras se secaron al aire, se les - -
agregó 25 ml de solución extractora modificada de NaHCO_3 (Olsen mo-
dificado) y carbon activado para obtener un filtrado cristalino;-
se agitó durante diez minutos y se filtró; del filtrado directo -
se determinó Cu, Mn, Zn y K por absorción atómica.

El P se determinó por colorimetría, el azufre mediante la solu- -
ción extractora KH_2PO_4 en solución más BaCl, determinándose por -
turbidimetría.

Una vez obtenidas las concentraciones extraídas de los tra-
tamientos de "sorción" de cada suelo, se construyeron gráficas de
"sorción" para cada elemento colocando en el eje de las ordenadas
la cantidad del elemento extraído y en el eje de la abcisa la can-
tidad del elemento agregado que es igual a la concentración de --
las soluciones utilizadas en el trabajo de "sorción". Estas curvas
se utilizan para determinar la cantidad del elemento por agregar_
en el invernadero y además se obtiene la capacidad de fijación re-
lativa (CFR) la cual se determina de la siguiente forma:

$$\text{CFR} = (1 - \beta_1) \times 100$$

Donde:

C F R = Capacidad de fijación relativa.

β_1 = Pendiente de la curva de regresión lineal simple -
de sorción.

Estos resultados se utilizan para la interpretación de los
resultados obtenidos en el invernadero. Y para la concentración_
de los tratamientos.

En este estudio de "sorci3n" no se incluyeron el Fe y N; - el fierro por esta t3cnica es diflcil determinar la CFR por las - reacciones del 3xido - reducci3n que sufre el elemento al estar - en contacto con el suelo; y el nitr3geno debido a que sus formas_ n3tricas y amoniacaes son sumamente moviles.

Se probaron cuatro niveles para cada uno de los elementos, siendo estos; ausencia, bajo, medio y alto; la cantidad a agregar fue obtenida mediante la concentraci3n original del suelo en las_ curvas de "sorci3n".

Para encontrar la concentraci3n de cada nivel se tomaron - como base los niveles cr3ticos propuestos en la metodolog3a de -- D3az - Romeu y Hunter (1978) que son los siguientes:

P 12 mg de P/litro.
 K 7.8 mg de K/litro.
 Mn 5 mg de Mn/litro.
 Cu 1 mg de Cu/litro.
 Zn 3 mg de Zn/litro.
 S 12 mg de S/litro.

Para el caso de N y Fe no se presentan niveles cr3ticos -- espec3ficos, sino las cantidades a probar seg3n el contenido ori- ginal de estos elementos en el suelo. Tomandose para el Fe el si- guiente criterio, si la cantidad extra3da de la muestra es menor_ a 10 mg de Fe/litro de suelo, se deber3n agregar 20 mg de Fe/li- tro de suelo; para el caso del nitr3geno el criterio tomado fu3 - el de que todos los suelos necesitan N adem3s del que tienen, por

lo cual este elemento se agrega una proporción de 50 mg de N/litro de suelo.

Para encontrar cada una de las concentraciones (niveles) de los elementos a probar, se consideró el nivel crítico como la concentración media. La concentración baja y alta se obtuvieron al restar y sumar el valor medio del nivel crítico.

Las concentraciones originales del suelo estaban por encima de los niveles propuestos y el objetivo es probar varios niveles de aplicación, se procedió a aumentar los niveles críticos; conservando el equilibrio entre los iones. Para esto el nivel bajo se multiplicó por 3; el nivel medio por 6 y el nivel alto por 9.

En el caso de N y Fe se tomó la concentración propuesta por Díaz-Romeu y Hunter que es de 50 y 20 ppm, tomándose estos como el nivel medio, los niveles bajo y alto se obtuvieron de la misma forma como los demás elementos.

En el cuadro No. 5 muestra los niveles originales de cada elemento a probar.

Cuadro No. 5. Niveles a probar para cada elemento en ppm.

ELEMENTO	niveles (ppm)			
	ausencia	bajo	medio	alto
N	0	25.00	50.00	75.00
P	0	18.00	72.00	162.00
Mn	0	7.50	30.00	67.50
Cu	0	4.50	18.00	40.50
S	0	18.00	72.00	162.00
Fe	0	30.00	120.00	270.00

Una vez definidos los niveles, se determinaron los tratamientos de tal forma que para cada elemento se respetaba la concentración a probar y los demás elementos estuvieron presentes a un nivel medio.

Los tratamientos para cada tipo de suelo requerían de diferente concentración de cada elemento a determinado nivel; la aplicación se hizo para el suelo que requería mayor concentración del elemento en cada nivel en la solución o riego.

Además se probaron un tratamiento óptimo y un testigo para cada tipo de suelo. El óptimo se obtuvo siguiendo el criterio de Díaz-Romeu y Hunter, el cual mencionan que para formar el tratamiento óptimo es necesario aumentar tres veces el nivel crítico para cada elemento; aplicados en forma conjunta para cada suelo.

Cuadro No. 6.- Niveles a probar de cada elemento puro en ppm, considerando los requerimientos de cada suelo en ppm.

ELEMENTO	NIVELES			
	ausencia	bajo	medio	alto
N	-	25.00	50.00	75.00
P	-	8.00	62.00	152.00
Mn	-	7.50	30.00	67.50
Zn	-	4.50	18.00	40.50
Cu	-	1.50	6.00	13.50
S	-	18.00	72.00	162.00
Fe	-	30.00	120.00	270.00

- No se aplicó el elemento.

Al testigo no se le aplicó ningún tratamiento solamente - se mantuvo con agua destilada. Las concentraciones del tratamiento óptimo en ppm son las siguientes.

ELEMENTO	N	P	Mn	Zn	Cu	Fe	S
NIVEL	150	216	90	54	18	360	216

Las fuentes de los elementos en estudio, fueron de la mayor pureza química, para establecer las diferencias nutricionales por lo que fué necesario trabajar con fertilizantes químicamente puros, con el objetivo de obtener las respuestas en rendimiento de nutriente efectivamente agregado y no de las impurezas que contengan.

Las fuentes para la preparación de las soluciones nutritivas son las siguientes:

ELEMENTO	FUENTE	CONCENTRACION DEL ELEMENTO (%)
N	NH_4NO_3	34.99
P	H_3PO_4	31.60
Mn	$\text{MnCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	27.76
Zn	ZnCl_2	47.97
Cu	CuCl	64.18
Fe	$\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	20.66
S	H_2SO_4	32.69

Las cantidades de los compuestos requeridos para la preparación de las soluciones nutritivas se presentan en el cuadro -- No. 7

4.- Demostración mediante técnicas de invernadero, del rango en que varios elementos limitan el crecimiento vegetativo.

Los tratamientos se probaron en los suelos seleccionados los cuales fueron implantados en vasos de frígolite de un volumen de 200 ml, utilizando 150 ml de suelo.

Se utilizó el riego por capilaridad, usándose un material hecho de tela compactada, insertada en el fondo del vaso aproximadamente 3.5 cm.

Cuadro No. 7.- Cantidades aplicadas del compuesto en (g/3 litros de agua).

ELEMENTO	FUENTE	NIVELES			
		ausencia	bajo	medio	alto
N	NH_4NO_3	-	0.2143	0.4286	0.6429
P	H_3PO_4	-	0.0750	0.5768	1.4142
Mn	$\text{MnCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	-	0.0378	0.2810	0.6863
Zn	ZnCl_2	-	0.0281	0.1126	0.2533
Cu	CuCl	-	0.0070	0.0280	0.0631
Fe	$\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	-	0.4356	1.7424	3.9204
S	H_2SO_4	-	0.1620	0.6481	1.4582

Los recipientes para las soluciones eran de plástico, de una profundidad de 15 cm y con suficiente área para colocar sobre ellos 9 vasos. Los vasos eran sostenidos sobre una malla de acero inoxidable, que estaba ensamblada sobre el recipiente que contenía la solución nutritiva. Cada recipiente contenía un elemento y un nivel determinado.

El diseño experimental utilizado fue un diseño completamente al azar, y los tratamientos se generaron a partir de un diseño factorial mixto 3 X 4 X 7, más un óptimo y un testigo; donde 3 es el tipo de suelo; 4 los niveles del elemento y 7 el número de los elementos a probar.

El croquis del experimento se muestra en la figura No. 2

CONCENTRACION DEL ELEMENTO

	ausencia	baja	media	alta		
N	P I II III M I II III R I II III	P I II III M I II III R I II III	P I II III M I II III R I II III	P I II III M I II III R I II III	E L E M E N T O A P R O B A R E N C A D A S U E L O D E L A	Z O N A N O R T E D E L E S T A D O D E N U E V O L E O N
P	P I II III M I II III R I II III	P I II III M I II III R I II III	P I II III M I II III R I II III	P I II III M I II III R I II III		
Mn	P I II III M I II III R I II III	P I II III M I II III R I II III	P I II III M I II III R I II III	P I II III M I II III R I II III		
Zn	P I II III M I II III R I II III	P I II III M I II III R I II III	P I II III M I II III R I II III	P I II III M I II III R I II III		
Cu	P I II III M I II III R I II III	P I II III M I II III R I II III	P I II III M I II III R I II III	P I II III M I II III R I II III		
Fe	P I II III M I II III R I II III	P I II III M I II III R I II III	P I II III M I II III R I II III	P I II III M I II III R I II III		
S	P I II III M I II III R I II III	P I II III M I II III R I II III	P I II III M I II III R I II III	P I II III M I II III R I II III		
		P I II III M I II III R I II III		P I II III M I II III R I II III		

P= suelo pobre M=suelo medio R=suelo rico

I, II, III=repeticiones por tipo de suelo.

Figura No. 2.- Croquis del experimento para los suelos de estudio en la zona norte del estado de Nuevo León.

El modelo estadístico utilizado cuando se consideró a testigos y óptimos fué el siguiente:

$$Y_{ij} = M + T_i + E_{ij} \quad i = 1, 2, \dots, 30$$

$$\text{Donde:} \quad j = 1, 2, 3.$$

Y_{ij} = es la observación del i -ésimo tratamiento y j -ésima repetición.

M = media general

T_i = efecto del i -ésimo tratamiento.

E_{ij} = error de la parcela del i -ésimo tratamiento y la j -ésima repetición.

Para el caso de considerar la estructura factorial de los - tratamientos (omitiendo, testigos y óptimos) el modelo estadístico fué el siguiente:

$$Y_{ijkl} = M + S_i + N_j + L_k + (SN)_{ij} + (SL)_{ik} + (NL)_{jk} + (SNL)_{ijk} + E_{ijkl}$$

$$S = 1, 2, 3. \text{ (suelo)}$$

$$N = 1, 2, 3, 4. \text{ (Nivel)}$$

$$L = 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7. \text{ (Elemento)}$$

Donde:

M = media general

S_i = efecto del i -ésimo suelo

N_j = efecto del j -ésimo nivel

L_k = efecto del k -ésimo elemento

$(SN)_{ij}$ = efecto de la interacción del i -ésimo suelo con j -ésimo nivel.

$(SL)_{ik}$ = efecto de la interacción del i -ésimo suelo con k -ésimo -- elemento.

$(NL)_{ij}$ = efecto de la interacción del j -ésimo nivel con k -ésimo --

elemento.

(SNL)ijk = efecto de la interacción del i-ésimo suelo con j-ésimo nivel y k-ésimo elemento.

Eijkl = error experimental del i-ésimo suelo, j-ésimo nivel y k-ésimo elemento.

El cultivo utilizado fué el sorgo (Sorghum bicolor M.); -- usando la semilla de la línea LES 99R de la F.A.U.A.N.L., se utilizó esta planta por ser sensitiva a la mayoría de las deficiencias crece rápido, tiene semilla pequeña y crece bien en un amplio rango de condiciones climáticas.

La siembra para el establecimiento de este experimento se realizó, el 5 de marzo siendo en forma directa. El 13 de marzo se realizó el aclareo del sorgo dejando 5 plantas por vaso, en algunos vasos se tubieron que transplantar para tener un número uniforme de plantas. Las charolas se aleatorizaron dentro de la mesa y los vasos dentro de la charola y en cada aplicación de los tratamientos se aleatorizaban nuevamente.

El 11 de abril se aplicó Parathión metilico, contra el - - trips y pulgón, en una dosis de 1.5. ml/litro de agua.

Las plantas se cosecharon por encima de la superficie del suelo a los 48 días después de la siembra. Se tomaron las siguientes observaciones a la cosecha: Diámetro de tallo, altura de plantas, rendimiento de materia verde y materia seca. Las plantas fueron secadas en una estufa a una temperatura de 65°C por 72 horas para obtener el rendimiento en materia seca.

RESULTADOS Y DISCUSION

El experimento fue analizado cómo diseño completamente al azar sin considerar la estructura factorial, con el objetivo de observar cuales fueron los mejores tratamientos para cada tipo de suelo, además de observar la respuesta de los tratamientos óptimo y testigo. Posteriormente como un arreglo factorial con el objetivo de observar las interacciones existentes entre los factores elemento - nivel - suelo.

Las dosis aplicadas para cada elemento de acuerdo a su nivel específicamente se pueden observar en el cuadro 11 del apéndice.

1.- Diseño completamente al azar (sin estructura factorial): los resultados obtenidos del análisis de varianza se muestran en el cuadro 12 del apéndice, se encontró diferencia significativa para los tratamientos en cada variable, por lo que se realizaron comparaciones de medias mediante Tukey con $\alpha=0.05$ las cuales se muestran en los cuadros 13,14,15 del apéndice.

1.1.- Localidad Dulces Nombres, Pesquería: en esta localidad clasificada como suelo pobre, se encontró significancia estadística para la variable diámetro de tallo, sin embargo la comparación de medias a través de Tukey muestra que los tratamientos probados son iguales estadísticamente.

Para altura de planta se encontró diferencia altamente

significativa, los mejores tratamientos fueron: hierro ausencia con 39.79 cm; hierro bajo 30 ppm con 37.38 cm; fósforo alto 152 ppm con 33.13 cm; son estadísticamente iguales y diferentes al cobre medio 6 ppm con 19.35 cm; hierro alto 270 ppm con 19.20 cm; azufre -- ausencia con 18.51 cm y el óptimo con 16.55 cm son las medidas de menor altura.

El rendimiento de materia verde mostró diferencia altamente significativa, los mejores tratamientos fueron: manganeso alto 63.5 ppm con 3.53 grs, hierro ausencia con 2.87 grs, son estadísticamente iguales y diferentes al zinc medio 18 ppm con 0.84 grs. que -- fue la media más baja.

En el rendimiento de materia seca, resultaron diferencias - altamente significativas, los mejores tratamientos fueron: hierro - ausencia con 0.97 grs; fósforo alto 152 ppm con 0.93 grs, y hierro_ bajo 30 ppm con 0.68 grs, los cuales son estadísticamente iguales_ y diferentes al óptimo con 0.16 grs siendo el tratamiento de me-- nor rendimiento.

En general para la localidad de Dulces Nombres considerando las cuatro variables los mejores tratamientos fueron: hierro au_ sencia; fósforo alto 152 ppm y manganeso alto 63.5 ppm.

Brown et al. (1959); Brown (1965) y Watanabe et al. (1965) cita_ do por Reyes (21) mencionan que numerosos estudios muestran que un - exceso de fósforo induce la aparición de clorosis férrica, debido a restricciones en la absorción y traslocación del hierro. Esto explica porque

el fósforo a un nivel alto y el fierro ausencia fueron los tratamientos de mayor rendimiento. Pues esta respuesta es debido a - que el fierro es más soluble a pH ácidos y este suelo presenta - un pH 7.0 posiblemente por esta razón no se presentó respuesta - del fierro a niveles bajo, medio y alto.

En el nivel alto de manganeso se encontró buena respuesta en la localidad de Dulces Nombres, ya que el suelo presenta un - pH 7, 1.31% de materia orgánica y un CFR de 39.57%, el manganeso presenta su mayor disponibilidad en condiciones ácidas, posiblemente esta condiciones determinaron la alta disponibilidad en el suelo.

También la presencia del fósforo logró buena respuesta -- para todas las variables, en el nivel alto aunque CFR es de 80.03% muestra que éste fija grandes cantidades de fósforo por ello el nivel alto 152 ppm determinó una adecuada respuesta a la fertilización ya que este suelo es considerado como pobre para este -- elemento.

1.2.- Localidad La Reforma, China N L.: Esta localidad corresponde al suelo medio, la variable diámetro de tallo presentó diferencia altamente significativa, los mejores tratamientos fueron: manganeso en los cuatro niveles alto, medio y ausencia; fierro - en el nivel medio siendo estadísticamente iguales y diferentes - al óptimo con 0.02 cm que fué la media de menor diámetro.

En altura de planta, los mejores tratamientos fueron: - -

fósforo alto 152 ppm con 37.25 cm; fósforo medio 62 ppm con 37.75 cm; nitrógeno bajo 25 ppm con 33.77 cm; manganeso medio 26 ppm -- con 33.75 cm; nitrógeno medio 50 ppm con 33.70 cm; zinc ausencia_ con 33.17 cm y zinc medio 18 ppm con 32.86 cm, son estadísticamente iguales y diferentes al óptimo con 4.33 cm y fierro alto 270 - ppm con 14.81 cm que son las medias más bajas.

En el rendimiento de materia verde se encontró diferencia_ altamente significativa, siendo los mejores tratamientos nitrógeno bajo 25 ppm 3.75 grs; fósforo alto 152 ppm con 3.58 grs, y cobre alto 13.5 ppm con 3.28 grs, siendo estadísticamente iguales y diferentes al óptimo con 0.17 grs. que fué la media de más bajo rendimiento.

El rendimiento de materia seca, se encontró diferencia significativa, siendo los mejores tratamientos fósforo alto 152 ppm_ con 1.20 grs; zinc bajo 4.5 ppm con 1.0 grs y fósforo medio 62 - ppm con 0.92 grs, son estadísticamente iguales y diferentes al -- óptimo con 0.07 grs que fué la media de menor rendimiento.

En forma general para la localidad de La Reforma, considerando todas las variables los mejores tratamientos fueron: fósforo nivel alto y medio, manganeso nivel medio; nitrógeno bajo y -- medio.

La respuesta del fósforo en este suelo fue en los niveles_ alto y medio, respondiendo a la fertilización fósforada ya que el_ contenido de este elemento en el suelo fue bajo, el fierro a nivel

alto y el óptimo son las medias de más bajo rendimiento debido a que concentraciones elevadas de fósforo inhiben el movimiento -- del fierro en las plantas. Este suelo presenta un pH 7, y el -- contenido de materia orgánica es de 1.66% y un CFR de 80.03% por lo que el suelo fija grandes cantidades de este elemento.

Para el manganeso el mejor tratamiento fué el nivel medio ya que este suelo tiene un CFR de 16.77% es relativamente bajo, y con un pH 7 siendo la causa de la baja disponibilidad en este suelo para el nivel alto.

Originalmente el suelo de La Reforma, presentó ausencia - de N - NO₃ por ésta razón respondieron adecuadamente los niveles bajo y medio de este elemento.

1.3.- Nuevo Repueblo, Dr. González: esta localidad clasificada - como suelo rico, para diámetro de tallo presentó diferencia altamente significativa siendo los mejores tratamientos zinc bajo -- 4.5 ppm con 0.38 cm; manganeso medio 26 ppm con 0.37 cm y zinc - alto 40.5 ppm con 0.37 cm siendo estadísticamente iguales y diferentes al óptimo con 0.15 cm que fué la media más baja.

En altura de planta fué altamente significativa, siendo - los mejores tratamientos zinc bajo 4.5 ppm con 54.35 cm; manganeso medio 26 ppm con 52.33 cm; cobre ausencia con 51.43 cm y ni-- trógeno medio 50 ppm con 50.44, son estadísticamente iguales y - diferentes al fierro alto 270 ppm con 22.44 cm y el óptimo con - 14.48 cm que fueron las medias de menor altura.

Para rendimiento de materia verde el análisis de varianza muestra significancia estadística, sin embargo al hacer comparación de medias con Tukey ($\alpha 0.05$) no existe diferencia estadística entre tratamientos.

En rendimiento de materia seca, se encontró diferencia altamente significativa, los mejores tratamientos fueron: zinc ausencia 1.94 grs, fierro ausencia 1.75 grs y cobre alto 13.5 ppm con 1.73 grs, son estadísticamente iguales, y tratamiento óptimo con 0.39 grs fue la media de menor rendimiento.

En forma general para todas las variables en esta localidad los mejores tratamientos fueron: zinc ausencia y bajo; manganeso medio y cobre ausencia.

Para el zinc los mejores niveles son ausencia y bajo, posiblemente los niveles medio y alto no están en forma disponible para las plantas debido a la interacción con el potasio ya que es abundante en este suelo. Del Rivero (1968); Smith (1977), reportaron que el exceso de potasio en el suelo puede ocasionar deficiencias de zinc en la planta. También debido a que el CFR es de 92.33% es relativamente muy alto por lo que afecta la disponibilidad del elemento.

La presencia del manganeso nivel medio logró buenos rendimientos para el suelo rico correspondiente a Nuevo Repueblo aunque presenta un CFR de 63.30%.

La respuesta del cobre fue el nivel ausencia, tal vez la

disponibilidad del cobre estuvo influenciada por la interacción Mn - Cu de los elementos aplicados y los no aplicados y además - la influencia del pH.

Para los tres tipos de suelo, el óptimo fue el que presentó las medias más bajas, en comparación con el testigo donde se obtuvieron rendimientos más altos esto es debido a que se aplicaron cantidades mayores de cada elemento en comparación con el nivel alto, causando toxicidad, también debido a las interacciones entre elementos y el efecto del pH del suelo.

2.- Arreglo factorial. Los tratamientos fueron estudiados dentro de un arreglo factorial mixto 3 X 4 X 7, donde 3 es el tipo de suelo, 4 los niveles de los elementos y 7 los elementos.

Se realizó ANVA individual en cada tipo de suelo para estudiar la interacción elemento - nivel, siendo altamente significativa para Dulces Nombres, no significativa para diámetro de tallo y rendimiento de materia verde, significativa para altura de planta y rendimiento de materia seca en la localidad La Reforma, y resultó no significativa para todas las variables en Nuevo Repueblo, estos resultados se muestran en el cuadro No. 16 del apéndice.

Además se realizó ANVA considerando los tres tipos de suelo para estudiar el efecto de la interacción suelo - elemento - nivel donde no existió significancia. Esta tabla se muestra en el cuadro No. 17 del apéndice.

2.1.- Interacción elemento - nivel.

En la localidad Dulces Nombres, la interacción elemento - nivel resultó altamente significativa en todas las variables estudiadas por lo que se realizaron comparaciones de medias por medio de Tukey las cuales se presentan en los cuadros 18,19 y 20 del apendice.

Para diámetro de tallo, los 4 niveles de fósforo y fierro son estadísticamente iguales, para el N y Mn alto; Zn ausencia;- Cu y S bajo presentan las medias de mayor diámetro. El N, Mn y S ausencia; Cu y Zn medio fueron las medias más bajas.

En altura de planta, el N, Mn y S medio; P alto; zinc bajo; Cu y Fe ausencia presentaron las medias más altas. El N y S ausencia; P, Zn y Cu medio; Mn y Fe alto obtuvieron las medias de menor altura.

En rendimiento de materia verde, el N y S a nivel medio;- P y Mn a nivel alto; Zn, Cu y Fe en el nivel ausencia fueron las medias de mayor rendimiento. El N y S ausencia; P, Mn, Zn y Cu medio; Fe alto presentaron las medias de menor rendimiento.

Para rendimiento de materia seca, el N y P nivel alto; S nivel medio; Mn y Cu nivel bajo; Zn y Fe nivel ausencia son las medias de mayor rendimiento. El P, Mn, Zn y Cu nivel medio; N nivel bajo; S nivel ausencia y fierro nivel alto fueron las medias de menor rendimiento.

Considerando todas las variables para la interacción elemento - nivel, el N nivel medio alto; - P - nivel alto; Mn nivel medio y alto; Zn nivel ausencia; S nivel medio y Fe nivel -- ausencia presentaron las medias de mayor rendimiento en el suelo de Dulces Nombres clasificado como pobre comportándose como tal ya que responde a niveles medios y altos de los micronutrientes.

En la localidad La Reforma, la interacción de elemento -- nivel resultó significativa para altura de planta y rendimiento de materia seca, para diámetro de tallo el factor elemento fue -- significativo por lo que se realizaron comparaciones de medias -- las cuales se muestran en los cuadros 21, 22 y 23 del apéndice.

En diámetro de tallo, el factor elemento resultó significativo, donde el manganeso con 0.22 cm; fósforo con 0.21 cm; cobre con 0.21 cm presentaron las medias de mayor diámetro y el -- fierro con 0.15 cm fue la media más baja.

Para altura de planta, el N nivel bajo; P y Cu nivel alto; Mn, S y Fe nivel medio; Zn nivel bajo fueron las medias de mayor altura. El Zn y Fe nivel alto; P, Mn y Cu nivel bajo; N y S nivel ausencia resultaron con las medias más bajas.

Para rendimiento de materia seca, el N, P, Mn y Cu nivel -- alto; S y Fe nivel medio; Zn nivel bajo, fueron medias de mayor -- rendimiento. El P, Mn y Cu nivel bajo; Zn y Fe nivel alto; N y -- S nivel ausencia presentaron las medias de menor rendimiento.

Considerando todas las variables para la interacción elemento-nivel en el suelo medio correspondiente a La Reforma, el N, P, Mn y Cu nivel alto; S y Fe nivel medio; Zn nivel bajo presentaron los mejores resultados, considerando que el contenido de estos elementos era bajo por lo que los niveles altos mostraron buena respuesta, tanto de macronutrientes y micronutrientes.

En la localidad Nuevo Repueblo, donde el factor elemento resultó significativo para diámetro de tallo, altura de plantas. En el rendimiento de materia seca el factor nivel resultó altamente significativo por lo que se realizaron comparaciones de medias las cuales se muestran en los cuadros 24 y 25 del apéndice.

Para diámetro de tallo, el zinc con 0.34 cm y el manganeso con 0.30 cm fueron los elementos de mayor influencia para el diámetro de tallo. El azufre con 0.25 y el fósforo con 0.24 cm presentaron los valores más bajos.

En altura de planta, el zinc con 48.12 cm y el manganeso con 45.91 cm fueron las medias de mayor altura. El fierro con 37.16 cm fué la media más baja.

En rendimiento de materia seca, el nivel ausencia y bajo con 1.56 g y 1.37 g fueron las medias de mayor rendimiento. El nivel medio con 0.92 g fué la media de menor rendimiento.

El factor elemento en términos generales en los suelos de Nuevo Repueblo clasificados como rico, muestra que los elementos

zinc, manganeso y nitrógeno fueron las medias de mayor rendimiento en los niveles ausencia y bajo, ya que el suelo en el análisis preliminar fué el que contenía mayor cantidad de cada elemento y materia orgánica con esto el diagnóstico corresponde verdaderamente a un suelo de alta fertilidad.

2.2.- Suelo: para las variables estudiadas resultó altamente significativo donde el suelo rico (Nuevo Repueblo) presentó las medias más altas, después el suelo medio (La Reforma) y el suelo pobre (Dulces Nombres) presentó las medias más bajas.

2.3.- Interacción suelo - elemento.

En diámetro de tallo, resultaron diferencias significativas y para altura de plantas fueron altamente significativas, -- por lo que se realizaron comparaciones de medias las cuales se muestran en el cuadro No. 26 del apéndice.

En diámetro de tallo, para el suelo rico correspondiente a Nuevo Repueblo fué donde se presentaron las medias más altas: zinc con 0.34 cm; manganeso con 0.30 cm, para el suelo medio correspondiente a La Reforma, el manganeso con 0.22 cm, el fósforo con 0.21 cm y el cobre con 0.21 cm. Para el suelo pobre correspondiente a Dulces Nombres el fósforo con 0.18 cm, cobre con 0.18 cm y nitrógeno con 0.17 cm fueron las medias más altas. En el suelo rico el fósforo con 0.24 cm, en el suelo medio el fierro con 0.15 y el suelo pobre el fierro con 0.16 cm fueron las medias de menor diámetro de tallo.

Para altura de plantas, en la localidad Nuevo Repueblo el zinc con 48.12 cm, nitrógeno con 44.61 cm y cobre con 44.41 cm - fueron las medias de mayor altura, para La Reforma, el fósforo - con 32.54 cm, zinc con 31.55 y manganeso con 31.20 cm y para -- Dulces Nombres el fierro con 29.49 cm. Las medias de menor altura fueron el fierro para Nuevo Repueblo y La Reforma con 37.16cm y 25.71 cm, para Dulces Nombres el azufre con 22.13 cm.

En general para los tres suelos estudiados los elementos_ que tuvieron mayor influencia son Zn,P y Mn. Por lo que aplicaciones de micronutrientes en estos suelos pueden incrementar los rendimientos.

2.4.- Interacción suelo - nivel.

Para rendimiento de materia verde la interacción suelo -- nivel resultó significativa, siendo altamente significativa para rendimiento de materia seca; se realizaron comparaciones de me-- dias las cuales se muestran en el cuadro 27 y 28 del apéndice.

Los niveles de mayor rendimiento en la Localidad Nuevo -- Repueblo, para rendimiento de materia verde, fué el nivel bajo - con 5.75 g, ausencia 5.49 g y el nivel medio con 4.49 g fué la - media más baja.

En la localidad de La Reforma, el mejor nivel fué el - -- medio con 3.06 g y el bajo con 2.47 g. El nivel alto con 2.30 g fué la media más baja.

Para la localidad Dulces Nombres no existe diferencia, -- estadística entre medias siendo el nivel alto con 1.95 g el de -- mayor rendimiento. El nivel medio con 1.45 g fué la media de -- menor rendimiento.

Se puede observar que en las localidades de Nuevo Repueblo y Dulces Nombres, los mejores niveles son ausencia y bajo, y para la Reforma el nivel medio.

En el suelo rico correspondiente a Nuevo Repueblo, los niveles ausencia y bajo mostraron mayor rendimiento de materia verde y materia seca. Los niveles alto y medio fueron las medias -- más bajas debido al contenido nutricional de cada elemento que -- presenta dicho suelo, además presenta un CFR alta para todos los elementos por lo que los niveles altos y medios no tienen una -- respuesta adecuada.

En el suelo medio correspondiente a La Reforma, el nivel medio obtuvo buena respuesta en el rendimiento de materia verde y materia seca, por lo que el suelo responde a la aplicación de los elementos probados, ya que el contenido de materia orgánica es de 1.66%, y tiene un pH neutro.

En los análisis preliminares el suelo de Dulces Nombres, -- considerado como pobre, el nivel ausencia fué el que mostró mayor rendimiento para materia seca posiblemente una buena disponibilidad de los elementos en este suelo.

3.- Análisis de Regresión Múltiple.

Se realizó el análisis de regresión múltiple por el procedimiento Stepwise, con el objetivo de observar en que orden y en que importancia los elementos determinan el rendimiento de materia seca.

En el suelo rico correspondiente a Nuevo Repueblo, algunos modelos resultaron significativos y altamente significativos, con coeficientes de determinación (R^2) muy bajos, para este suelo el fierro y fósforo son los elementos que determinaron el rendimiento en materia seca.

Para el suelo medio correspondiente a la localidad La Reforma, todos los modelos de regresión resultaron altamente significativos y con los coeficientes de determinación (R^2) muy bajos, los elementos que determinan el rendimiento en materia seca son el nitrógeno y el fósforo.

En el suelo pobre correspondiente a Dulces Nombres, todos los modelos de regresión resultaron altamente significativos sin embargo los coeficientes de determinación (R^2) son muy bajos.- Los elementos fierro y fósforo son los que determinaron en mayor forma el rendimiento en materia seca.

En estos suelos se puede observar que el fierro y el fósforo son los elementos de mayores efectos.

En el cuadro 29 del apéndice se presentan los modelos de regresión que resultaron altamente significativos y significativos para la variable rendimiento de materia seca.

C O N C L U S I O N E S

- 1.- Considerando el diseño completamente al azar los tratamientos mostraron diferencia altamente significativa, con el -- arreglo factorial los efectos: suelo, elemento-nivel, suelo-elemento, suelo-nivel mostraron significancia estadística.

- 2.- En el diseño completamente al azar considerando las cuatro variables, los mejores tratamientos en el suelo pobre - -- correspondiente a Dulces Nombres fueron: Fierro ausencia; - fósforo alto 152 ppm y manganeso alto 63.5 ppm. Para el suelo medio correspondiente a la localidad La Reforma, los mejores tratamientos fueron: Fósforo alto 152 ppm y medio 62 ppm; manganeso medio 26 ppm; nitrógeno bajo 25 ppm y medio 50 ppm. El suelo rico correspondiente a Nuevo Repueblo los tratamientos más sobresalientes fueron: zinc ausencia y bajo 4.5 ppm, manganeso medio 26 ppm y cobre ausencia.

- 3.- Para la interacción elemento-nivel, en el suelo pobre correspondiente a Dulces Nombres el tratamiento fierro ausencia - aumentó el rendimiento de materia seca por lo que no existen problemas con este elemento, así como altos niveles de fósforo incrementaron el rendimiento por esta razón es conveniente aplicar este elemento. En el suelo medio correspondiente a La Reforma los tratamientos de fósforo nivel - alto y zinc nivel bajo fueron los que mostraron los mejores rendimientos para materia seca por lo que se recomiendan -- aplicaciones de estos elementos al suelo. Para el suelo ri-

co correspondiente a Nuevo Repueblo no fue significativa dicha interacción.

- 4.- En la interacción suelo-elemento, presentó significancia solo para diámetro de tallo y altura de plantas se puede observar que la localidad Nuevo Repueblo obtuvo los valores más altos con el zinc, manganeso. La localidad La Reforma presenta valores inferiores con el manganeso, fósforo y cobre. El suelo de Dulces Nombres fue donde se obtuvieron las medias más bajas, los elementos que respondieron mejor para este suelo fueron el fósforo y el nitrógeno.

- 5.- La interacción suelo-nivel, mostró significancia para rendimiento de materia verde y alta significancia para rendimiento de materia seca donde los mejores rendimientos se presentan en el suelo rico, correspondiente a Nuevo Repueblo, en los niveles ausencia y bajo. Para el suelo medio correspondiente a La Reforma, se obtuvieron medias inferiores siendo el nivel medio el que mostró mayor rendimiento. En el suelo pobre correspondiente a Dulces Nombres presentó los valores más bajos donde el nivel bajo fué el mejor para este suelo.

R E C O M E N D A C I O N E S

Realizar pruebas de fertilización en el campo en las diferentes localidades estudiadas de acuerdo a los elementos que mostraron los mejores rendimientos en condiciones de invernadero para relacionar su respuesta bajo condiciones de campo.

Los resultados obtenidos en el invernadero y de campo se pueden correlacionar de acuerdo a su respuesta de cada elemento, para recomendar la aplicación de fertilizantes en los suelos de la zona norte del estado de Nuevo León.

R E S U M E N

El estudio se realizó en el invernadero y en el laboratorio de suelos de la F.A.U.A.N.L., utilizando muestras de suelo de diferentes localidades de la zona norte del estado de Nuevo León. Siendo clasificados de acuerdo a su grado de fertilidad como suelo pobre, medio y rico.

Se estudiaron siete elementos los cuales fueron: nitrógeno, fósforo, manganeso, zinc, cobre, azufre y fierro probando -- cuatro niveles para cada elemento, siendo ausencia, bajo, medio y alto.

El cultivo utilizado fué el sorgo (Sorghum bicolor M.)- usando la línea LES 99R, siendo utilizada porque crece rápido y es una planta sensitiva a la mayoría de las deficiencias.

El 5 de marzo se realizó la siembra en forma directa y -- después se aclareo dejando 5 plantas por vaso, a los 48 días después de la siembra se cosecharon; tómandose las siguientes observaciones: diámetro de tallo, altura de plantas, rendimiento de materia verde y materia seca.

El diseño experimental fué un completamente al azar, con arreglo factorial mixto 3 X 4 X 7, con tres repeticiones, donde 3 es el tipo de suelo, 4 los niveles de los elementos y 7 el número de elementos probados, más testigos y óptimos.

En el diseño completamente al azar los tratamientos mostraron diferencia altamente significativa en las variables diámetro de tallo, altura de plantas, rendimiento de materia verde y materia seca. Considerando el arreglo factorial la triple interacción suelo-elemento-nivel no mostró significancia estadística alguna.

En base al diseño completamente al azar (sin considerar el arreglo factorial), los mejores tratamientos considerando las cuatro variables, para el suelo pobre correspondiente a Dulces Nombres son: fierro ausencia; fósforo alto 152 ppm y manganeso alto 63.5 ppm. En el suelo medio correspondiente a La Reforma los mejores tratamientos fueron: fósforo alto 152 ppm y medio 62 ppm; manganeso medio 26 ppm; nitrógeno nivel bajo 25 ppm y medio 50 ppm. Para el suelo rico correspondiente a la localidad de Nuevo Repueblo, los mejores tratamientos fueron: Zn ausencia y bajo 4.5 ppm; manganeso medio 26 ppm y cobre ausencia.

Además se realizó un análisis de regresión múltiple por el procedimiento Stepwise, para el rendimiento de materia seca con la finalidad de conocer en que orden y que elemento influyó más en el rendimiento, encontrándose diferencia altamente significativa, mostrando que el fierro y fósforo son los elementos que tienen mayor efecto en el rendimiento de materia seca, para los tres suelos, aunque el coeficiente de determinación de los modelos encontrados es muy bajo.

B I B L I O G R A F I A

- 1.- Aguirre Cossio, J.E. 1982. Prácticas de campo y laboratorio para análisis de suelos F.A.U.A.N.L. Monterrey, N.L. 74 p.
- 2.- Anónimo. 1980. Evaluación de la fertilidad de un suelo a través del método del elemento faltante Departamento de producción vegetal. CATIE, Turrialba, Costa Rica.
- 3.- Bowen, E.J.y Kratky, B.A. 1983. Micronutrientes, causas de deficiencias y toxicidad. Agricultura de las Américas. 36 (6): 6-11
- 4.- Buckman, H. y Brady, N. 1970. Naturaleza y propiedades de los suelos. Editorial MONTANER Y SIMON, S.A. Barcelona. 590 p.
- 5.- Diel, R. y Box J.M.M. 1973. Fitotecnia general. Editorialundi-Prensa. Madrid 814 p.
- 6.- Devlin, M.R. 1980. Fisiología vegetal. Ediciones OMEGA, S.A. Barcelona. 517 p.
- 7.- Díaz Romeu, R., Rodríguez Fuentes H. y Vega G.C. 1984. Técnicas de laboratorio e invernadero, para evaluar la fertilidad de un suelo mediante el método del elemento faltante y/o aditivo. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 32 p.

- 8.- Díaz Romeu, R.y A.Hunter. 1978. Metodologías de muestreo de suelos, análisis químico de suelos y tejidos vegetal y de investigaciones en el invernadero. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 62 p.
- 9.- Fuenmayor,E.y Cuevas,I. 1983. Evaluación de la fertilidad de un suelo ultisol por la técnica del elemento faltante y/o aditivo. CATIE, Turrialba, Costa Rica.Pag.irr.
- 10.- Gaucher, G. 1971. Tratado de pedología agrícola, el suelo y sus características agronómicas. Ediciones OMEGA, -- S.A. Casanova, 220-Barcelona II. 647 p.
- 11.- Halfacre, R.G. y G.A. Barden. 1979.Horticulture. Editorial - Mc Graw-Hill. N.Y. 323 p.
- 12.- International institute of tropical Agriculture. 1979.selected methods for soil and plant analysis. Oyo ROAD. - PMB 2350. IBADAN NIGERIA. 70 p.
- 13.- Jacob, A. y H.V. Vexkull. 1973 Fertilización, nutrición y -- abonado de los cultivos tropicales y subtropicales.- 4a. edición Editorial EURAM. México. 625 p.
- 14.- James, B. y A.W. Galston. 1970 Principios de Fisiología vegetal. 5a. edición. Editorial AGUILAR, S.A. Madrid - - 485 p.

- 15.- James, O.W. 1976. Introducción a la fisiología vegetal. 6a. edición. Ediciones OMEGA, S.A. Barcelona. 328 p.
- 16.- Mazleak, P. 1976 Fisiología vegetal, nutrición y metabolismo. Ediciones OMEGA, S.A. Barcelona. 350 p.
- 17.- Millar, E.C. Turk, L.M. y Foth H.D. 1975. Fundamentos de la ciencia del suelo. Editorial CECSA. México. 527 p.
- 18.- Miller, V.E. 1970. Fisiología vegetal. Editorial UTHEA. - - México. 344 p.
- 19.- Mortverdt, J.J., P.M. Giordano y W.L. Lindsay. 1983. Micronutrientes en agricultura. Editorial AGT EDITOR, S.A. México, D.F. 256-286 p.
- 20.- Ray, M.P. 1975. La planta viviente. 6a. edición Editorial -- CECSA México. 272 p.
- 21.- Reyes E.A.S. 1980. Efecto de la relación Fe/Mn sobre la sin tomatología, contenidos nutrimentales, de clorofila, de AAL, catalasa y peroxidasa en la vid (Vitis vini fera) c.v. malaga roja. TESIS , C.P. Chapingo México 143 p.
- 22.- Rusell, W.E. y E.J. Rusell 1968. Las condiciones del suelo_ y el crecimiento de la plantas. Editorial AGUILAR,- S.A. Madrid. 752 p

- 23.- Schutte, H.K. 1966. Biología de los microelementos y sus --
funciones. Editorial TECNOS, S.A. Madrid. 277 p.
- 24.- Tamhane. V.R. et al 1978. Suelos: su química y su fertili--
dad en zonas tropicales. Editorial Diana. México. -
483 p.
- 25.- Tejos, M.R. 1981. Estudio de deficiencias nutritivas de un_
suelo inceptisol de el limón, Costa Rica, mediante_
la técnica del elemento faltante. Curso de fertili-
dad de suelos, Turrialba, Costa Rica.pag. irr.
- 26.- Teuscher, H.y R. Alder. 1984. El suelo y su fertilidad. 8a.
edición. Editorial CECSA. México. 510 p.
- 27.- Thompson, M.L. 1966. El suelo y su fertilidad 3a. edición._
Editorial Reverté, S.A. México 407 p.
- 28.- Tisdale, L.S. y W. Nelson. 1982. Fertilidad de los suelos y
fertilizantes. Editorial UTHEA. México 760 p.
- 29.- Valero S, A.R. y M.A. Villarreal R. y F. Catañeda W. 1985.-
Caracterización del estado nutricional de algunos -
suelos del estado de Nuevo León, mediante la técnica
del elemento faltante en invernadero. TESIS.
F.A.U.A.N.L., Marín,N.L. 150 p.
- 30.- Villarroel A.M.J. 1979. Respuesta del maíz y frijol a la --

aplicación de gallinaza, estiércol vacuno, zinc, manganeso y hierro en los suelos de Cd. Serdan, Puebla bajo condiciones de campo e invernadero. TESIS. C.P. Chapingo, México 251 p.

- 31.- Walker, L.J.y W. Bejarano. 1975. Uso práctico de los modelos discontinuos para interpretación rápida de la respuesta de cultivos a la aplicación de fertilizantes. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 75 p.

A P E N D I C E

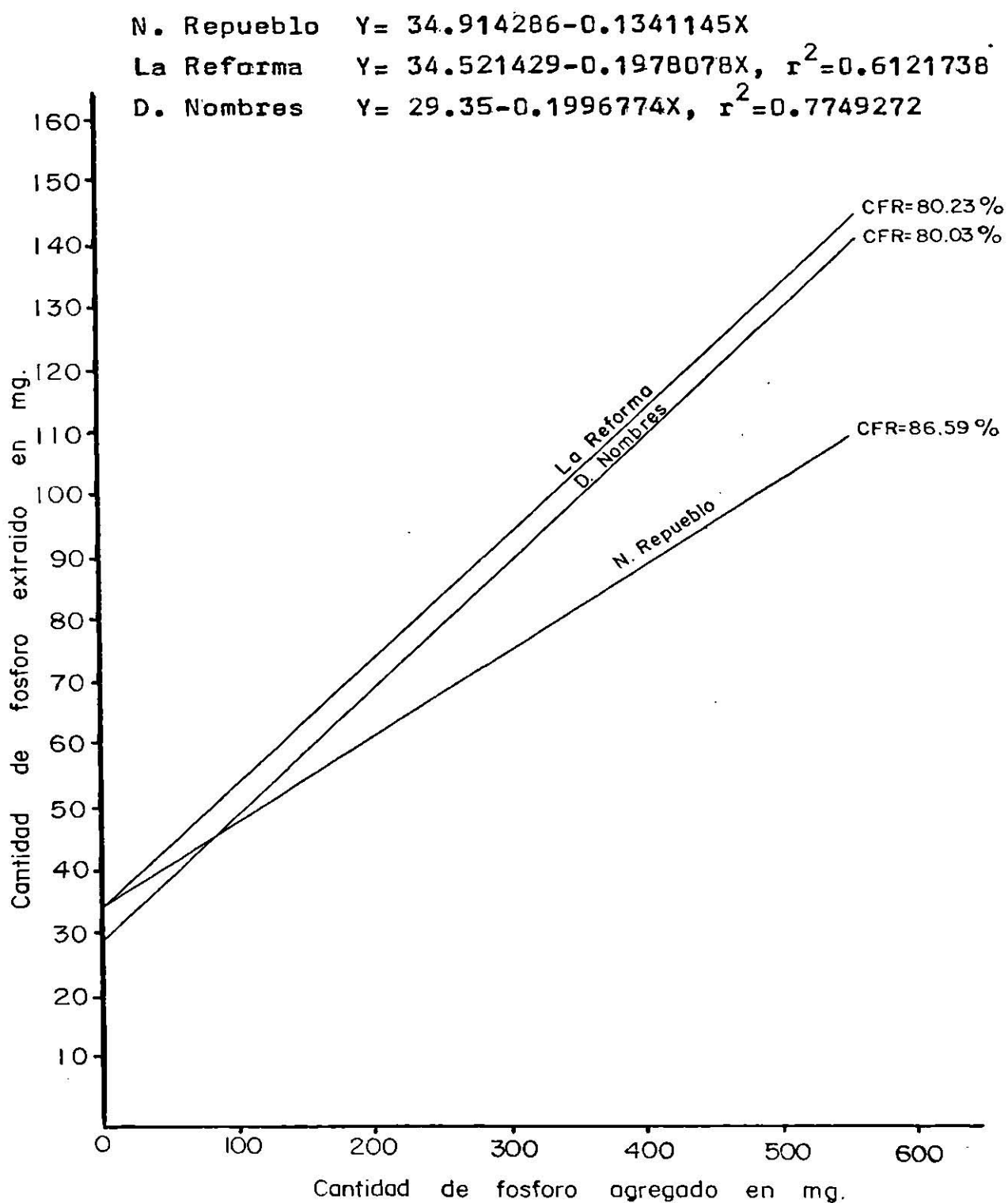


Figura 3.- Curvas de sorción de fósforo en la zona norte, con sus modelos de regresión.

N. Repueblo $Y=7.3985714-0.3669585X,$
 La Reforma $Y=I - 0.8322581X, r^2 = 0.9867247$
 D. Nombres $Y=-0.9428571-0.6042396X, r^2=0.9032732$

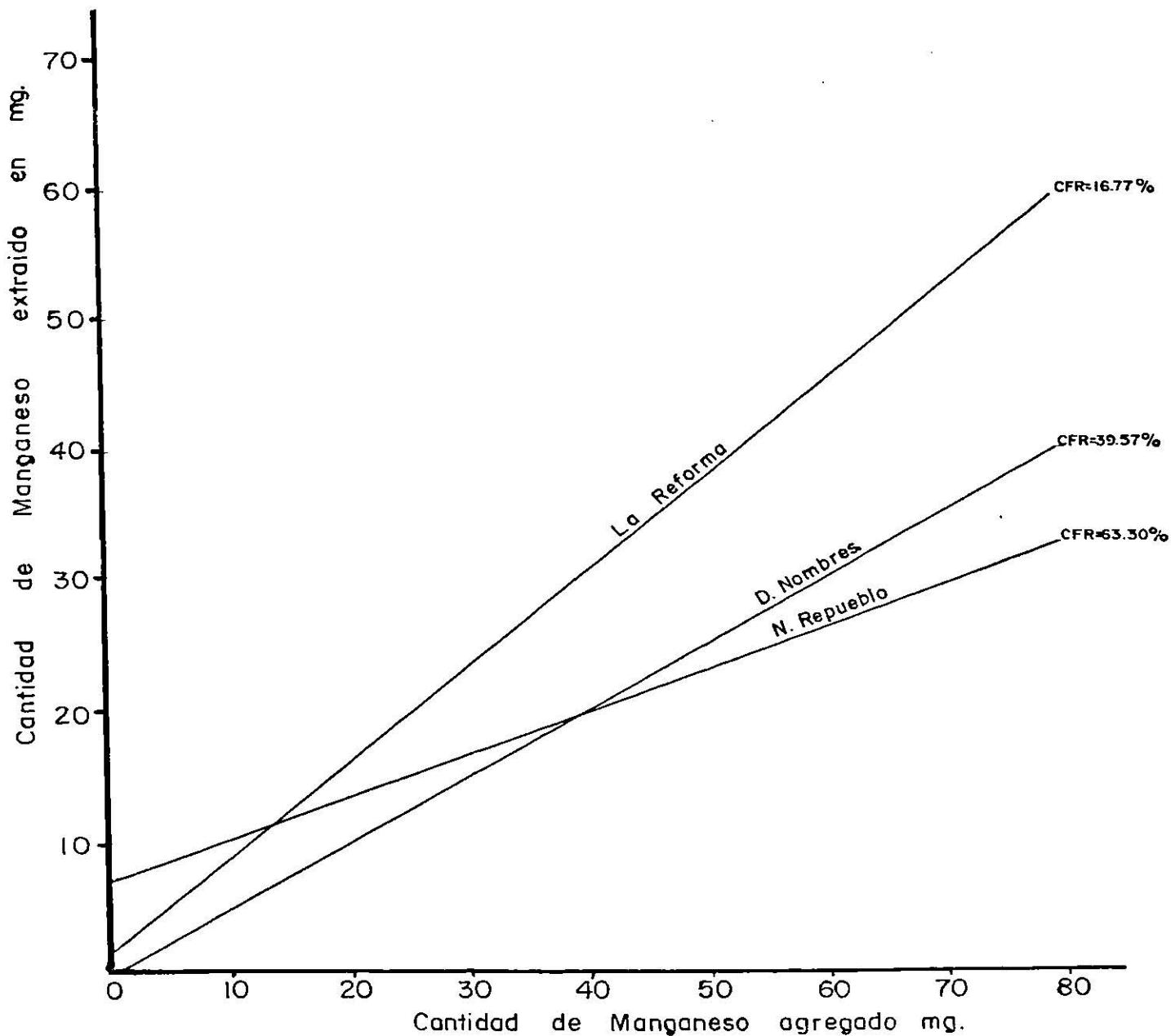


Figura 4.- Curvas de sorción de manganeso en la zona norte, con sus modelos de regresión.

N. Repueblo $Y = 1.7657193 - 0.076659X$
 La Reforma $Y = -0.4 - 0.1X, r^2 = 0.9863636$
 D. Nombres $Y = -0.38 - 0.0998387X, r^2 = 0.987392$

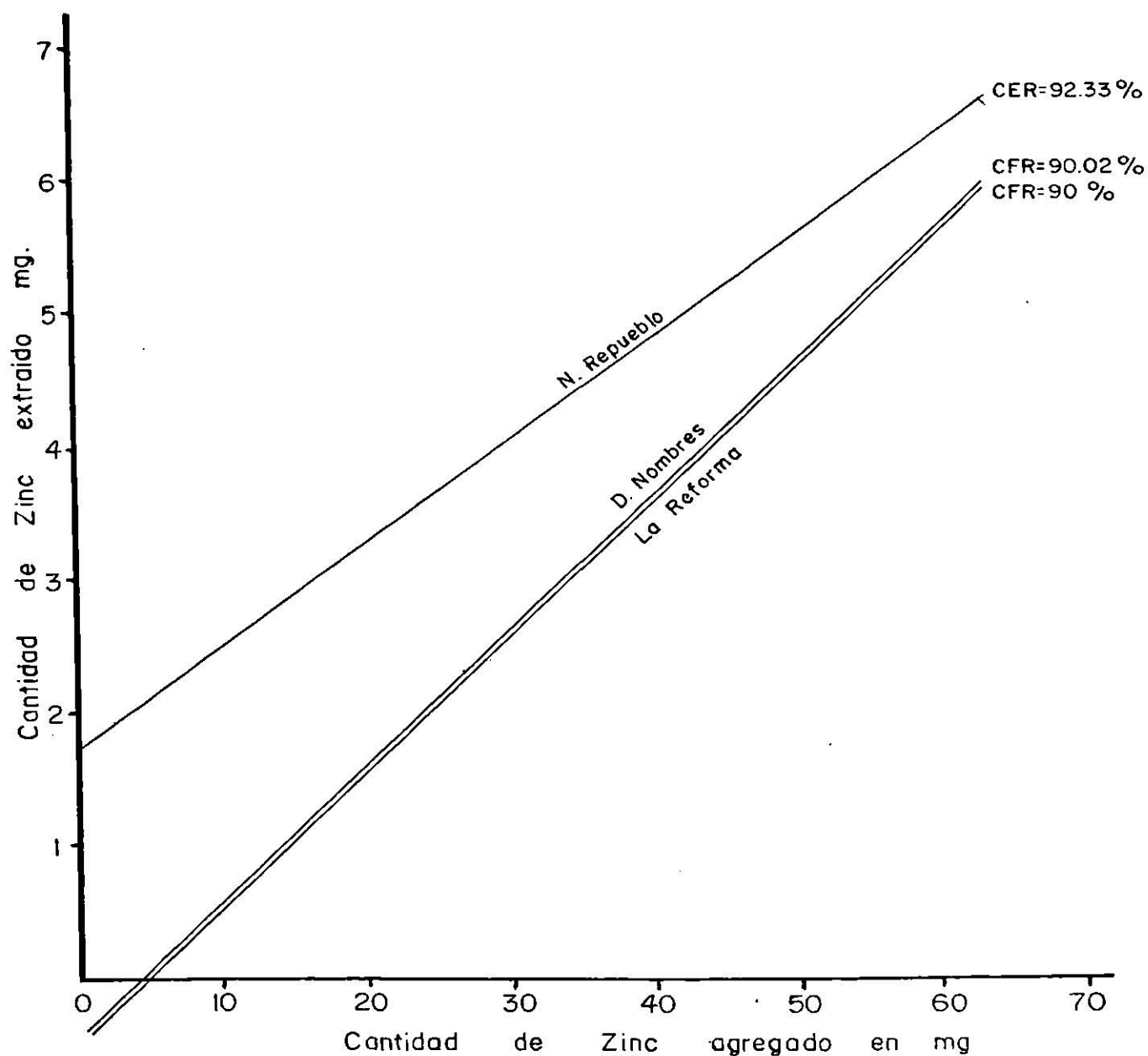


Figura 5.- Curvas de sorción de zinc en la zona norte, con sus modelos de regresión.

Cuadro No. 8.- Preparación de las soluciones por los estudios -
de "sorción".

Solución A

- 1.- Disolver 7.20 grs de cloruro de manganeso ($\text{MnCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$) - en 200 ml de agua destilada.
- 2.- Disolver 2.14 grs de cloruro de cobre ($\text{CuCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) en 200 ml de agua destilada.
- 3.- Disolver 3.34 grs de cloruro de zinc (ZnCl_2) en 200 ml de agua destilada.
- 4.- Mezclar las 3 soluciones anteriores y completar a un volumen de un litro.

Solución B

- 1.- Disolver 6.15 grs de fosfato de potasio (KH_2PO_4) en 1500 ml de agua destilada.
- 2.- Agregar 100 ml de solución A al balon aforado con la solución de KH_2PO_4 y completar el volumen hasta dos litros.

Solución C

- 1.- Disolver 5.44 grs de sulfato de potasio (KSO_4) en 500 ml de agua destilada y completar a un volumen de un litro.
-

Cuadro No. 9.- Resultados obtenidos en los análisis preliminares

Localidad	Color	PH	Textura	M.O. (%)	N (ppm)	P (ppm)	K (ppm)	Fe (ppm)	C.E.
Nuevo Repueblo	café obscuro	7.3	arcilla limosa	2.78	236.0	39.75	14425.36	7.5	1.1
La Reforma	café grisáceo	7	migajón arenosa	1.66	0	10.0	6000	0	0.7
Dulces Nombres	café grisáceo	7	arcillosa	1.31	0	12.25	4400	14	0.95

Cuadro No. 10.- Capacidad de fijación relativa (%) en los suelos bajo estudio.

Localidad	P	Mn	Zn
Nuevo Repueblo	86.59	63.30	92.33
La Reforma	80.23	16.77	90.00
Dulces Nombres	80.03	39.58	90.02

Cuadro No. 11.- Cantidades aplicadas en ppm de los elementos en
la zona norte del estado de N.L.

Tratamiento	N	P	Mn	Zn	Cu	S	Fe
1.- nitrógeno ausencia	—	62	26	18.0	6.0	72	120
2.- nitrógeno bajo	25	62	26	18.0	6.0	72	120
3.- nitrógeno medio	50	62	26	18.0	6.0	72	120
4.- nitrógeno alto	70	62	26	18.0	6.0	72	120
5.- fósforo ausencia	50	—	26	18.0	6.0	72	120
6.- fósforo bajo	50	8	26	18.0	6.0	72	120
7.- fósforo medio	50	62	26	18.0	6.0	72	120
8.- fósforo alto	50	152	26	18.0	6.0	72	120
9.- manganeso ausencia	50	62	—	18.0	6.0	72	120
10.- manganeso bajo	50	62	3.5	18.0	6.0	72	120
11.- manganeso medio	50	62	26	18.0	6.0	72	120
12.- manganeso alto	50	62	63.5	18.0	6.0	72	120
13.- zinc ausencia	50	62	26	—	6.0	72	120
14.- zinc bajo	50	62	26	4.5	6.0	72	120
15.- zinc medio	50	62	26	18.0	6.0	72	120
16.- zinc alto	50	62	26	40.5	6.0	72	120
17.- cobre ausencia	50	62	26	18.0	—	72	120
18.- cobre bajo	50	62	26	18.0	1.5	72	120
19.- cobre medio	50	62	26	18.0	6.0	72	120
20.- cobre alto	50	62	26	18.0	13.5	72	120
21.- azufre ausencia	50	62	26	18.0	6.0	—	120
22.- azufre bajo	50	62	26	18.0	6.0	18	120
23.- azufre medio	50	62	26	18.0	6.0	72	120
24.- azufre alto	50	62	26	18.0	6.0	162	120
25.- fierro ausencia	50	62	26	18.0	6.0	72	—
26.- fierro bajo	50	62	26	18.0	6.0	72	30
27.- fierro medio	50	62	26	18.0	6.0	72	120
28.- fierro alto	50	62	26	18.0	6.0	72	270
29.- óptimos	150	216	90	54.0	18.0	216	360
30.- testigos	—	—	—	—	—	—	—

— = No se aplicó el elemento.

Cuadro No. 12.- Resumen de los resultados de los análisis de varianza efectuados para las variables bajo estudio, para cada tipo de suelo, sin considerar el arreglo factorial de los tratamientos.

Cuadrado medio					
Variable	Tratams..	C.M.E.	\bar{X}	C.V. (%)	
Nuevo Repueblo					
- Diámetro de tallo	0.011	0.005	0.28 ++	25.25	
- Altura de planta	196.778	68.297	42.06 ++	19.64	
- Rendimiento de materia verde	6.664	3.946	4.99 +	39.80	
- Rendimiento de materia seca	0.453	0.214	1.21 ++	38.23	
La Reforma					
- Diámetro de tallo	0.006	0.002	0.19 ++	23.54	
- Altura de planta	131.059	31.764	28.25 ++	19.95	
- Rendimiento de materia verde	2.117	0.923	2.43 ++	39.54	
- Rendimiento de materia seca	0.148	0.037	0.72 ++	26.71	
Dulces Nombres					
- Diámetro de tallo	0.002	0.001	0.17 ++	18.60	
- Altura de planta	75.698	17.447	24.58 ++	16.99	
- Rendimiento de materia verde	1.154	0.375	1.68 ++	36.45	
- Rendimiento de materia seca	0.096	0.020	0.49 ++	28.88	

++ = Altamente significativo ($\alpha=0.01$) + = Significativo ($\alpha=0.05$)

Cuadro No. 13.- Resultados de la comparación de medias de los - -
tratamientos mediante Tukey, para las variables -
diámetro de tallo, altura de plantas, rendimiento
de materia verde y materia seca en la localidad -
de Dulces Nombres.

Tratamiento	alt.de plantas	diámetro de tallo	Rendimiento de materia verde	Rendimiento de materia seca
Fe ausencia	39.79 a	0.18 a	2.87 a b	0.97 a
Fe bajo	37.39 a b	0.16 a	2.17 a b c	0.86 a b c
P alto	33.13 a b c	0.18 a	2.73 a b c	0.93 a b
Zn bajo	28.87 a b c d	0.18 a	1.72 a b c	0.46 c d
N Medio	26.84 a b c d	0.17 a	1.78 a b c	0.50 b c d
Zn ausencia	26.51 a b c d	0.20 a	1.93 a b c	0.53 a b c d
P bajo	26.40 a b c d	0.18 a	1.80 a b c	0.61 a b c d
N alto	26.13 b c d	0.19 a	1.67 a b c	0.53 a b c d
Cu ausencia	25.97 b c d	0.20 a	2.07 a b c	0.56 a b c d
N bajo	25.53 b c d	0.15 a	1.60 a b c	0.47 c d
S medio	25.07 b c d	0.18 a	2.40 a b c	0.60 a b c d
Mn medio	24.68 b c d	0.19 a	0.92 b c	0.22 d
testigo	24.61 b c d	0.16 a	1.33 b c	0.40 d
Mn bajo	24.44 b c d	0.15 a	1.42 b c	0.50 b c d
Cu bajo	23.98 b c d	0.21 a	2.00 a b c	0.58 a b c d
Cu alto	23.78 c d	0.18 a	1.57 a b c	0.44 c d
S bajo	23.41 c d	0.19 a	1.92 a b c	0.50 b c d
Zn alto	22.90 c d	0.18 a	1.54 b c	0.49 b c d
P ausencia	22.86 c d	0.17 a	1.65 a b c	0.45 c d
N ausencia	22.16 c d	0.15 a	1.03 b c	0.48 b c d
Mn ausencia	22.13 c d	0.12 a	0.93 b c	0.44 c d
Fe medio	21.57 c d	0.16 a	1.63 a b c	0.43 c d
S alto	21.51 c d	0.17 a	1.47 b c	0.37 d
Mn alto	21.48 c d	0.19 a	3.53 a	0.35 d
P medio	21.35 c d	0.19 a	1.57 a b c	0.39 d
Zn medio	21.25 c d	0.12 a	0.84 c	0.37 d
Cu medio	19.35 d	0.15 a	1.14 b c	0.36 d
Fe alto	19.20 d	0.16 a	1.12 b c	0.39 d
S ausencia	18.51 d	0.12 a	1.10 b c	0.27 d
Óptimos	16.55 d	0.15 a	0.93 b c	0.16 d
Tukey	13.422795	0.1016208	1.9657569	0.454462
con $\alpha = 0.05$				

Cuadro No. 14.- Resultados de la comparación de medias de los --
tratamientos mediante Tukey, para las variables_
diámetro de tallo, altura de plantas, rendimiento_
de materia verde y materia seca en la localidad_
de La Reforma.

Tratamiento	diámetro de tallo	altura de plantas	Rendimiento de materia verde	Rendimiento de materia seca
Mn medio	0.25 a	33.75 a	3.43 a	0.83 a b c
P alto	0.24 a	37.25 a	3.58 a	1.20 a
N bajo	0.23 a	33.77 a	3.75 a	0.85 a b c
Mn alto	0.23 a	29.83 a b	1.50 a b	0.89 a b c
P medio	0.22 a	33.95 a	3.43 a	0.92 a b
Mn ausencia	0.22 a	31.85 a b	3.40 a	0.84 a b c
Cu alto	0.22 a	32.44 a b	3.28 a	0.85 a b c
N medio	0.21 a	33.70 a	3.35 a	0.86 a b c
P ausencia	0.21 a	29.77 a b	2.23 a b	0.76 a b c
Cu bajo	0.21 a	25.95 a b	2.57 a b	0.71 a b c
Cu medio	0.21 a	29.56 a b	2.97 a b	0.84 a b c
S medio	0.21 a	27.88 a b	2.77 a b	0.79 a b c
N alto	0.20 a	33.38 a	2.87 a b	0.90 a b c
Zn bajo	0.20 a	33.47 a	2.60 a b	1.00 a b
Zn medio	0.20 a	32.86 a b	2.43 a b	0.80 a b c
Fe medio	0.20 a	30.97 a b	3.02 a b	0.81 a b c
Mn bajo	0.19 a	29.44 a b	2.57 a b	0.73 a b c
Cu ausencia	0.19 a	29.89 a b	2.30 a b	0.75 a b c
S ausencia	0.19 a	23.04 a b	1.83 a b	0.50 b c d
S bajo	0.19 a	24.13 a b	1.90 a b	0.67 a b c d
Zn ausencia	0.18 a	33.17 a	2.63 a b	0.79 a b c
Zn alto	0.18 a	23.38 a b	1.89 a b	0.64 a b c d
S alto	0.18 a	23.83 a b	2.32 a b	0.63 a b c d
P bajo	0.17 a	29.20 a b	1.87 a b	0.67 a b c d
Testigo	0.17 a	22.49 a b	1.63 a b	0.41 b c d
N ausencia	0.15 a b	22.41 a b c	1.67 a b	0.49 b c d
Fe ausencia	0.14 a b	29.48 a b	2.27 a b	0.45 b c d
Fe bajo	0.14 a b	27.59 a b	2.03 a b	0.65 a b c d
Fe alto	0.11 a b	14.81 b c	0.67 a b	0.30 c d
Óptimos	0.02 b	4.33 c	0.17 b	0.07 d
Tukey	0.1437135	18.111323	3.0873326	0.6181351

con $\alpha = 0.05$

Cuadro No. 15.- Resultados de la comparación de medias de los --
tratamientos mediante Tukey, para las variables_
diámetro de tallo, altura de plantas, rendimiento_
de materia verde y materia seca en la localidad_
de Nuevo Repueblo.

Tratamiento	Diámetro de tallo	Altura de planta	Rendimiento de materia verde	Rendimiento de materia seca
Zn bajo	0.38 a	54.35 a	4.17 a	0.89 a b
Mn medio	0.37 a b	52.33 a	5.83 a	0.89 a b
Zn alto	0.37 a b	48.93 a b	4.87 a	1.40 a b
N medio	0.35 a b	50.44 a	5.53 a	0.92 a b
S medio	0.35 a b	45.29 a b	4.51 a	0.94 a b
Cu ausencia	0.34 a b	51.43 a	7.13 a	1.65 a b
N alto	0.33 a b	44.26 a b	6.73 a	1.44 a b
Mn bajo	0.32 a b	45.27 a b	6.18 a	1.40 a b
P medio	0.31 a b	39.43 a b c	4.62 a	1.06 a b
Zn medio	0.30 a b	46.26 a b	2.82 a	0.76 a b
Cu bajo	0.30	43.18 a b	7.55 a	1.53 a b
Zn ausencia	0.29 a b	42.94 a b	7.53 a	1.94 a
Fe ausencia	0.29 a b	48.30 a b	6.12 a	1.75 a b
Fe bajo	0.28 a b	42.56 a b	6.40 a	1.50 a b
N bajo	0.27 a b	42.44 a b	6.65 a	1.45 a b
Mn alto	0.27 a b	41.25 a b	5.07 a	0.98 a b
P alto	0.26 a b	41.67 a b	4.75 a	0.94 a b
Cu medio	0.26 a b	36.43 a b c	3.97 a	0.87 a b
Cu alto	0.26 a b	46.63 a b	6.40 a	1.73 a b
S bajo	0.26 a b	34.92 a b c	4.96 a	1.29 a b
Testigos	0.24 a b	38.10 a b c	4.87 a	1.28 a b
N ausencia	0.23 a b	41.33 a b	4.73 a	1.65 a b
Fe medio	0.23 a b	35.33 a b c	4.13 a	0.97 a b
Fe alto	0.23 a b	22.44 b c	3.23 a	0.68 a b
P ausencia	0.22 a b	45.20 a b	3.92 a	1.48 a b
Mn ausencia	0.22 a b	44.81 a b	5.07 a	1.50 a b
S ausencia	0.20 a b	38.26 a b c	3.95 a	0.92 a b
S alto	0.20 a b	40.25 a b c	2.77 a	0.64 a b
P bajo	0.18 a b	43.61 a b	4.13 a	1.55 a b
Óptimos	0.15 b	14.48 c	1.77 a	0.39 b
Tukey	0.227231	26.557268	6.3835331	1.486584

con $\alpha = 0.05$

Cuadro No. 16.- Resumen de los resultados de los análisis de varianza, efectuados por lo-
 calidad para las variables estudiadas donde se muestran los cuadrados me-
 dios del error, factores, su significancia, media general y el coeficien-
 te de variación.

Variable	E	N	E - N	Error	\bar{X}	C.V. (%)
Dulces Nombres						
Diámetro de tallo	0.001 N.S.	0.001 N.S.	0.002 + +	0.001	0.17	18.60
Altura de planta	71.0011 + +	71.142 + +	75.301 + +	16.819	24.87	16.49
Rento. de materia verde	0.389 N.S.	0.930 N.S.	1.456 + +	0.390	1.71	36.56
Rento. de materia seca	0.112 + +	00.94 + +	0.082 + +	0.021	0.50	29.00
La Reforma						
Diámetro de tallo	0.007 +	0.004 N.S.	0.002 N.S.	0.002	0.20	22.36 %
Altura de planta	104.729 + +	63.533 N.S.	59.527 +	32.012	29.31	29.30
Rento. de materia verde	1.431 N.S.	2.606 N.S.	1.483 N.S.	0.983	2.54	39.00
Rento. de materia seca	0.156 + +	0.119 +	0.073 +	0.039	0.75	26.30
Nuevo Repueblo						
Diámetro de tallo	0.013 +	0.011 N.S.	0.008 N.S.	0.005	0.28	25.25
Altura de planta	168.912 +	58.475 N.S.	115.547 N.S.	71.752	43.20	19.61
Rento. de materia verde	7.886 N.S.	6.890 N.S.	4.426 N.S.	4.211	5.13	40.00
Rento. de materia seca	0.290 N.S.	1.664 + +	0.239 N.S.	0.228	1.24	38.50

+ Significativo

+ + Altamente significativo

N.S. No Significativo

Cuadro No. 17.- Resumen de los resultados obtenidos en los análisis de varianza efectuados para las variables estudiadas, considerando el arreglo factorial de los tratamientos, donde se muestran los cuadrados medios del error y cuadrados medios de los factores y su significancia.

Variables	S	E	N	S-E	S-N	E-N	S-E-N	Error
Diámetro de tallo	0.286 ++	0.008 ++	0.009 +	0.006 +	0.003 N.S.	0.006 ++	0.003 N.S.	0.003
Altura de plantas	7.678 ++	143.379 ++	73.291 N.S.	100.636 ++	59.930 N.S.	187.886 ++	31.244 N.S.	40.194
Rendimiento de materia verde	267.222 ++	3.836 +	1.452 N.S.	2.934 N.S.	4.487 +	4.131 ++	1.617 N.S.	1.861
Rendimiento de materia seca	11.820 ++	0.237 +	0.516 ++	0.161 N.S.	0.681 ++	0.191 +	0.101 N.S.	0.96

N.S. = No significativo + = Significativo ++ = Altamente significativo

Cuadro No. 18.- Resultados de la prueba de Tukey, para la comparación de medias de la interacción elemento - nivel en las variables diámetro de tallo, altura de plantas, rendimiento de materia verde y materia seca en la localidad de Dulces Nombres.

Elemento	Nivel	Diámetro de tallo	Altura de planta	Rendimiento de materia vde.	Rendimiento de materia seca
Nitrógeno	alto	0.19 a	26.13 a	1.68 a	0.53 a
	medio	0.18 a b	26.84 a	1.67 a	0.50 a
	bajo	0.15 c	25.53 a b	1.60 a	0.47 a
	ausencia	0.15 c	22.16	1.03 a	0.48 a
Fósforo	alto	0.18 a	33.13 a	2.73 a	0.93 a
	medio	0.19 a	21.39 c	1.57 b	0.39 c
	bajo	0.17 a	26.40 b	1.80 b	0.61 b
	ausencia	0.17 a	22.86 c	1.65 b	0.45 c
Manganeso	alto	0.19 a	21.48 a	3.53 a	0.35 b c
	medio	0.15 b	24.68 a	0.92 a	0.22
	bajo	0.19 a	24.44 a	1.42 a	0.50 a
	ausencia	0.12 c	22.13 a	0.93 a	0.44 a b
Zinc	alto	0.18 a	22.90 c	1.54 a b	0.49 a
	medio	0.12	21.25 c	0.84 b	0.37 b
	bajo	0.18 a b	28.87 a	1.72 a	0.46 a b
	ausencia	0.20 a	26.51 a b	1.92 a	0.53 a
Cobre	alto	0.18 b c	23.78 a b	1.57 a b	0.44 c
	medio	0.15	19.35	1.14 b	0.36 c
	bajo	0.21 a	23.98 a	2.00 a	0.58 a
	ausencia	0.20 a b	25.97 a	2.07 a	0.56 a b
Azufre	alto	0.17 a b	21.51 b c	1.47 b c	0.37 c
	medio	0.18 a	25.07 a	2.40 a	0.60 a
	bajo	0.19 a	23.41 a b	1.92 a b	0.50 a b
	ausencia	0.12	18.51 c	1.10 c	0.27 c
Fierro	alto	0.16 a	19.20 c	1.12 c	0.39 c
	medio	0.16 a	21.57 c	1.63 b c	0.43 c
	bajo	0.16 a	37.39 a b	2.17 a b	0.86 a b
	ausencia	0.18 a	39.79 a	2.87 a	0.97 a
Tukey		0.0258775	3.3559981	0.7798807	0.1185854
con $\alpha = 0.05$					

Cuadro No. 19.- Presentación de medias y resultados de la prueba de Tukey, para el factor elemento en las variables altura de plantas y rendimiento de materia seca en la localidad de Dulces Nombres.

Elemento	Altura de plantas	Rendimiento de materia seca
Fierro	29.49 a	0.66 a
Fósforo	25.94 a b	0.59 a b
Nitrógeno	25.17 a b	0.50 a b c
Zinc	24.88 a b	0.46 b c
Cobre	23.27 b	0.48 a b c
Manganeso	23.19 b	0.38 c
Azufre	22.13 b	0.44 b c
Tukey con $\alpha = 0.05$	5.1214859	0.1809696

Cuadro No. 20.- Presentación de medias y resultados de la prueba de Tukey, para el factor nivel en las variables altura de plantas y rendimiento de materia seca en la localidad de Dulces Nombres.

Nivel	Altura de planta	Rendimiento de materia seca
Bajo	27.15 a	0.57 a
ausencia	25.42 a b	0.53 a
alto	24.02 a b	0.50 a b
medio	22.88 b	0.41 b
Tukey con $\alpha = 0.05$	3.3559981	0.11858854

Cuadro No. 21 Resultados de la prueba de Tukey, para la comparación de medias de la interacción elemento - nivel en las variables altura de plantas y rendimiento de materia seca en la localidad de La Reforma.

Elemento	Nivel	Altura de planta	Rendimiento de materia seca	$\alpha 0.05$
Nitrógeno	alto	33.38 a b	0.90 a	
	medio	33.70 a	0.86 a	
	bajo	33.77 a	0.85 a b	
	ausencia	22.41	0.49	
Fósforo	alto	37.25 a	1.20 a	
	medio	33.95 a b	0.92 b	
	bajo	29.20 c	0.67 c	
	ausencia	29.77 b c	0.76 b c	
Manganeso	alto	29.83 a	0.89 a	
	medio	33.75 a	0.83 a	
	bajo	29.44 a	0.73 a	
	ausencia	31.85 a	0.84 a	
Zinc	alto	23.28	0.64 b	
	medio	32.86 a b	0.80 b	
	bajo	33.47 a	1.00 a	
	ausencia	33.17 a	0.79 b	
Cobre	alto	32.44 a	0.85 a	
	medio	29.56 a b	0.84 a	
	bajo	25.95 b	0.71 a	
	ausencia	29.89 a b	0.75 a	
Azufre	alto	23.83 a b	0.63 a b	
	medio	27.88 a	0.79 a	
	bajo	24.13 a b	0.67 a	
	ausencia	23.03 b	0.50 b	
Fierro	alto	14.81	0.30 c	
	medio	30.97 a	0.81 a	
	bajo	27.59 a b	0.65 a b	
	ausencia	29.48 a	0.45 c	
Tukey =		4.6299684	0.1616047	

Cuadro No. 22.- Presentación de medias y resultados de la prueba de Tukey, para el factor elemento en las variables diámetro de tallo, altura de plantas y rendimiento de materia seca en la localidad de - - - La Reforma.

Elemento	Diámetro de tallo	Altura de plantas	Rendimiento de materia seca	
Manganeso	0.22 a	31.22 a b	0.82 a	
Fósforo	0.21 a	32.54 a	0.89 a	
Cobre	0.21 a	29.46 a b	0.79 a b	
Nitrógeno	0.20 a b	30.81 a b	0.78 a b	
Zinc	0.19 a b	30.72 a b	0.81 a	
Azufre	0.19 a b	24.72 b	0.65 a b	
Fierro	0.15 b	25.71 a b	0.55 b	
Tukey	0.05	0.0558484	7.06562529	0.2466199

Cuadro No. 23.- Presentación de medias y resultados de la prueba de Tukey, para el factor nivel en la variable rendimiento de materia seca en la localidad de La Reforma.

Nivel	$\alpha = 0.05$
Medio	0.84 a
alto	0.77 a b
bajo	0.76 a b
ausencia	0.65 b
Tukey	0.1616047

Cuadro No. 24.- Presentación de medias y resultados de la prueba de Tukey, para el factor elemento en las variables diámetro de tallo y altura de plantas - en la localidad de Nuevo Repueblo.

Elemento	Diámetro de tallo = .05	Altura de plantas $\alpha = 0.05$
Zinc	0.34 a	48.12 a
Manganeso	0.30 a b	45.91 a b
Nitrógeno	0.29 a b	44.61 a b
Cobre	0.29 a b	44.41 a b
Fierro	0.26 a b	37.16 b
Azufre	0.25 b	39.68 a b
Fósforo	0.24 b	42.48 a b
Tukey	0.0883041	10.578227

Cuadro No. 25.- Presentación de medias y resultados de la prueba de Tukey, para el factor nivel en la variable rendimiento de materia seca en la localidad de Nuevo Repueblo.

Nivel	α 0.05
Ausencia	1.56 a
Bajo	1.37 a b
Alto	1.11 b c
Medio	0.92 c
Tukey	0.3907411

Cuadro No. 26.- Resultados de la prueba de Tukey, para la comparación de medias de la interacción suelo - elemento en las variables diámetro de tallo, y altura de plantas en los suelos bajo estudio.

Localidad	Elemento	Diámetro de tallo	Altura de plantas
N. Repueblo	Zinc	0.34 a	48.12 a
	Manganeso	0.30 ab	44.12 ab
	Nitrógeno	0.29 abc	44.61 ab
	Cobre	0.29 abc	44.41 ab
	Fierro	0.26 bce	37.16 bcd
	Azufre	0.25 bcef	39.68 abc
	Fósforo	0.24 cefg	42.48 ab
La Reforma	Manganeso	0.22 cefgh	31.20 cdefg
	Fósforo	0.21 efgh	32.54 cde
	Cobre	0.21 efgh	29.46 defg
	Nitrógeno	0.20 efgh	30.81 cdefg
	Zinc	0.19 efgh	31.55 cdef
	Azufre	0.19 efgh	27.72 efg
	Fierro	0.15 h	25.71 efg
Dulces Nombres	Fósforo	0.18 fgh	25.94 efg
	Cobre	0.18 fgh	23.27 fg
	Nitrógeno	0.17 gh	25.17 efg
	Manganeso	0.16 h	23.18 fg
	Zinc	0.16 h	24.88 efg
	Azufre	0.16 h	22.13 g
	Fierro	0.16 h	29.49 defg
Tukey = α 0.05		0.0790253	9.1471597

Cuadro No. 27.- Resultados de la prueba de Tukey, para la comparación de medias de la interacción suelo -nivel en la variable rendimiento de materia verde en las localidades de la zona norte.

Localidad	Nivel	Media	$\alpha = 0.05$
Nuevo Repueblo	bajo	5.72	a
Nuevo Repueblo	ausencia	5.49	a
Nuevo Repueblo	alto	4.83	a
Nuevo Repueblo	medio	4.49	a
La Reforma	medio	3.06	a
La Reforma	bajo	2.47	a
La Reforma	ausencia	2.33	a
La Reforma	alto	2.30	a
Dulces Nombres	alto	1.95	a
Dulces Nombres	bajo	1.80	a
Dulces Nombres	ausencia	1.65	a
Dulces Nombres	medio	1.45	a

Tukey 1.4586786

Cuadro No. 28.- Resultados de la prueba de Tukey, para la comparación de medias de la interacción suelo -nivel en la variable rendimiento de materia seca en las localidades de la zona norte.

Localidad	Nivel	Media	$\alpha = 0.05$
Nuevo Repueblo	ausencia	1.56	a
Nuevo Repueblo	bajo	1.37	a b
Nuebo Repueblo	alto	1.11	b c
Nuevo Repueblo	medio	0.92	d
La Reforma	medio	0.84	a
La Reforma	alto	0.77	a
La Reforma	bajo	0.76	a
La Reforma	ausencia	0.65	a
Dulces Nombres	bajo	0.57	a
Dulces Nombres	ausencia	0.53	a
Dulces Nombres	alto	0.50	a
Dulces Nombres	medio	0.41	a
Tukey =		0.331305	

Cuadro No. 29.- Resumen del análisis de regresión múltiple, mediante el procedimiento estepwise, de la variable rendimiento de materia seca con elemento en cada localidad.

Localidad	Elemento	R ²	Beta	F	Significancia
Nuevo Repueblo					
	Fierro	0.07966	-3.754063	7.10	+ +
	Fósforo	0.10925	-3.979053	4.97	+
	Manganeso	0.12927	-7842232	3.96	+
	Nitrógeno	0.14502	-5.844191	3.35	+
	Azufre	0.15419	-1.122914	2.84	+
	Zinc	0.15670	-4.445829	2.38	+
La Reforma					
	Nitrógeno	0.10115	6.039068	9.23	+ +
	Fósforo	0.18530	3.008354	9.21	+ +
	Zinc	0.21049	-6.309554	7.11	+ +
	Fierro	0.22384	-06920117	5.70	+ +
	Azufre	0.22954	0,750255	4.65	+ +
	Manganeso	0.23219	1.280618	3.88	+ +
	Cobre	0.23232	-1.262464	3.28	+ +
Dulces Nombres					
	Fierro	0.20412	-2.329336	21.03	+ +
	Fósforo	0.27614	2.406310	15.45	+ +
	Cobre	0.28662	-10.55326	10.71	+ +
	Manganeso	0.29201	-1.577207	8.15	+ +
	Nitrógeno	0.29331	0.6502271	6.47	+ +
	Azufre	0.29452	0.2991810	5.36	+ +

FE DE ERRATAS

Las páginas 77, 78 y 79 en las curvas de sorción de fósforo, manganeso y zinc respectivamente, no se obtuvo la r^2 por no disponer de los datos originales del suelo N. Repueblo.

En el Cuadro No. 5 de la página 44 donde está el elemento Cu debe ser Zn, las cantidades del cobre deben ser 0 1.5 6.0 13.50 ppm.

En las figuras 3,4 y 5 los modelos de regresión lineal está el signo (-) y debe ser (+) Ejem.

Nuevo Repueblo: $Y = 1.7657193 + 0.076659X$

En los cuadros 13,14,15,18,19,20,21,22,23,24,25,26,27,28. Las unidades en las cantidades dadas deben ser:

Diámetro de tallo = cm

Rendimiento de materia verda = g

Altura de plantas = cm

Rendimiento de materia seca = g

En el cuadro No. 15 el tratamiento Cu bajo en la variable diámetro de tallo está en blanco y debe ser ab.

En el Cuadro No. 18. El elemento Zinc medio está en blanco y debe ser d, cobre medio también debe ser d, el azufre ausencia debe ser d.

006954

