

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES ZARAGOZA

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

Estudio de fertilidad en vid (var. Sauvignon blanc),  
y su respuesta a la aplicación de micronutrientes -  
( Fe y Zn ) en el suelo y por vía foliar.

T E S I S

Que para obtener el Título de

LICENCIADO EN BIOLOGIA

P r e s e n t a

IRMA PATRICIA OLIVARES JIMENEZ

México, D. F.

1 9 8 4



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

## AGRADECIMIENTOS

A la Comisión Nacional de Fruticultura, por haber facilitado sus instalaciones y recursos para la realización del presente estudio y en especial el M. en C. Gabriel García Burciaga - jefe del Laboratorio de Suelos, Plantas y Aguas, quien fungió como director de este trabajo.

Al Lic. Mario Ulises Larqué S. investigador docente del Centro de Estadística y Cálculo del Colegio de Postgraduados - en Chapingo, México, por sus valiosos consejos y dirección en la parte del análisis estadístico y diseño experimental.

Al Dr. Angel Martínez Garza, profesor e investigador titular del Centro de Estadística y Cálculo del Colegio de Postgraduados en Chapingo, México, por haberme brindado sus conocimientos como maestro, en el área del Diseño Experimental.

Al Dr. Antonio Trinidad Santos, profesor e investigador de la Sección de Fertilidad de Suelos del Colegio de Postgraduados de Chapingo, México, por las sugerencias hechas al trabajo final.

Al Dr. Daniel Hurtado Mendialdua, jefe del Departamento de Biología de la ENEP- Zaragoza, por las valiosas recomendaciones hechas al manuscrito final.

Al Ing. Agónomo Gerardo Peláez Camarena, de la Comisión Nacional de Fruticultura, por su ayuda y consejos durante la revisión del presente trabajo.

Al Ingeniero Rojo, encargado de los viñedos en el centro-frutícola "Pte. Adolfo López Mateos" perteneciente a la Comisión Nacional de Fruticultura, por haber proporcionado el viñedo requerido para el presente trabajo.

Al Departamento de Normalización e Inspección Frutícola, perteneciente a la Comisión Nacional de Fruticultura, donde se realizó el análisis de calidad del fruto.

Al personal de los laboratorios de Suelos, Plantas y Agua de la Comisión Nacional de Fruticultura, por haberme ayudado en la realización del presente trabajo.

A la Comisión Dictaminadora:

Dr. Daniel Hurtado Mendialdua.

Dr. Antonio Trinidad Santos.

M. en C. Gabriel García Burciaga.

M. en C. Manuel F. Rico Bernal.

Biol. Rubén Zulbarán R.

por las sugerencias hechas en la revisión del trabajo.

## INDICE

	pags.
RESUMEN . . . . .	1
INTRODUCCION . . . . .	2
REVISION BIBLIOGRAFICA . . . . .	4
LA VID . . . . .	4
Clasificación botánica de la vid . . . . .	4
Clasificación según su uso . . . . .	4
Requerimientos de la vid . . . . .	5
MICRONUTRIENTES . . . . .	5
FIERRO . . . . .	6
A. Importancia del fierro en la planta . . . . .	6
B. Interacción del fierro y otros nutrimentos . . . . .	9
Interacción Fierro-Fósforo . . . . .	9
Interacción Fierro-Manganeso . . . . .	9
Interacción Fierro-Metales Pesado . . . . .	10
C. Sintomatología por deficiencias de fierro . . . . .	11
D. Prácticas para corrección de fierro . . . . .	11
Corrección por aspersion al follaje . . . . .	12
Corrección por aplicación de quelatos . . . . .	12
ZINC . . . . .	13
A. Importancia del zinc en la planta . . . . .	13
B. Interacción del zinc con otros elementos . . . . .	14
Interacción Zinc-Fósforo . . . . .	14
Interacción Zinc-Nitrógeno . . . . .	15
Interacción Zinc-Fierro . . . . .	15
C. Sintomatología por deficiencias de zinc . . . . .	16
D. Prácticas para corrección de zinc . . . . .	17
Corrección con sulfatos . . . . .	17
Corrección por aspersion . . . . .	18
Corrección por aplicación de quelatos . . . . .	18
MATERIAL Y METODOS . . . . .	20
LOCALIZACION Y DESCRIPCION DE LA ZONA . . . . .	20

	pags.
METODOLOGIA DE CAMPO . . . . .	20
METODOLOGIA DE LABORATORIO . . . . .	22
RESULTADOS . . . . .	25
DISCUSION DE RESULTADOS . . . . .	47
CONCLUSIONES . . . . .	52
RECOMENDACIONES . . . . .	53
BIBLIOGRAFIA . . . . .	54
APENDICE . . . . .	58

## RESUMEN

En México la creciente industria vitivinícola ha propiciado la implantación de viñedos en suelos calcáreos lo que provoca que las plantas presenten problemas por deficiencia de elementos metálicos como el fierro y el zinc. Para corregir estas deficiencias se realizan aplicaciones de sulfatos de fierro y zinc al suelo, pero debido a las propiedades de éste dichos compuestos se fijan rápidamente y resulta infructuosa la fertilización.

El presente trabajo trata de establecer qué compuesto es el más apto para reducir las deficiencias que en éste tipo de suelo se presentan. Para esto, se efectuó la fertilización de un viñedo establecido en el centro frutícola "Pte. Adolfo López Mateos", en el estado de Guanajuato. El viñedo se dividió en dos parcelas mayores, agregando en una de ellas, quelatos de fierro y zinc directamente al suelo y en la otra se aplicaron sulfatos también de fierro y zinc por asperción al follaje. Posteriormente cada parcela se dividió en pequeñas subparcelas a las que se les asignó un determinado tratamiento. Los 9 tratamientos aplicados se obtuvieron de acuerdo al diseño experimental Plan Puebla II, para dos factores siendo el tratamiento 10 el respectivo testigo.

El análisis físico-químico indicó que éste suelo es adecuado para el cultivo de la vid, aunque posee deficiencias de nutrientes mayores como el nitrógeno y fósforo; y elementos menores como el fierro y el zinc que deben ser incrementados.

Los resultados del análisis foliar indicaron que las aplicaciones de zinc resultaron efectivas cuando se utilizó 15 gr del elemento en forma de EDTA-Zn. En cambio el fierro se incrementó en el follaje cuando se aplicaron cantidades menores de fierro y mayores de zinc, ambos en forma de sulfatos ( $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  y  $\text{Zn SO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ). Sin embargo, el rendimiento no sufrió alteración aparente con ninguna de las aplicaciones.

## INTRODUCCION

La Vid (Vitis vinífera) es una de las 600 especies perteneciente a la familia vitaceae que se distribuye en regiones tropicales y subtropicales principalmente. Planta de cultivo, utilizada en la fabricación de vinos. Su habitat se localiza frecuentemente en zonas donde el suelo se seca con mucha facilidad calentándose pronto y conservando el calor, pero con un cierto grado de frescura (Winkler, 1970). Se adapta fácilmente a una amplia gama de valores de fertilidad del suelo. Es mucho menos exigente que otros cultivos hortícolas en cuanto a los requerimientos de nutrientes del suelo y si la profundidad, textura y condiciones de humedad son favorables la vid sobrevive y produce ganancias - donde otros frutales no prosperan (Tamaro, 1974).

Según Enrríquez(1980), en México el cultivo de la vid ha logrado un gran impulso en épocas recientes debido a su importancia alimenticia, económica y social. Se habla de importancia alimenticia ya que cualquiera de los productos que de ella se obtienen, contienen un alto valor nutritivo y energético ya sea como fruta seca o bien después de su industrialización en forma de jugos, vinos, destilados y pasas. En el aspecto económico su importancia radica en el hecho de ser un cultivo con una alta reeditabilidad, ya que se combina la actividad agrícola con la industrial, lo que propicia buenas ganancias. En lo social su importancia estriba en que existe una gran demanda de mano de obra que es utilizada en la poda, manejo y cosecha lo que se estima en 100 jornales/ha/año - (Enrríquez,1980).

El incremento en la producción de uva, principalmente como abastecedora de materia prima para la industria vitivinícola ha propiciado el aumento considerable de superficies dedicadas a éste cultivo. Existiendo en 1980 una superficie aproximada de 36,500 hectáreas, que producen alrededor de 300,000 toneladas del fruto, con un valor de 1,500'000 000.00 de pesos (CONAFRUT, 1973). Sin embargo, en nuestro país la vid se encuentra establecida en zonas de clima desértico o de clima templado, donde los problemas de escasez y calidad de agua, así como los tipos de suelo existentes, presentan en ocasiones limitantes muy graves para la obtención de una alta producción y el desarrollo de la viticultura (CONAFRUT, 1973).



Los viñedos establecidos en los estados de Aguascalientes, Guanajuato, Querétaro y parte de Zacatecas se caracterizan por presentar plantas con síntomas de clorosis que indican deficiencia en algunos elementos menores o micronutrientes que se cree es inducida por deficiencia de fierro (Fe) (Enríquez, 1980). Otros elementos deficientes en esta zona son el zinc (Zn) y algunas veces el manganeso (Mn) aunque este último resulta de menor importancia ya que generalmente afecta a plantas que por su edad han disminuido su producción notablemente (CONAFRUT, 1973).

Para aliviar estas deficiencias no existe una información adecuada y la aplicación de éste tipo de elementos como fertilizante es relativamente reciente y es por esto que muchos de los esfuerzos realizados por el viticultor la mayoría de las veces resultan infructuosos, ya que en muchos de los casos se utilizan fertilizantes que pueden no ser los más adecuados o bien, la forma en que los suministra a la planta no es la recomendada, debido a las características del medio en que se está desarrollando el viñedo.

Por lo tanto, resulta importante realizar estudios a este respecto, tratando de encontrar alguna solución a los problemas que se presentan cuando estas sustancias no están disponibles en cantidades suficientes para ser aprovechados por la planta. Es por esto que resulta importante realizar estudios al respecto, como el presente trabajo, para tratar de encontrar alguna solución a los problemas que se presentan cuando dichos nutrientes no están disponibles en cantidades suficientes para ser aprovechados por la planta.

El objetivo general de éste estudio fué el de corregir las deficiencias de fierro y zinc en vid (var. Sauvignon blanc), mediante la aplicación de éstos elementos en forma de fertilizante (como sulfatos y como quelatos). Los objetivos específicos fueron:

- 1.- Caracterizar físico-químicamente la zona que ocupa el viñedo.
- 2.- Obtener la dosis de fierro y zinc más adecuada, para que pueda ser mejor aprovechada por la vid (var. Sauvignon blanc).
- 3.- Determinar qué tipo de fertilización (foliar o vascular) resulta más eficiente, para el aprovechamiento de los micronutrientes en éste tipo de suelo.

## REVISION BIBLIOGRAFICA

### LA VID

#### Clasificación botánica de la vid.

La vid pertenece a la familia de las Ampelidáceas o Vitáceas, que comprende once géneros y aproximadamente 450 especies. El género más importante es el Vitis con casi 50 especies conocidas, muchas de las cuales sólo existen en forma silvestre. De éstas 50 especies, 30 son originarias del continente Norteamericano y las demás de Asia Menor. De éste género las especies más importantes son:

Vitis vinífera, originaria de la región occidental de Asia y Europa. Siendo ésta la base de la producción de vinos de calidad.

Vitis rupestris, ciparia, berlemdieri, labrusca, etc., de origen americano, que han servido para la creación de porta-injertos e híbridos productores directos (Salim, 1971).

#### Clasificación según su uso.

Las uvas se clasifican según la finalidad del uso, en cinco variedades, según Salim (1971):

- 1.- Uvas de vino.- Se incluyen las variedades de alta calidad. Para vinos de mesa o secos se utilizan uvas con alta acidez y contenido de azúcar moderado; para vinos dulces, las uvas serán ricas en azúcares y pobres en acidez. Además de azúcares y ácidos, los vinos se distinguen por el bouquet, sabor y equilibrio, características que se logran con el clima en que se cultive la uva. Las mejores variedades de vino de mesa se cultivan en climas fríos y los vinos dulces en climas más calientes.
- 2.- Uvas de mesa.- Es decir para consumo en fresco. Estas uvas deben poseer apariencia atractiva a la vista, bayas de tamaño mediano o grande, sabor agradable y resistencia al transporte y conservación. Las mejores variedades se obtienen en climas templados.

- 3.- Uvas para pasas.- Las características deseadas en éste punto son: bayas de tamaño uniforme, que sequen fácilmente y que después de secadas no sean pegajosas, de sabor agradable y de preferencia sin semilla.
- 4.- Uvas para jugos.- El jugo debe presentar aún después de elaborado y -- pasteurizado el sabor propio de la fruta fresca.
- 5.- Uvas para conservas.- Se utilizan generalmente uvas sin semillas.

#### Requerimientos de la vid.

En general la uva se cultiva entre los 1,520 a 1,980 metros bajo la línea del bosque. Requiere de veranos largos, desde tibios hasta calientes secos e inviernos frescos. Para que madure el fruto es necesario un ciclo de crecimiento prolongado, las partes verdes de la vid se pueden congelar a temperaturas -- abajo de  $-1^{\circ}\text{C}$ , por lo tanto, no soporta las heladas tardías de primavera y las tempranas de otoño. La lluvia se considera conveniente durante la estación de invierno (Winkler, 1970).

En cuanto a su necesidad de nutrimentos, la vid es una planta poco exigente; por un lado debido a que su sistema radicular se encuentra activo durante -- 9 meses y por el otro, debido a que al final de cada ciclo ha habido el retorno de grandes cantidades de hojas y ramas que caen al suelo incorporándose --- (Childers, 1966).

#### MICRONUTRIENTES

Se denominan oligoelementos o micronutrientes a aquellos elementos que son necesarios para la planta en cantidades muy pequeñas. Estos elementos son: hierro (Fe), manganeso (Mn), cobre (Cu), zinc (Zn), molibdeno (Mo), cobalto (Co) y boro (B) los cuales pueden agregarse al suelo en forma de varios compuestos, moderadamente solubles que al encontrarse en el sustrato tienden a convertirse, en su mayor parte, a formas de solubilidad y disponibilidad muy limitada, mucho más que la correspondiente a los cationes más fácilmente canjeables, tales como el calcio (Ca) y el magnesio (Mg) (Jackson, 1970).

La rapidez e intensidad de ésta conversión depende del pH del suelo. El aumento de la acidez del suelo favorece el incremento en la actividad de todos -- los elementos, excepto del molibdeno debido a que, a niveles altos de acidez --

se precipita en forma de  $\text{MoS}_2$  y  $\text{MoO}_3$ . En cambio el aumento del pH por encima de siete, favorece la formación de óxidos, hidróxidos y silicatos, con lo que decrece la actividad de todos ellos, excepto del molibdeno, hasta el punto de originar deficiencias en la planta (Jackson, 1970).

Según Alcalde (1971) existen tres causas principales para que exista deficiencia de algún nutriente:

- a) Falta absoluta del nutriente en el suelo.
- b) Condiciones ambientales que impidan su absorción (temperatura extrema y excesiva humedad).
- c) Exceso de algún elemento antagónico con efectos de fijación o exclusión (P, Ca, Mg, etc.).

Hace notar que las mayores deficiencias, en cuestión de microelementos, se localizan generalmente en regiones áridas y semi-áridas cuyos suelos son alcalinos, o en climas tropicales donde las principales deficiencias que se observan son las de molibdeno, fierro y zinc.

## FIERRO

### A. Importancia del fierro en la planta.

La esencialidad del fierro en el desarrollo de la planta fué demostrada por Grill desde hace más de 100 años (Longoria, 1973).

En la actualidad a pesar de que ya se conocen diversos compuestos orgánicos que contienen al fierro, tales como citocromos, oxidasas, catalasas, etc., es poco lo que se sabe acerca del comportamiento tanto de éstos compuestos, como del fierro en la planta. Sin embargo estos compuestos son fuertemente afectados en su síntesis o degradación, cuando existe alguna deficiencia de fierro (Enrríquez, 1980).

La deficiencia de fierro se realciona principalmente con la clorosis denominada "clorosis férrica". Aunque dicho síntoma podría deberse también a otro tipo de alteraciones metabólicas de naturaleza fisiológica, nutrimental o parasitaria (Enrríquez, 1980).

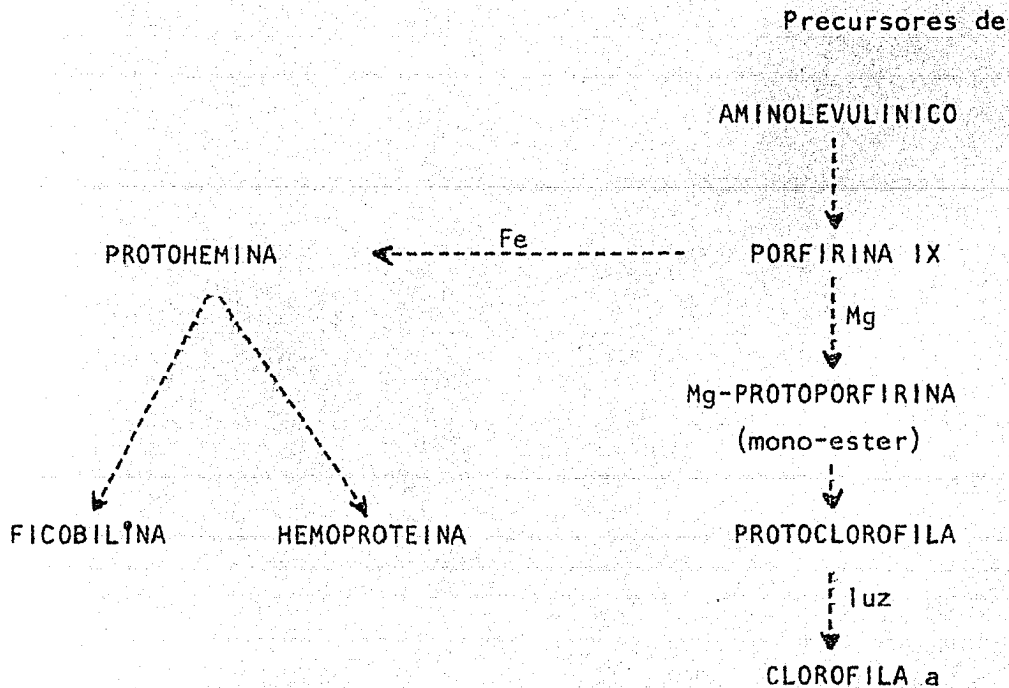
Gifillan y Jones (1968), trabajando con *Macadamia tetraphylla* L. observaron que había una estrecha correlación entre la cantidad de clorofila y el fierro total en las hojas, presentándose la clorosis característica en plantas donde existía deficiencia de fierro. También encontraron que ésta misma situa-

ción se presentaba cuando los individuos se desarrollaban en suelos pobres en manganeso, aunque en menor proporción.

Price (1968) menciona que la clorosis es el primer síntoma que se presenta cuando la planta se desarrolla en un medio deficiente en hierro.

Beal (1978) indica tres sitios en donde puede ser regulada la producción de clorofila (Esquema 1):

- 1o. En la conversión de protoclorofila a clorofila, proceso que requiere de luz.
- 2o. En la inserción metabólica de hierro, para formar los compuestos hemo y hematina y la del magnesio para la síntesis de protoporfirina.
- 3o. En la formación de ácido 5-aminolevulínico. Primer producto intermedio conocido en la síntesis del tetrapirrol y cuyo producto final es la clorofila.



Esquema 1. Regulación de la síntesis de clorofila (Beale, 1978).

Marsh(1963), citado por Alcalde (1971), observó que con deficiencia de hierro se efectuaba un paso inicial en el metabolismo de las porfirinas y que el ácido aminolevulínico se incorporaba más lentamente en la protoporfirina y por tanto en la clorofila.

Oserkowsky (1969) citado por Alcalde(1971), observó que el hierro total en la planta solamente una pequeña parte es realmente efectiva en el proceso de formación de clorofila y a esta fracción la llamó "hierro activo".

Machold y Stephan (1969) citados por Enrríquez (1980), establecieron que la concentración de hierro activo era mucho mayor que la concentración de hierro inactivo en el extracto que obtuvieron de plantas de tomate; y que bajo deficiencia de hierro, existía una acumulación de compuestos precursores de la coproporfirina, siendo el principal el ácido 5- aminolevulínico.

Possingran (1956) y Peur (1961), determinaron que bajo deficiencia de hierro la fracción proteica disminuye beneficiándose los compuestos orgánicos solubles nitrogenados. En arboles frutales Injin observó que el contenido de proteína disminuía a la mitad al existir deficiencia de hierro (Alcalde, 1971). En cambio cuando la clorosis no se produce por falta de hierro existe una acumulación de aminoácidos libres (Dekock y Morrison, 1958).

Según Brown y sus colaboradores (1958), cuando hay deficiencia de hierro existe un aumento de azúcares reductores y ácidos orgánicos, lo que puede deberse a la obstrucción de los citocromos para la transformación de productos metabólicos en el ciclo de Krebs. Tisdale (1970) menciona que el hierro es necesario para la enzima florina que reduce el citocromo-c.

Tratando de dar un panorama general de las alteraciones que sufre la planta en su fisiología, debidas a las deficiencias de hierro Enrríquez (1980) -- presenta la siguiente lista:

- a) Disminución en la formación de cloroplastos.
- b) Disminución en la concentración de DNA por unidad de proteína.
- c) Excreción de riboflavina.
- d) Aumento en actividad de clorofilasa.
- e) Disminución en la actividad de nitrato-reductasa.
- f) Aumento de carboxilatos.
- g) Disminución en la concentración de clorofila.
- h) Acumulación de aminoácidos y aminos.

Aunque los dos últimos puntos no se atribuyen completamente a la deficiencia de hierro, ya que se ha encontrado que la deficiencia en otros nutrimentos puede producir los mismos efectos.

Possingham (1961) indica que a pesar de que en plantas pobres de hierro, - el número de cloroplastos por célula es menor, así como la cantidad de clorofila por cloroplasto, la velocidad de síntesis (fijación de  $\text{CO}_2$ ) sin embargo es igual que en plantas bien nutridas (Enrríquez, 1980).

#### B. Interacción del hierro y otros nutrimentos.

La cantidad de hierro relacionado con las cantidades de otros elementos en muchos casos es más importante que la cantidad de hierro que se encuentra absorbida en los tejidos vegetales (Tisdale, 1970). La importancia de ésta relación radica en el hecho de que el hierro puede ser desplazado por otros elementos (principalmente elementos pesados); o bien éste puede tomar el lugar de algún otro catión. Por lo que existe la posibilidad de que la interacción de éste con los otros elementos pueda impedir que el hierro llegue hasta la planta (Enrríquez, 1980).

##### Interacción Hierro-Fósforo.

Gran cantidad de estudios muestran que un exceso de fósforo propicia la aparición de clorosis férrica, debido a las restricciones en la absorción y traslocación del hierro (Brown, 1961).

Rediske y Biddulph (1953) citados por Alcalde (1971), observaron que la precipitación del hierro en forma de fosfatos puede ocurrir no sólo a nivel del sustrato, sino también en los vasos de conducción de la planta.

Watanabe y colaboradores (1965) mencionan que la clorosis férrica inducida se encuentra a niveles normales del elemento, en la hoja. Sin embargo la relación fósforo/hierro es mayor en plantas que presentan la clorosis.

Olsen (1972) indica que poco es lo que se conoce acerca de los mecanismos por los cuales se presenta la interacción hierro-fósforo y por ello recomienda realizar más estudios a nivel molecular y celular, para comprender mejor el fenómeno.

##### Interacción Hierro-Manganeso.

Somers y Shive (1942) encuentran que los síntomas por exceso de manganeso -

son similares a los que se presentan por deficiencia de fierro. Por lo que concluyen que el fierro y el manganeso sufren interacciones en sus funciones metabólicas y que la actividad fisiológica de uno se ve afectada por la concentración del otro.

Sideris y Young (1949) citados por Alcalde (1971), vieron que cuando la relación manganeso/fierro es alta en el medio nutritivo se favorece la deficien-  
cia de fierro, o sea que el manganeso puede no sólo disminuir la absorción del  
fierro por su acción concurrente, sino que puede restringir la actividad o efi  
ciencia enzimática del fierro. El exceso de manganeso va a provocar que las u-  
niones que normalmente se saturan con fierro sean llenadas con manganeso. Y si  
el fierro es el que se encuentra en exceso, entonces éste tomará el lugar del  
manganeso en las enzimas específicas para éste, según Anderson y Evans (1958).  
Esto podría suponer que la deficiencia de uno y toxicidad de otro serían equi-  
valentes. Sin embargo Burghardt (1956) citado por Enrríquez (1980), encontró-  
que los aspectos de ambos fenómenos son diferentes..

Leach y Toper (1954) observaron que la relación manganeso/fierro óptima -  
es diferente en cada especie y que además la sintomatología por deficiencia de  
fierro se presentó a valores bajos de la relación y la toxicidad por manganeso  
se encontró con valores altos de la misma (Morvedt, 1972).

Sout y colaboradores citados por Foy (1978), mencionan que el aluminio ate  
núa el efecto por manganeso, reduciendo la relación manganeso/fierro por íncre  
mento del fierro en las plantas.

Agarwala (1977) reporta una disminución de proteína soluble en plantas de-  
ficientes en fierro y con exceso de manganeso, también indica que la disminu-  
ción de clorofila por exceso de manganeso, se amortigua con altas concentra  
ciones de fierro. Foy y sus colaboradores en 1978, señalan que la capacidad del  
fierro para disminuir los efectos por toxicidad de manganeso en las plantas, -  
varía mucho, según la especie.

#### Interacción Fierro-Metales Pesados.

Hewitt (1968) citado por Enrríquez (1980), señala que metales pesados como  
el cobre, zinc, cadmio, cobalto y cromo, también tienen efectos similares al  
del manganeso en las funciones metabólicas del fierro y que el grado de severi  
dad de la clorosis férrica inducida se relaciona estrechamente con las constan  
tes de estabilidad de los complejos metal-quelatos, a excepción del cadmio. Lo



anterior puede deberse a la inhibición en la actividad del sistema fierro-quelatasa, el cual se encarga de realizar la inserción de fierro ferroso dentro de la protoporfirina, inhibición causada por competencia de la enzima.

Deckock (1956) encontró que la existencia de otros metales pesados propicia la deficiencia de fierro, en el siguiente orden:



#### C. Sintomatología por deficiencia de fierro.

El principal síntoma por deficiencia de fierro es la disminución en el contenido de clorofila, llamado "clorosis férrica" (Alcalde, 1971).

La clásica clorosis férrica consiste en un amarillamiento progresivo en la parte laminar de la hoja permaneciendo verde los tejidos de conducción y zonas adyacentes. Si la deficiencia es mayor las hojas pueden llegar a presentar zonas necróticas que son fáciles de desprender (Enrríquez, 1980).

Wallham (1968) citado por Enrríquez, indica que bajo deficiencia severa de nitrógeno o de algún otro elemento, la deficiencia de fierro no se puede diferenciar debido a los diversos grados de clorosis inducidos por la severidad de la otra deficiencia.

#### D. Prácticas para corrección de fierro.

Tomando en cuenta que las deficiencias de fierro se presentan principalmente bajo condiciones de pH alcalino se ha intentado corregir ésta deficiencia mediante la aplicación de materiales acidificantes como el azufre ( $\text{S}_2$ ) y ácido sulfúrico ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ), obteniéndose algunos resultados inconsistentes. García y Vázquez (1979) señalan que la aplicación de azufre en un suelo alcalino logró cierto descenso del pH y el análisis foliar de sorgo cultivado en éste suelo reveló mayores cantidades de elementos tales como el nitrógeno, calcio, magnesio, fierro y zinc. García y Romo (1980) en un trabajo de invernadero y utilizando materiales orgánicos además de azufre encontraron resultados positivos no sólo en la disminución del pH y el incremento de micronutrientes en el follaje sino que también se detectaron algunas posibilidades para el aumento en el rendimiento de la zanahoria.

Sin embargo las cantidades necesarias para lograr éste fin son muy grandes, debido al alto poder amortiguador del suelo. Por otra parte las reacciones que se producen aumentan el contenido de sales del suelo, las cuales de no ser la-

vadas pueden afectar el crecimiento de los cultivos (Chapman, 1966).

Otro compuesto utilizado para éste tipo de deficiencias ha sido el sulfato de fierro ( $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ) aplicado al nivel de la raíz, aunque en éstos casos también se requirió de grandes cantidades que resultan incosteables y que sólo proporcionan un cierto éxito ya que éste producto se insolubiliza fácilmente (Chapman, 1966).

Corrección por asperción al follaje.

De la efectividad de asperciones al follaje nos dice Chapman (1966) que se obtienen respuestas diversas, de acuerdo al producto y la especie que se esté tratando.

Wallace y sus colaboradores en 1957 sugieren algunas ventajas de la aplicación foliar sobre la aplicación del fierro al suelo:

- 1.- Eliminación de reacciones complicadas en el suelo.
- 2.- Se elimina la necesidad de que el componente tenga que mobilizarse dentro de la raíz.
- 3.- Se obtiene una respuesta más rápida al fierro aplicado,

y algunas desventajas:

- 1.- Una mayor posibilidad de toxicidad por el elemento.
- 2.- Su limitación al follaje.
- 3.- La necesidad de realizar nuevas aplicaciones.

Richardson (1967) trabajando con aplicaciones de fierro en sorgo encontró que las asperciones foliares daban buen resultado. Sin embargo, en casos de se vera deficiencia no eran efectivas.

Corrección por aplicación de quelatos.

La formación natural de quelatos de elementos minerales en el suelo, especialmente metales pesados es un proceso de gran importancia en la nutrición de la planta. En fechas recientes se han desarrollado agentes quelatantes especiales para ser aplicados en suelos calcáreos, los cuales poseen una mayor estabilidad a pHs elevados (Longoria, 1973).

Nicholas (1961) citado por Alcalde (1971), observó que la planta puede to

mar al fierro no sólo en forma oxidada o reducida sino también como quelato de fierro. Otra posibilidad, es que la planta forme sus propias sustancias quelatantes las cuales atraparán los iones fierro y los llevarán dentro de la misma, según Bollar, 1960.

Brown y Tiffin, (1960) mencionan que sólo una parte del fierro total, que se aplica como quelato logra llegar a la raíz como un complejo, ya que el quelato se disocia en fierro y quelatante al llegar a la raíz.

Una planta deficiente en fierro tiene suficientes quelatos nativos que extraen el fierro del quelato aplicado. En éste caso la absorción de fierro es mayor a la absorción de quelato (Alcalde, 1971). Pero si al ser absorbido el nutriente el quelato no se combina con ningún otro ión (Ca y Mg) éste se aglomera en la superficie de la raíz y puede entrar en competencia con la planta para tomar el nutriente. La molécula de quelato puede actuar sobre el fierro o sobre el calcio en función del pH del medio, es decir a mayor quelato de fierro menor cantidad de calcio en la hoja (Chapman, 1965). Mortell (1957) y Lindsey (1967) reportan que puede existir competencia entre el fierro y el calcio por el quelato aún dentro de la misma planta.

## ZINC

### A. Importancia del zinc en la planta.

El zinc resulta esencial para el crecimiento normal de casi todas las especies, siendo requerido en cantidades tan pequeñas como las del boro (Schneider, 1960).

Valle y Wacke (1957) encontraron que el zinc es un componente esencial para varias deshidrogenasas, proteinasas y peptidasas. Algunas de éstas deshidrogenasas son muy sensibles a las deficiencias de zinc. Price (1962) considera que el zinc actúa en el metabolismo del nitrógeno ya que es activador de algunas peptidasas. Nason y colaboradores (1953) citados por Alcalde (1971), mencionan que la deficiencia de zinc asemeja una deficiencia de nitrógeno, en cierto modo.

Skoog (1940) asoció la deficiencia de zinc con las deficiencias de auxinas y Nason en 1951 encontró que bajo deficiencia de zinc disminuye la síntesis de ácido indolacético, ambos citados por Morvedt, (1972).

Hofner (1957) citado por Alcalde (1971), indica que con un adecuado abaste

cimiento de zinc se favorece la síntesis de triptófano y siendo éste un compuesto previo al ácido indolacético entonces el zinc influye en la formación de hormonas en la planta.

Price (1966) citado por Mortvedt (1972), encontró que la deficiencia de zinc causa una disminución del nivel de RNA y del contenido de ribosomas en la célula. Indica que si se comprueba que el zinc es un componente esencial en la estabilidad del citoplasma ribosomal se podría tener las bases suficientes para conocer la esencialidad del zinc en el crecimiento y desarrollo normal de la planta.

Hofner (1957) observó que bajo deficiencia de zinc la oxidación del sistema cistina-cisteína se restringe y existe una acumulación de grasas y cuerpos fenólicos en la célula (Alcalde, 1971).

Price (1962) reporta que bajo deficiencias de zinc se restringe la formación del RNA y con esto la formación de proteínas; aumentando la glucosa, el nitrógeno no proteico y el DNA (Mortvedt, 1972).

#### B. Interacción del zinc con otros elementos.

Al igual que sucede con el hierro es muy importante conocer cómo interactúa el zinc con otros elementos localizados en el sustrato o bien en la planta (Tisdale, 1970).

##### Interacción Zinc-Fósforo.

Según Olsen en 1972 cuando el zinc interactúa con el fósforo pueden presentarse cuatro fenómenos:

- 1.- La interacción en el suelo produce formaciones de fosfato de zinc (compuesto con muy poca solubilidad), lo que ocasiona que exista muy poco zinc disponible para la planta.
- 2.- La interacción es de efecto antagónico por lo que un exceso de fósforo produce disminución en la traslocación de zinc, de la raíz hacia arriba.
- 3.- Cuando la planta reacciona a las aplicaciones de fósforo existe un crecimiento que producirá una dilución y deficiencia de zinc en la planta.
- 4.- La presencia del fósforo en la planta puede provocar un desorden metabólico en sus células, debido al desvalance entre el zinc y

el fósforo o a la interferencia de éste último, en exceso, sobre el metabolismo del zinc. Aunque no se ha podido determinar exactamente ésta interferencia.

Stucken (1966) encontró que existían cambios importantes en la concentración de zinc en las hojas, nudos y entrenudos del maíz si se aplicaban 5 ppm de fósforo (Mortvedt, 1972).

Millikan (1963) mostró que cuando se disminuía la cantidad de zinc existía un aumento de la relación fósforo/zinc, en la planta lo que sugiere que el zinc es importante para la utilización del fósforo.

#### Interacción Zinc-Nitrógeno.

Se han reportado las aplicaciones de nitrógeno como una posible causa de deficiencia de zinc en plantas de cítricos. Ozanne (1955) sugiere que al aumentar el nitrógeno se retiene el zinc en la raíz formando proteínas complejas, lo que propicia que exista una deficiencia de zinc en lo alto de la planta. Sus experimentos los realizó siempre a un pH estable.

Otros experimentos indicaron que el efecto del nitrógeno en la concentración del zinc, en la planta se ve también afectada por el pH del suelo y el crecimiento de la misma. Viets y colaboradores (1957) citado en Enríquez (1980), encontraron que el pH tiene un mayor efecto en la concentración del zinc que en el crecimiento de la planta. Boawn y colaboradores (1960) determinaron que éste efecto no se puede generalizar para todo tipo de cultivo ya que no se presentó cambio alguno al trabajar con caña de azúcar.

#### Interacción Zinc-Fierro.

La función metabólica del fierro en la planta se relaciona de alguna manera con el suplemento de zinc. Watanabe y colaboradores (1965) encontraron que con altos niveles de zinc se presentaba clorosis por deficiencia de fierro a cualquier nivel de fósforo, desapareciendo los síntomas al aumentar la cantidad de fierro. Esto nos dice que para un buen crecimiento de la planta se requiere de un determinado balance entre éstos dos micronutrientes. Sin embargo no se conoce el mecanismo entre el fierro y el zinc, si el fierro reducido se forma al final de un proceso, entonces el zinc soluble podría estar compitiendo por los agentes quelatantes o en otras reacciones, pero es imposible que el zinc compita con el citrato de fierro.

Ambler y Brown (1969) citados por Mortvedt (1972), trabajando con frijol encontraron que los síntomas por deficiencia de zinc se presentaban principalmente al haber niveles bajos de fierro y fósforo. Brown y Tiffin (1962) encon-

traron que la adición de zinc causó una clorosis férrica en maíz y mijo pero no en otras plantas. Además el incremento de fósforo acentuó la deficiencia de fierro y zinc. Jackson (1967) vió que al adicionar zinc se incrementó el crecimiento de la planta y se presentó una reducción de fierro. Además la existencia de otros factores limitantes como el fósforo y el pH, los niveles de fierro fueron bajos y la adición de zinc produjo poca variación en el contenido de fierro.

Walnock (1970) midiéndo la relación entre fósforo y deficiencia de zinc en maíz y la concentración y movilidad de fierro y manganeso en la planta, encontró que el maíz presentaba altas concentraciones de fierro en las hojas y el tallo cuando existían deficiencias de zinc, de igual manera sucedía con el manganeso aunque en menor grado. Es decir, que existe una relación inversa entre la relativa movilidad de éstos dos elementos y el zinc (Mortvedt, 1972).

#### C. Sintomatología por deficiencia de zinc.

Adan (1978) cita algunos síntomas por deficiencia de zinc:

- 1.- Crecimiento insuficiente (enanismo).
- 2.- Caída prematura de las hojas.
- 3.- Disminución de la producción de fruto.
- 4.- Frutos mal formados.
- 5.- Hojas mal formadas.
- 6.- Decoloramiento en las hojas.
- 7.- Acortamiento de los internudos de los tallos.

Bould y sus colaboradores (1949) citan los síntomas principales en arboles frutales, indicando que la frondosidad es generalmente muy pobre y existe formación de hojas pequeñas en forma de lacetas. A menudo las hojas se ordenan a manera de rosetas y el crecimiento de las ramas es restringido, con brotes o retoños que mueren y se desprenden prematuramente (Alcalde, 1971).

Gartel (1962) menciona que en vid las hojas presentan manchas amarillas en los campos intercostales y los brotes son generalmente delgados. Thopson y Weier (1962) agregan a ésta sintomatología la disminución en la apertura de los brotes florales (Alcalde, 1971).

Baeyens (1970) indica que la sensibilidad a la carencia de zinc varía bas-

tante en cada especie. Los cítricos, la judía, el lúpulo, lino, maíz, ricino, y la vid son muy sensibles y cualquier variación les afecta. La alfalfa, cebolla, papa, sorgo, tomate y trébol rojo son medianamente sensibles. Por último los menos sensibles son el espárrago, avena, trigo, zanahoria, cebada, centeno y el guisante. Según él, si existe un exceso de zinc la planta puede presentar una pigmentación roja en el peciolo además de clorosis.

#### D. Prácticas para corrección de zinc.

Las deficiencias de zinc se presentan generalmente en suelos calcáreos orgánicos y frecuentemente en suelos inundados. También se reportan efectos adversos por exceso de temperatura (Mortvedt, 1972).

Para aliviar la deficiencia de zinc el primer tratamiento que se utilizó intensivamente fué el de sembrar alfalfa en la huerta. En Washington donde se empezaron a detectar síntomas debidos a la falta de zinc, se realizó la siembra de alfalfa, lo cual dió resultados positivos siempre y cuando dicha legumbre no fuera eliminada. El análisis químico ha sugerido que los arboles asociados con alfalfa contienen un poco más de zinc que los que se encuentran en el mismo suelo pero sin alfalfa (Chandler, 1947).

Sim embargo, en otros distritos dicho tratamiento no resultó muy efectivo y algunas veces sólo retardó la muerte del árbol.

Otro método que se ha utilizado es el de clavar en el tronco del árbol piezas de fierro galvanizadas o cubiertas de zinc. Obteniéndose buenos resultados con duración de más de seis años. Sin embargo no se conoce realmente cuál es la duración del efecto benéfico en el árbol, ni tampoco se sabe si el resultado obtenido sea igual para todos los arboles. Por otra parte ésta forma de incorporación de zinc se ha utilizado en casos muy especiales como el de la nuez regia, la cual presentó menor respuesta a los tratamientos (Chandler, 1947).

#### Corrección con Sulfatos.

La aplicación de 200 o 300 libras por acre de sulfato de zinc en el suelo es suficiente para mantener sanos los arboles durante dos o tres años o más. Aunque existe el problema de que algunos suelos tienen un alto poder de fijación para el zinc, pudiendo suceder que sean necesarias dosis de hasta 2,000 libras por acre (Chandler, 1947).

La cantidad de sulfato de zinc puede ser disminuída si se aplica en surcos

alrededor del tronco a uno o dos pies del árbol. De ésta manera la cantidad de suelo que fije el zinc será menor. Otra forma de disminuir la cantidad agregada es aplicarlo junto con alguna sustancia ácida ( $\text{FeSO}_4$ ,  $\text{CaSO}_4$  y  $\text{AlSO}_4$ ). En cambio la disponibilidad del zinc se verá disminuida si se aplica junto con algún sulfato de amonio, de potasio o bien algún superfosfato. La curación con sulfato de zinc dura sólo de tres a cuatro años antes de volver a aparecer los síntomas de deficiencia. Por ello se recomiendan aplicaciones periódicas cada cuatro años aproximadamente, aunque no son las más eficientes (Chandler, 1947).

#### Corrección por asperción.

El tratamiento que parece ser más efectivo, al menos en almendro, chabacano, durazno y ciruelo, es el de aplicar por medio de asperciones el sulfato de zinc en solución en la época de hibernación, es decir antes de que la planta retoñe. Por ejemplo, los nuevos retoños de un árbol caen antes del año y se puede aplicar 50 libras de sulfato en 100 galones al año. La utilización de este tipo de tratamiento dá por resultado brotes sanos y hojas normales, no lográndose con ningún otro tratamiento. Si el sulfato de zinc se aplica sobre el follaje junto con cal dá buenos resultados, excepto en especies deciduas, especialmente si las hojas han completado su crecimiento (Chandler, 1947).

#### Corrección por aplicación de quelatos.

El uso de quelatos de zinc es otra posibilidad para aliviar las deficiencias de éste elemento. El zinc EDTA es el componente de uso más frecuente, aplicado al suelo.

Se ha encontrado que tanto el durazno como el cerezo respondieron positivamente a la aplicación de quelatos. Sin embargo, el manzano no presentó respuesta. También se observó que fué mayor la respuesta de éstos frutales con la aplicación de quelatos en el suelo que la obtenida por asperciones de sulfato de zinc (Mortvedt, 1972).

Holden y Brown (1965) citados por Mortvedt, comparan las respuestas a diferentes compuestos inorgánicos y al EDTA-Zn, encontrando que éste último logró un efecto mayor en alfalfa que el sulfato, en un suelo neutro. En uno calcáreo el incremento con el quelato fué seis veces mayor que el del sulfato.

Anderson (1967), trabajando en suelos calcáreos concluyó que existía una buena respuesta a rangos más bajos de quelatos que de sulfatos (1.12 Kg/ha de



EDTA-Zn contra 3.36 Kg/ha de zinc en forma de sulfatos). Sin embargo, estudios con maíz en Kansas, en cultivos hidropónicos realizados por Gaviron y colaboradores (1968), encontraron que el quelato incrementaba el zinc de los tejidos sólo en concentraciones de  $2.0 \mu\text{M}$  de zinc, pero en concentraciones de  $0.5 \mu\text{M}$  el incremento fué igual con quelato que con sulfato (Mortvedt, 1972).

## MATERIAL Y METODOS

### LOCALIZACION Y DESCRIPCION DE LA ZONA,

El centro frutícola "Pte. Adolfo López Mateos", lugar donde se llevó a cabo el trabajo de campo, se encuentra ubicado en el municipio de San Luis de la Paz, Edo. de Guanajuato (mapa 1). Localizado a los 21°81' latitud norte y 100°33' latitud oeste, a 2100 msnm. El clima predominante es de tipo BS<sub>1</sub>Kw -- (semiseco templado con lluvias en verano, según Koppen modificado por Enriquetta) (DETENAL, 1976). Ubicado en una planicie muy extensa cuyo suelo es de tipo vertisol pelvico, poco profundo y compacto hacia la parte más profunda (Cisneros. 1973), presenta una hidrología formada por arroyos que bajan en épocas de lluvias. DETENAL (1976), reporta para esta zona, agricultura de temporal. Sin embargo, en el centro frutícola se ha logrado la practica de riego por inundación (aunque los canales construidos para este propósito disminuyen su nivel al máximo en épocas de sequía). La vegetación nativa del lugar esta representada por matorral desertico micrófilo (DETENAL, 1976). En el centro frutícola se ha logrado el cultivo de árboles frutales tales como el manzano, durazno, membrillo, vid, ciruelo y chabacano.

### METODOLOGIA DE CAMPO.

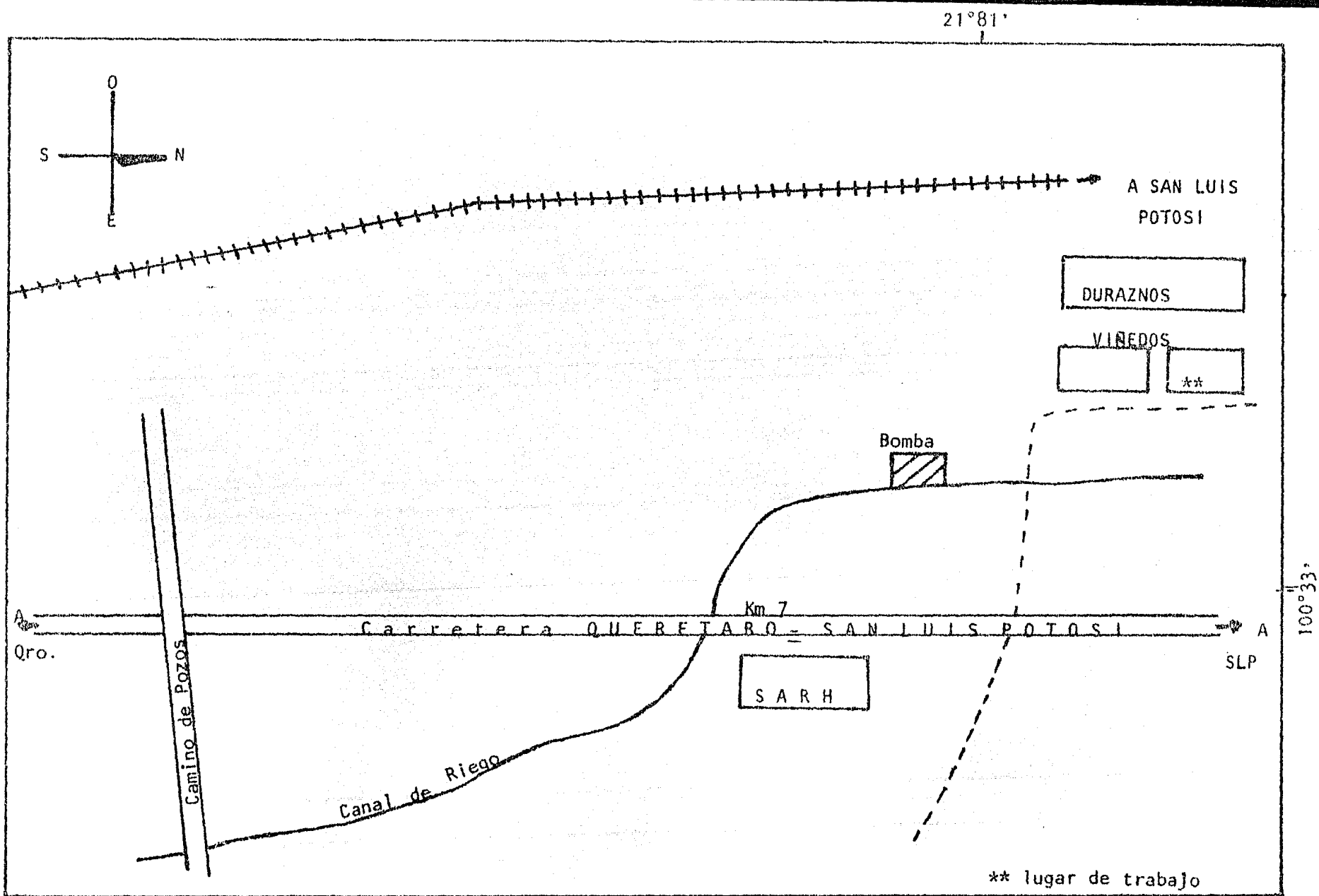
La superficie en que se estableció el presente trabajo abarca una extensión de dos hectáreas de donde se tomo unicamente un cuarto de hectárea aproximadamente. Las plantas utilizadas pertenecian a la variedad Sauvignon blanc. En dicha superficie se realizó un muestreo de suelo, previo a la fertilización, para lo cual se tomaron muestras de este a profundidades de 0-30, 30-60 y 60-90 cms, en la totalidad del terreno.

Posteriormente se llevó a cabo la fertilización, distribuyendo los tratamientos de acuerdo al diseño experimental de Parcelas Divididas (Cockran en 1974). En donde las parcelas mayores o principales representan el tipo de aplicación que se realizo, es decir:

A) En forma sólida, aplicado directamente al suelo.

B) En solución, por medio de aspersiones en el corte de la poda.

Las parcelas pequeñas o subparcelas representan los diferentes tratamien-



MAPA 1.- Localización de los viñedos pertenecientes al centro frutícola " Pte. Adolfo López Mateos". En el Edo. de Guanajuato

tos de fierro y zinc que se aplicaron. Cada subparcela constaba de tres individuos o parras y cada tratamiento fué aplicado con dos repeticiones. (figura 9 del apéndice).

Los tratamientos utilizados se obtuvieron de acuerdo a la matriz experimental Plan Puebla II, para dos factores (Turrent, 1975) (ver apéndice). Conforme a ésta matriz se obtuvieron nueve tratamientos más el testigo; y en base al espacio de exploración (fig. 10), 10 a 20 g por parra del elemento (Fe y Zn), lo que equivale a 19-39 kilogramos por hectárea de estos elementos.

Las dosis utilizadas para cada nutriente en cada uno de los tratamientos fueron las siguientes:

Tratamientos	Fierro	Zinc
No.	(gr/parra)	(gr/parra)
1	13.50	13.50
2	13.50	16.50
3	16.50	13.50
4	16.50	16.50
5	15.00	15.00
6	10.50	13.50
7	19.50	16.50
8	13.50	10.50
9	16.50	19.50
10	00.00	00.00

Estas dosis fueron las mismas para fertilizantes en forma de quelatos y en forma de sulfatos tomando en cuenta que se está hablando de los elementos en forma de fierro y zinc y no de sulfatos y quelatos.

Los quelatos fueron aplicados en forma sólida, esparciéndolos en un surco hecho al nivel de la raíz. Mientras que los sulfatos se disolvieron en agua, utilizando dos litros de agua por cada tres parras, para ser aplicados por aspersión (Laird, 1963).

Los fertilizantes utilizados para aplicación directa al suelo (quelatos) fueron el EDTA-Zn al 55% y el EDTA-Fe al 63%. Los que se aplicaron por aspersión (sulfatos) fueron el  $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$  al 36% y el  $FeSO_4 \cdot 7H_2O$  al 30%. La aplicación de estos se efectuó una sola vez a finales del invierno, en época de po-

da.

Posteriormente se realizaron muestreos mensuales del follaje, para cada tratamiento. Al final se tomó una muestra del fruto, registrandose el rendimiento de cada subparcela. Para el muestreo del follaje se tomó de entre la cuarta y quinta hoja de cada rama. Estas se transportaron al laboratorio para su análisis.

El fruto muestreado se llevó al departamento de Normalización e Inspección Frutícola, donde se realizó el análisis correspondiente a la calidad del fruto (análisis físico-químico).

#### METODOLOGIA DE LABORATORIO.

##### Análisis de suelo.

- Densidad aparente.- Se obtuvo mediante la relación peso/volumen del suelo (Allison, 1974).
- Densidad real.- Se utilizó el método del picnómetro, saturando los espacios ocupados por el aire, con agua destilada (Allison, 1974).
- Espacio poroso.- Determinado por medio de las densidades, real y aparente (Allison, 1974).
- pH del suelo.- Se midió directamente, utilizando un potenciómetro Beckman con electrodo de vidrio, en una suspensión de suelo:agua a 1:2.5 (Jackson, 1970).
- Conductividad eléctrica.- Se leyó directamente en un puente de conductividad marca Philips PR-9501, en el extracto de saturación (Jackson, 1970).
- Textura.- Por el método de Bouyoucos, utilizando un hidrómetro y en base a diferentes densidades de las partículas (Millar, 1979).
- Materia orgánica.- Por el método de Walkley y Black, por vía húmeda. Se produjo una oxidación con  $K_2Cr_2O_7$  en un medio ácido y el exceso del reactivo se tituló con  $FeSO_4$  (Jackson, 1970).
- C.I.C.T.- Se saturó con acetato de amonio, posteriormente se destiló según Kjeldahl y por último se tituló con ácido sulfúrico el amoniaco desplazado con cloruro de potasio (Black ed, 1965 y Allison, 1974).
- Nitrógeno total.- Se utilizó el método de Kjeldahl, que incluye la descomposición de compuestos orgánicos por digestión con ácido sulfúrico y catalizadores formando sulfato de amonio, compuesto que desprende el amoniaco a una

solución de ácido bórico, para ser valorado con una solución de ácido sulfúrico valorado (Jackson, 1970).

- Nitratos.- Se extrajo con acetato de sodio 1N y se determinó por fotocolorimetría, utilizando brucina y ácido sulfúrico. Se utilizó curva patrón  $\text{NO}_3\text{-N}$  (Black ed., 1965).
- Cuantificación de fósforo.- Se utilizó el método Olsen, para suelos calcáreos. Se extrajo con bicarbonato de sodio a pH 8.5, el color se obtuvo con el molibdato y se determinó por fotocolorimetría. Se empleó curva patrón  $\text{PO}_4\text{-P}$  (Jackson, 1970).
- Cationes intercambiables (Ca, Mg y K).- Se extrajeron con acetato de amonio a pH 7 los cationes extraíbles y de la pasta de saturación se obtuvieron los cationes solubles. Ambos se leyeron en un aparato de absorción atómica-Perkin Elmer 503 (Black, 1965). Por diferencia de ambos cationes extraíbles menos solubles se obtuvieron los cationes intercambiables (Allison, 1974).
- Cuantificación de sodio.- Se extrajo con acetato de amonio y se determinó en el aparato de absorción atómica (Black, 1965).
- Carbonatos, bicarbonatos y cloruro.- Se extrajeron por saturación del suelo con agua. Se coloreó con fenoftaleína a los carbonatos, después a los bicarbonatos con anaranjado de metilo y en ambos casos se tituló con ácido sulfúrico valorado. Por último, los cloruros se colorearon con cromato de potasio y se tituló con nitrato de plata (Allison, 1974 ; Chapman, 1979).
- Sulfatos.- Se obtuvieron de la pasta de saturación y se determinaron por fotocolorimetría, mediante la formación de cloruro de bario. Se utilizó curva patrón  $\text{S-SO}_4$  (Allison, 1974).
- Cuantificación de boro,- Se extrajo en solución acuosa y se cuantificó por fotocolorimetría, utilizando curcumina. Se cuantificó con la ayuda de curva patrón estandar (Jackson, 1970).
- Cuantificación de micronutrientes.- Se extrajeron con acetato de amonio bajo las siguientes condiciones:

Elemento	pH	Relación suelo-solución	Tiempo de agitación
Fe	4.8	1 : 4	30 mins
Zn	4.6	1 : 2	6 hrs
Cu	4.8	1 : 2	1 hr
Mn	7.0	1 : 10	6 hrs

posteriormente se cuantificaron en el aparato de absorción atómica (Lugo, -- 1980).

#### Análisis del follaje.

- Humedad.- Se deseco en una estufa a 55°C y por diferencia de pesos se determino la cantidad de agua contenida en las hojas (Chapman, 1979).
- Macro y micronutrientes (K, Ca, Mg, Na, Fe, Zn, Cu, Mn).- Se quemó la muestra hasta ceniza y se extrajo con ácido clorhídrico 10N, posteriormente se cuantificó en el aparato de absorción atómica Perkin Elmer 503 (Chapman, -- 1979).

## RESULTADOS

En el experimento se obtuvieron dos tipos de resultados, en primer lugar los que corresponden al análisis físico-químico del suelo que sostiene el viñedo; y posteriormente los resultados que muestran la respuesta de la planta a las aplicaciones del fertilizante.

### Análisis Físico-Químico del suelo.

Para lograr el diagnóstico completo del sustrato en el cual se encontraba establecido el viñedo en estudio, se estructuraron cinco cuadros que presentan las características principales del suelo.

En el cuadro 1 se muestra el análisis mecánico del suelo, donde podemos observar que en general la textura de este es franca y que presenta cantidades de arcilla bajas.

CUADRO 1.- Resultados del análisis mecánico del suelo muestreado en el centro frutícola " Pte. Adolfo López Mateos", - los datos representan la media de 5 repeticiones.

Profundidad (cm)	Densidad aparente	Porosidad (%)	Arena (%)	Limo (%)	Arcilla (%)	Textura
00-30	1.19	43.30	41	34	25	Franca
30-60	1.10	45.20	39	34	27	Franca
60-90	1.08	45.80	36	36	28	Franca

En el cuadro 2 se presenta el análisis de salinidad del suelo, en donde se detecta que existen rangos bajos de cationes así como de aniones, con un pH básico en todos los niveles y una conductividad menor de uno. También existe, al final de el cuadro, el mismo análisis pero para ciertos depósitos blanquesinos encontrados en algunas de las muestras.



CUADRO 2.- Resultados del análisis de salinidad del suelo, efectuado en la solución del mismo. Los datos representan las medias de 5 repeticiones.

Prof. (cm)	pH	C.E. mmhos	Ca <sup>++</sup> meq/l	Mg <sup>++</sup> meq/l	Na <sup>+</sup> meq/l	K <sup>+</sup> meq/l	Total cationes	CO <sub>3</sub> <sup>-</sup> meq/l	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> meq/l	Cl <sup>-</sup> meq/l	SO <sub>4</sub> <sup>=</sup> meq/l	Total aniones	RAS	PSI (%)
00-30	8.5	0.58	0.842	0.267	3.33	0.346	4.785	0.15	1.58	0.46	2.28	4.47	4.4	5.07
30-60	8.4	0.64	0.674	0.325	3.20	0.320	4.518	0.30	1.66	0.56	2.30	4.82	4.5	5.14
60-90	8.4	0.65	0.806	0.428	3.87	0.393	5.497	0.30	1.58	0.18	2.24	4.30	4.9	5.67
ACUMULACIONES BLANQUESINAS														
60-90	8.5	0.75	1.680	0.332	3.78	0.249	6.040	0.45	2.92	0.15	3.28	6.80	3.7	4.16

RAS Relación de sodio absorbido.

PSI Porciento de saturación de sodio.

En el cuadro 3, el análisis de los cationes intercambiables señala valores máximos para los cumulos blanquesinos. La capacidad de intercambio catiónico varía poco, de 32 a 38 y el porcentaje de saturación de bases va de 80 a 86% siendo menor en las acumulaciones blanquesinas (71%).

En el cuadro 4, el análisis de fertilidad nos indica pH básico en los 3 niveles, la materia orgánica va de 1.6 a 2.6 por ciento. el nitrógeno total presenta valores muy bajos de 0.07 a 0.09 % y el fósforo tiene un rango de 2.0 a 3.0 ppm.

En el cuadro 5, el análisis de micronutrientes presentes en el suelo, nos indica que todos ellos disminuyen conforme aumenta la profundidad, sin que la variación sea muy alta.

#### Análisis foliar y del fruto.

En los cuadros 6 y 7 se encuentra el análisis de elementos mayores contenidos en el follaje de la vid. En el cuadro 6 para tratamientos con sulfatos y en el cuadro 7 para tratamientos con quelatos. Sin embargo, en ninguno de los dos cuadros se encuentra una diferencia significativa que pueda deberse a los tratamientos aplicados. También se puede ver que para los cuatro macronutrientes (calcio, magnesio, sodio y potasio) el valor más alto pertenece al testigo, sin importar el tipo de fertilizante que se haya utilizado.

El análisis para los elementos menores se encuentra contenido en los cuadros 8 y 9. El cuadro 8 pertenece a los tratamientos con sulfatos y el cuadro 9 a los tratamientos con quelatos. En éste caso si se presentan algunos datos diferentes. Para el cuadro 8 encontramos un valor máximo en el fierro con el tratamiento 2 mientras que para el tratamiento 4 se detecta un mayor contenido de manganeso. En cambio en el cuadro 9 la cantidad de fierro es mayor con el tratamiento 4 y el manganeso y zinc son más altos con el tratamiento número 5.

Los análisis de varianza para el fierro, zinc y manganeso se presentan en los cuadros del 14 al 16 del apendice donde se detecta una alta significancia en la variación de estos elementos, debida a los tratamientos y el tipo de aplicación utilizado en la fertilización.

En la figura 1 se muestra el análisis gráfico de estos mismos elementos, donde podemos observar puntos máximos para el zinc, con el tratamiento 5 utilizando quelatos y otro para el tratamiento 4 con sulfatos. Estos puntos máximos pertenecen al manganeso.

En el cuadro 10 y también en el 11 encontramos los datos referentes a las características físico-químicas del fruto. En el cuadro 10 los datos pertenecen a parras tratadas con sulfatos y no se observa ninguna variación importante para ningún parámetro. En el cuadro 11 los datos pertenecen a las parras tratadas con quelatos y aquí tampoco se presentan variaciones importantes.

En el cuadro 12 se presenta el rendimiento, tanto para tratamientos con sulfatos como los de quelatos. Aquí únicamente se ve una ligera variación con el tratamiento 8 de quelatos, aumentando de 1.47 Ton/Ha para el testigo, a 3.17 Ton/Ha.

Las figuras 2 y 3 muestran el contenido de fierro y zinc en el follaje, respectivamente. En estas figuras si podemos observar más claramente la variación que se detectó en los cuadros 8 y 9 donde se presentaban los datos de micronutrientes o elementos menores que había tomado la planta. Variaciones que pueden confirmarse ya que en el análisis de varianza de estos elementos (cuadros 14 y 15) se presenta una alta significancia debida a tratamientos.

Las figuras 5 a la 8 muestran como varía el contenido de fierro y el de zinc en el follaje cuando se mantiene una dosis constante de zinc en forma de quelato y se varía la de fierro (figura 5), o bien se mantiene constante la dosis de fierro y se varía la de zinc (figura 6), también en forma de quelato. La figura 7 muestra que efectos se logran cuando se realizan variaciones en el zinc agregado y mantenemos constante el fierro, ambos en forma de sulfatos y la figura 8 muestra que pasa si se varía la cantidad de fierro y se mantiene constante la de zinc, en forma de sulfatos.

CUADRO 3.- Análisis de cationes intercambiables y por ciento de saturación de bases del suelo. Los datos representan las medias de 5 repeticiones.

Prof. (cm)	Ca <sup>++</sup> meq/100	Mg <sup>++</sup> meq/100	Na <sup>++</sup> meq/100	K <sup>++</sup> meq/100	suma de cationes	C.I.C.T	PI-Ca (%)	PI-Mg (%)	PI-Na (%)	PI-K (%)	PS-Bases (%)
00-30	12.30	3.36	11.10	1.11	27.87	34.60	35.55	9.7	9.87	3.2	80.5
30-60	18.06	3.27	7.86	1.12	30.31	35.35	51.08	9.2	7.86	3.1	85.7
60-90	19.76	2.17	9.54	1.37	32.84	38.09	51.87	5.6	9.54	3.6	86.2
ACUMULACIONES BLANQUESINAS											
60-90	23.00	2.51	10.80	1.25	36.31	32.68	70.38	7.6	33.04	3.8	mayor de 100

C.I.C.T. Capacidad de intercambio catiónico total

PI-Ca Por ciento de calcio intercambiable.

PI-Na Por ciento de sodio intercambiable.

PS-Bases Por ciento de saturación de bases.

PI-Mg Por ciento de magnesio intercambiable

PI-K Por ciento de potasio intercambiable.

CUADRO 4.- Resultados del análisis de fertilidad del suelo, en el que los cationes intercambiables han sido convertidos a Kg/Ha. Los datos representan las medias de 5 repeticiones.

Profundidad (cm)	pH	M.O. (%)	N <sub>total</sub> (%)	NO <sub>3</sub> (ppm)	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (ppm)	Ca-int (Kg/Ha)	Mg-int (Kg/Ha)	Na-int (Kg/Ha)	K-int (Kg/Ha)
00-30	7.8	2.67	0.094	4.43	3.05	3015	840	2775	217.5
30-60	8.1	2.13	0.073	2.21	2.22	4515	818	1965	280.0
60-90	8.0	1.62	0.073	4.43	2.08	4940	543	2385	342.5

M.O. Materia orgánica

CUADRO 5.- Resultados obtenidos en el análisis de micronutrientes del suelo. En el centro frutícola " Pte. Adolfo López Mateos". Los valores se obtuvieron de 5 repeticiones, siendo estos datos las medias.

Profundidad (cm)	Hierro (ppm)	Manganeso (ppm)	Cobre (ppm)	Zinc (ppm)	Boro (ppm)
00-30	5.0	1.84	0.32	0.46	0.16
30-60	3.85	1.54	0.54	0.38	0.16
60-90	1.70	1.56	0.44	0.29	0.08

CUADRO 6.- Análisis de elementos mayores contenidos en el follaje de parras tratadas con sulfatos de fierro y zinc. Los datos son el promedio de 4 muestreos con dos repeticiones.

Trat. No.	FERTILIZANTE APLICADO		Calcio (%)	Magnesio (%)	Sodio (%)	Potasio (%)
	Fe(gr/parra)	Zn(gr/parra)				
1	13.50	13.50	0.85	0.28	0.07	0.64
2	13.50	16.50	1.07	0.28	0.08	0.57
3	16.50	13.50	0.81	0.22	0.07	0.63
4	16.50	16.50	0.89	0.21	0.08	0.66
5	15.00	15.00	1.01	0.23	0.07	0.55
6	10.50	13.50	0.85	0.24	0.07	0.72
7	19.50	16.50	0.86	0.29	0.12	0.55
8	13.50	10.50	0.79	0.23	0.09	0.57
9	16.50	19.50	0.81	0.23	0.06	0.69
10	00.00	00.00	1.18	0.33	0.09	0.57

No hay diferencia significativa para ningún tratamiento.

CUADRO 7.- Análisis de elementos mayores contenidos en el follaje de parras tratadas con quelatos de fierro y zinc. Los datos son el promedio de 4 muestreos con dos repeticiones.

Trat. No.	FERTILIZANTE APLICADO		Calcio (%)	Magneŝio (%)	Sodio (%)	Potasio (%)
	Fe(gr/parra)	Zn(gr/parra)				
1	13.50	13.50	0.77	0.37	0.06	0.87
2	13.50	16.50	0.80	0.33	0.07	0.60
3	16.50	13.50	0.90	0.39	0.05	0.68
4	16.50	16.50	0.88	0.30	0.06	0.62
5	15.00	15.00	0.77	0.38	0.09	0.77
6	10.50	13.50	0.90	0.28	0.05	0.59
7	19.50	16.50	0.78	0.27	0.06	0.47
8	13.50	10.50	0.87	0.46	0.06	0.50
9	16.50	19.50	0.91	0.27	0.05	0.77
10	00.00	00.00	1.01	0.38	0.06	0.82

No hay diferencia significativa para ningun tratamiento.



CUADRO 8.- Análisis de elementos menores contenidos en el follaje de parras tratadas con sulfatos de fierro y zinc. Los datos son el promedio de 4 muestreos con 2 repeticiones.

Trat. No.	FERTILIZANTE APLICADO		Fierro (ppm)	Manganeso (ppm)	Cobre (ppm)	Zinc (ppm)
	Fe(gr/parra)	Zn(gr/parra)				
1	13.50	13.50	28.34	73.68	9.19	9.41
2	13.50	16.50	43.28*	68.15	9.90	12.78
3	16.50	13.50	28.97	62.06	8.41	10.59
4	16.50	16.50	38.22	83.97*	10.59	10.43
5	15.00	15.00	32.18	65.31	9.16	10.65
6	10.50	13.50	38.88	58.59	8.13	14.00
7	19.50	16.50	31.94	69.34	9.88	15.63
8	13,50	10.50	25.00	51.13	10.38	7.69
9	16.50	19.50	37.07	63.84	10.22	11.25
10	00.00	00.00	33.38	59.19	9.06	13.25

\* valores significativos para algún tratamiento.

CUADRO 8.- Análisis de elementos menores contenidos en el follaje de parras tratadas con sulfatos de fierro y zinc. Los datos son el promedio de 4 muestreos con 2 repeticiones.

Trat. No.	FERTILIZANTE APLICADO		Fierro (ppm)	Manganeso (ppm)	Cobre (ppm)	Zinc (ppm)
	Fe(gr/parra)	Zn(gr/parra)				
1	13.50	13.50	28.34	73.68	9.19	9.41
2	13.50	16.50	43.28*	68.15	9.90	12.78
3	16.50	13.50	28.97	62.06	8.41	10.59
4	16.50	16.50	38.22	83.97*	10.59	10.43
5	15.00	15.00	32.18	65.31	9.16	10.65
6	10.50	13.50	38.88	58.59	8.13	14.00
7	19.50	16.50	31.94	69.34	9.88	15.63
8	13,50	10.50	25.00	51.13	10.38	7.69
9	16.50	19.50	37.07	63.84	10.22	11.25
10	00.00	00.00	33.38	59.19	9.06	13.25

\* valores significativos para algún tratamiento.

CUADRO 9.- Análisis de elementos menores contenidos en el follaje de parras tratadas con quelatos de fierro y zinc. Los datos son el promedio de 4 muestreos con dos repeticiones.

Trat. No.	FERTILIZANTE APLICADO		Fierro (ppm)	Manganeso (ppm)	Cobre (ppm)	Zinc (ppm)
	Fe(gr/parra)	Zn(gr/parra)				
1	13.50	13.50	34.88	53.00	6.44	7.56
2	13.50	16.50	27.84	59.41	9.00	8.41
3	16.50	13.50	25.75	54.44	8.72	8.09
4	16.50	16.50	40.00*	61.22	7.72	7.88
5	15.00	15.00	36.51	73.22*	5.77	16.18*
6	10.50	13.50	33.25	43.33	10.31	7.16
7	19.50	16.50	39.44	63.56	8.75	8.53
8	13.50	10.50	28.81	60.63	9.88	8.28
9	16.50	19.50	24.93	67.90	8.23	10.25
10	00.00	00.00	30.28	63.88	8.38	10.47

\* valores significativos para algún tratamiento.

CUADRO 10.- Datos promedio de 3 repeticiones del análisis físico-químico, del fruto, en parras tratadas con sulfatos de fierro y zinc (vía foliar). No se detectó - variación importante en ninguno de los parámetros.

Trat. No.	FERTILIZANTE APLICADO		Peso de baya (gr)	Diámetro baya (cm)	sólidos solubles (%)	% Acidez	Peso de racimo (gr)	Long. racimo (cm)	Diámetro ecuatorial (cm)
1	13.50	13.50	1.77	1.30	20.30	1.37	99.43	11.71	5.85
2	13.50	16.50	1.78	1.33	21.00	1.38	90.73	8.16	7.27
3	16.50	13.50	1.67	1.37	21.00	1.55	82.05	11.50	6.00
4	16.50	16.50	1.63	1.32	20.70	1.35	93.67	10.53	6.03
5	15.00	15.00	1.50	1.32	20.20	1.32	84.19	8.67	8.48
6	10.50	13.50	1.85	1.31	19.60	1.32	115.03	12.40	6.30
7	19.50	16.50	1.70	1.36	21.30	1.25	77.23	9.45	9.15
8	13.50	10.50	1.77	1.28	19.50	1.25	102.78	8.25	7.83
9	16.50	19.50	1.71	1.25	21.20	1.35	81.83	10.33	5.28
10	00.00	00.00	1.87	1.27	21.10	1.31	61.43	11.92	6.32

CUADRO 11.- Datos promedio de tres repeticiones del análisis físico-químico, del fruto, en parras tratadas con quelatos de fierro y zinc (vía vascular). No se detectó variación importante en ninguno de los parámetros.

Trat. No.	FERTILIZANTE APLICADO		Peso de baya (gr)	Diámetro baya (cm)	sólidos solubles (%)	% Acidez	Peso de racimo (gr)	Long. racimo (cm)	Diámetro ecuatorial (cm)
1	13.50	13.50	1.75	1.30	21.70	0.54	105.99	9.98	8.97
2	13.50	16.50	1.53	1.30	22.40	1.16	94.70	11.41	6.45
3	16.50	13.50	1.53	1.23	21.10	1.21	71.48	11.46	5.65
4	16.50	16.50	1.85	1.33	22.00	1.08	115.25	13.65	6.58
5	15.00	15.00	1.75	1.31	21.10	0.88	104.08	12.62	6.25
6	10.50	13.50	1.52	1.29	19.60	1.35	59.31	9.18	6.03
7	19.50	16.50	1.73	1.29	22.06	1.16	75.12	6.75	7.55
8	13.50	10.50	1.88	1.32	20.50	1.14	141.33	13.76	7.55
9	16.50	19.50	1.69	1.32	20.50	1.35	108.25	13.36	5.82
10	00.00	00.00	1.71	1.25	21.10	0.92	84.85	11.28	7.83

CUADRO 12.- Respuesta del fruto a las aplicaciones de sulfatos y quelatos de Fe y Zn, representada por el rendimiento obtenido en cada subparcela y convertido a toneladas por hectárea. Los datos son la media de 3 repeticiones.

Trat. No.	DOSIS APLICADAS (a)		REND. CON SULFATOS (Ton/Ha)	REND. CON QUELATOS (Ton/Ha)
	Fe(gr/parra)	Zn(gr/parra)		
1	13.50	13.50	1.90	1.78
2	13.50	16.50	1.78	1.12
3	16.50	13.50	1.79	1.16
4	16.50	16.50	2.56*	2.07
5	15.00	15.00	1.04	1.65
6	10.50	13.50	1.84	1.04
7	19.50	16.50	1.21	1.16
8	13.50	10.50	2.51	3.17*
9	16.50	19.50	1.77	1.71
10	00.00	00.00	2.03	1.47

(a) Las dosis indicadas fueron iguales para sulfatos y quelatos, sólo que los sulfatos se aplicaron disueltos en agua, como se indica en la metodología

\* El valor más alto.

FIG. 1.- Elementos menores (Mn, Fe, Zn y Cu) cuantificados en el análisis foliar de parras tratadas con quelatos (derecha) y sulfatos (izquierda) de Hierro y Zinc. Estos resultados son el valor medio - de 4 muestreos con 2 repeticiones.

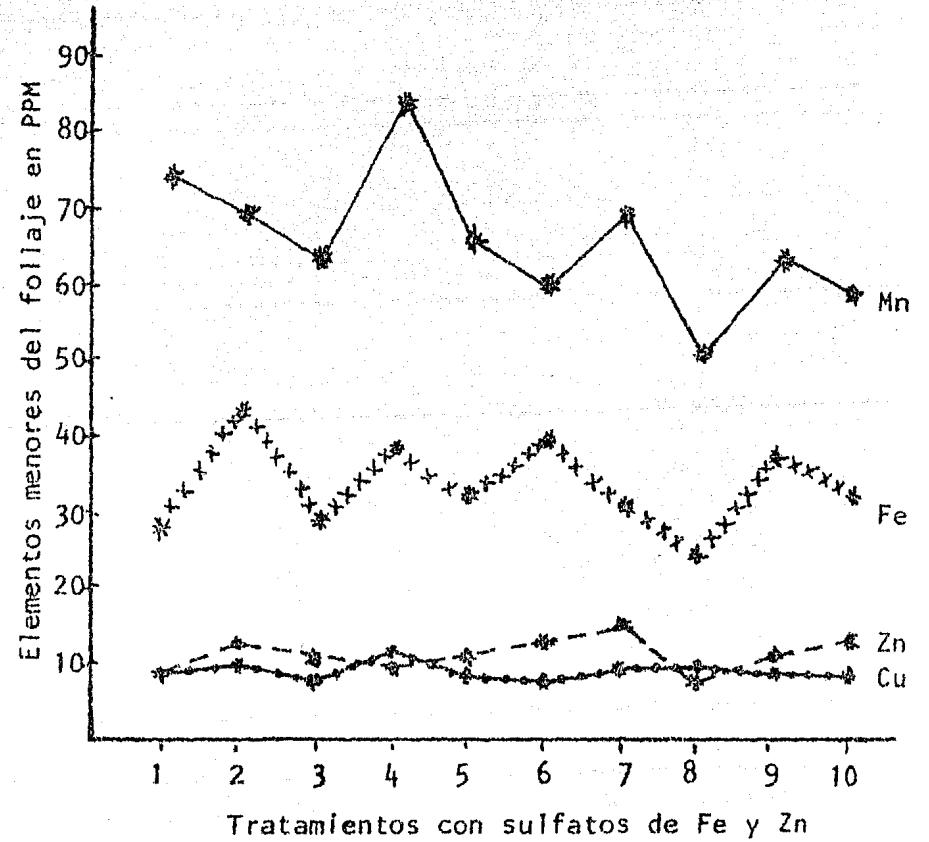
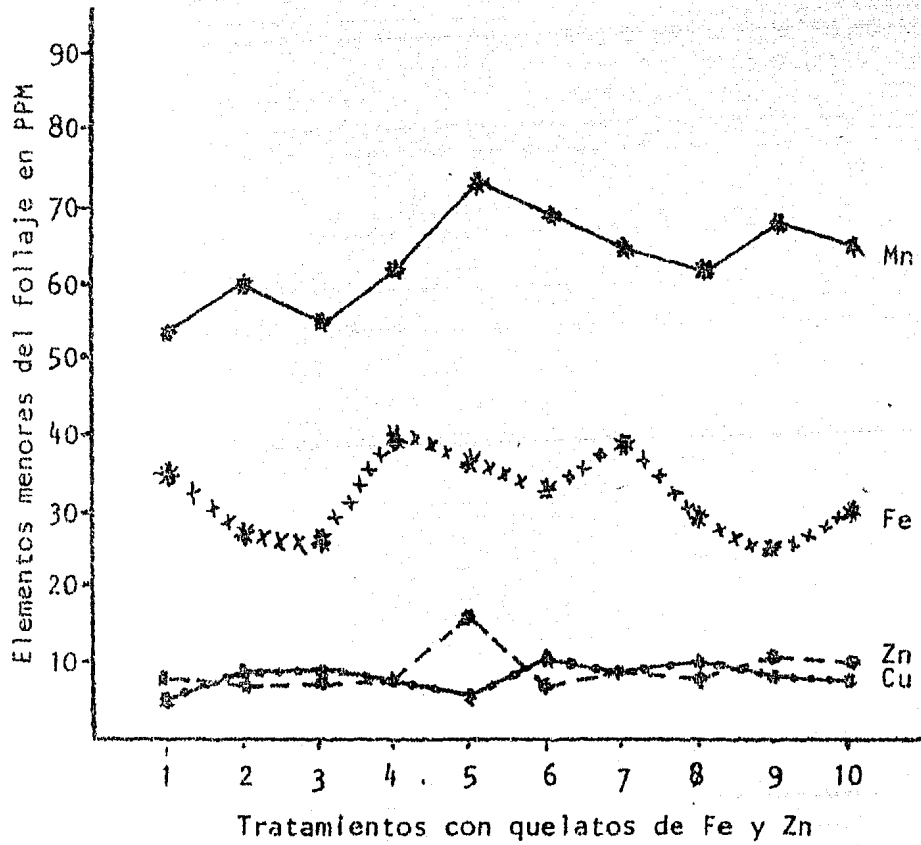


FIG. 2.- Fierro contenido en el follaje de parras tratadas con sulfatos (izquierda) y quelatos (derecha) de fierro y zinc. Las barras representan el valor medio de 4 muestreos con 2 repeticiones.

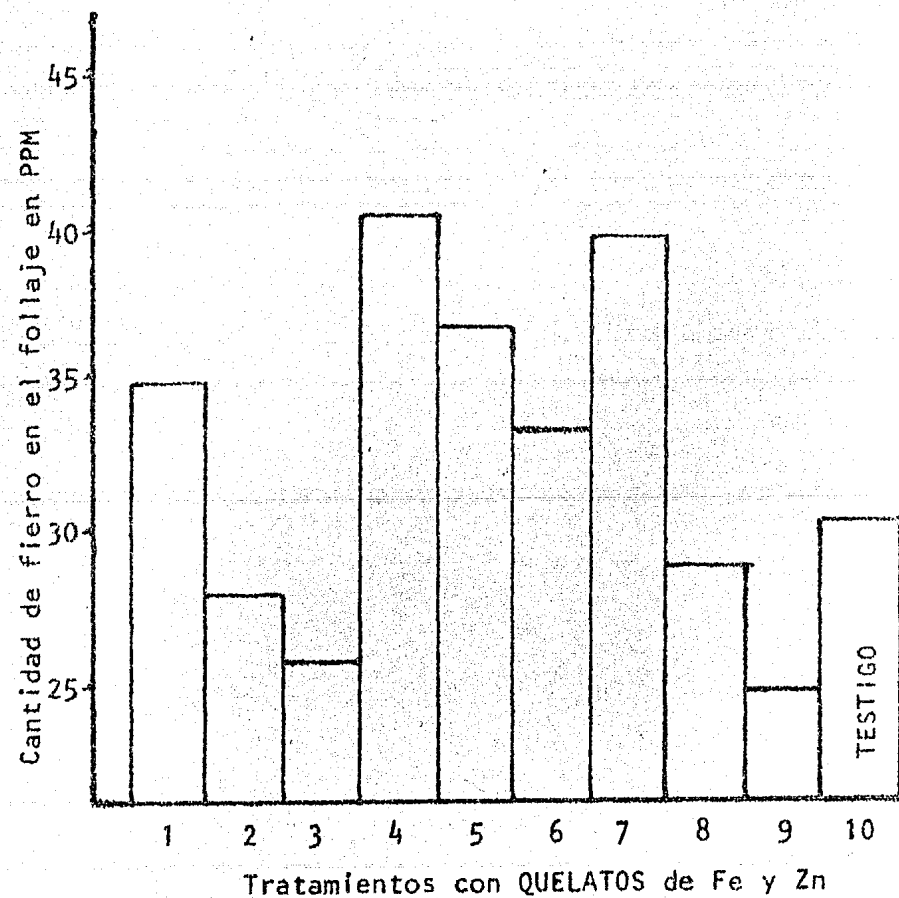
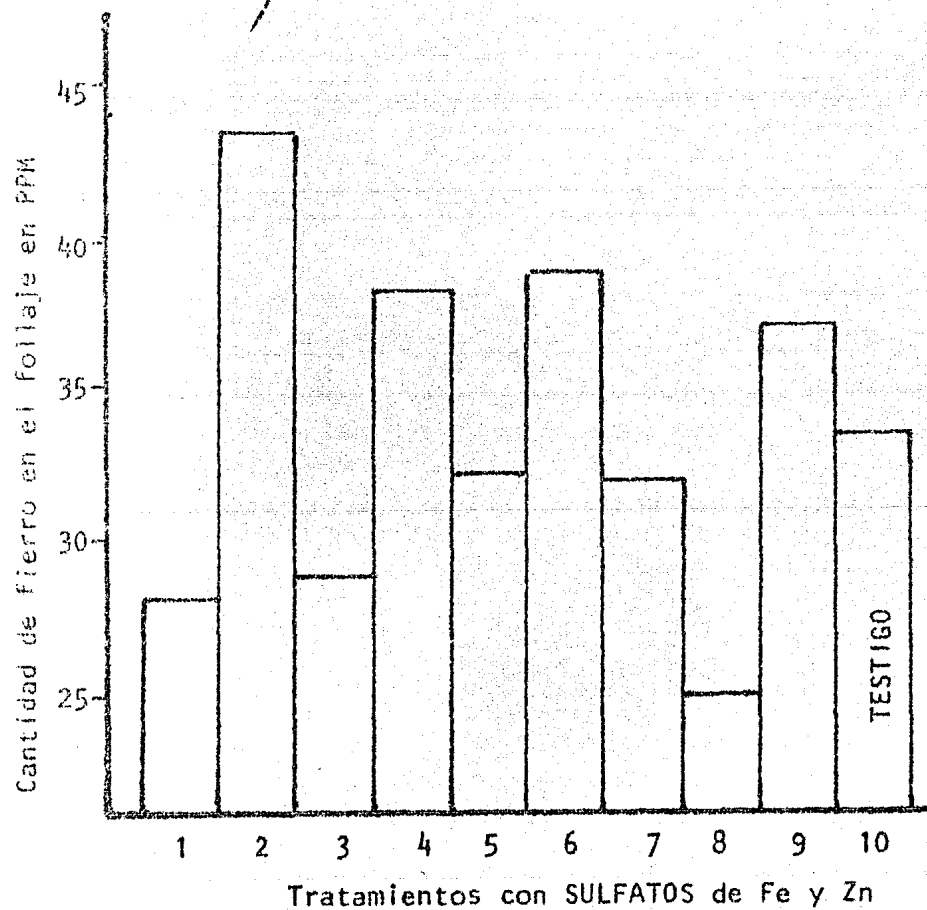




FIG. 4.- Respuesta de la vid (var. Sauvignon blanc) a varios tratamientos de fertilización con fierro y zinc, aplicados en forma de sulfatos (izquierda) y de quelatos (derecha), Las barras representan la media de 4 muestreos con 2 repeticiones.

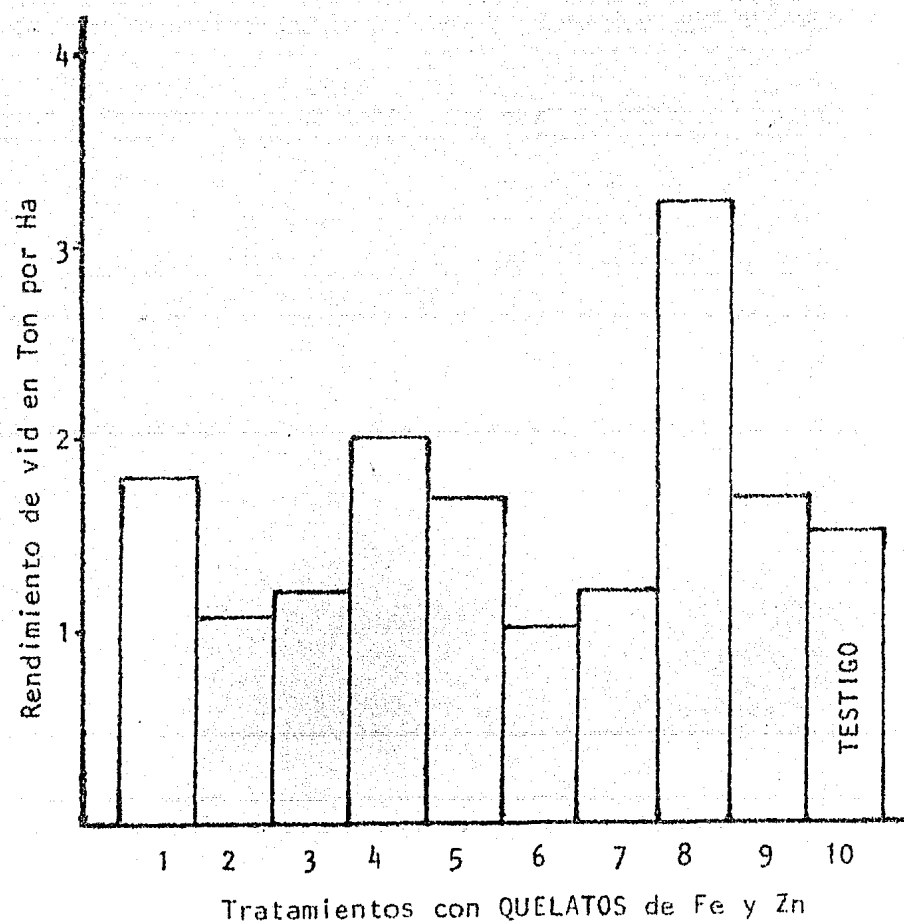
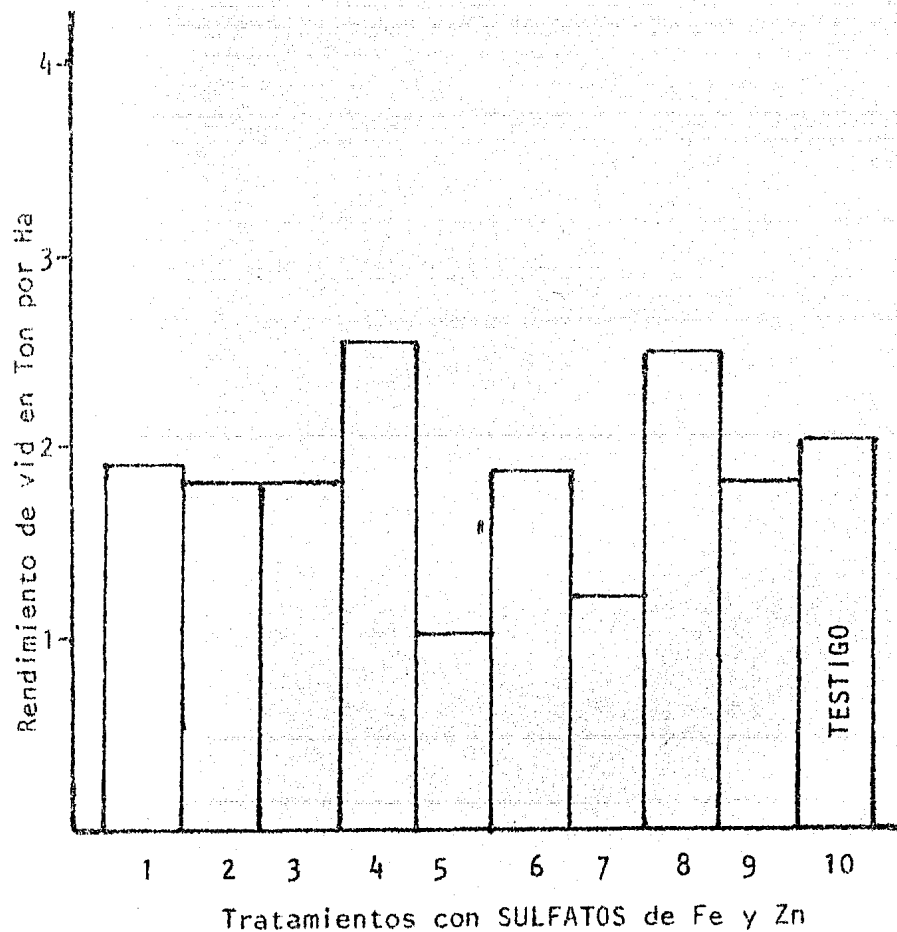
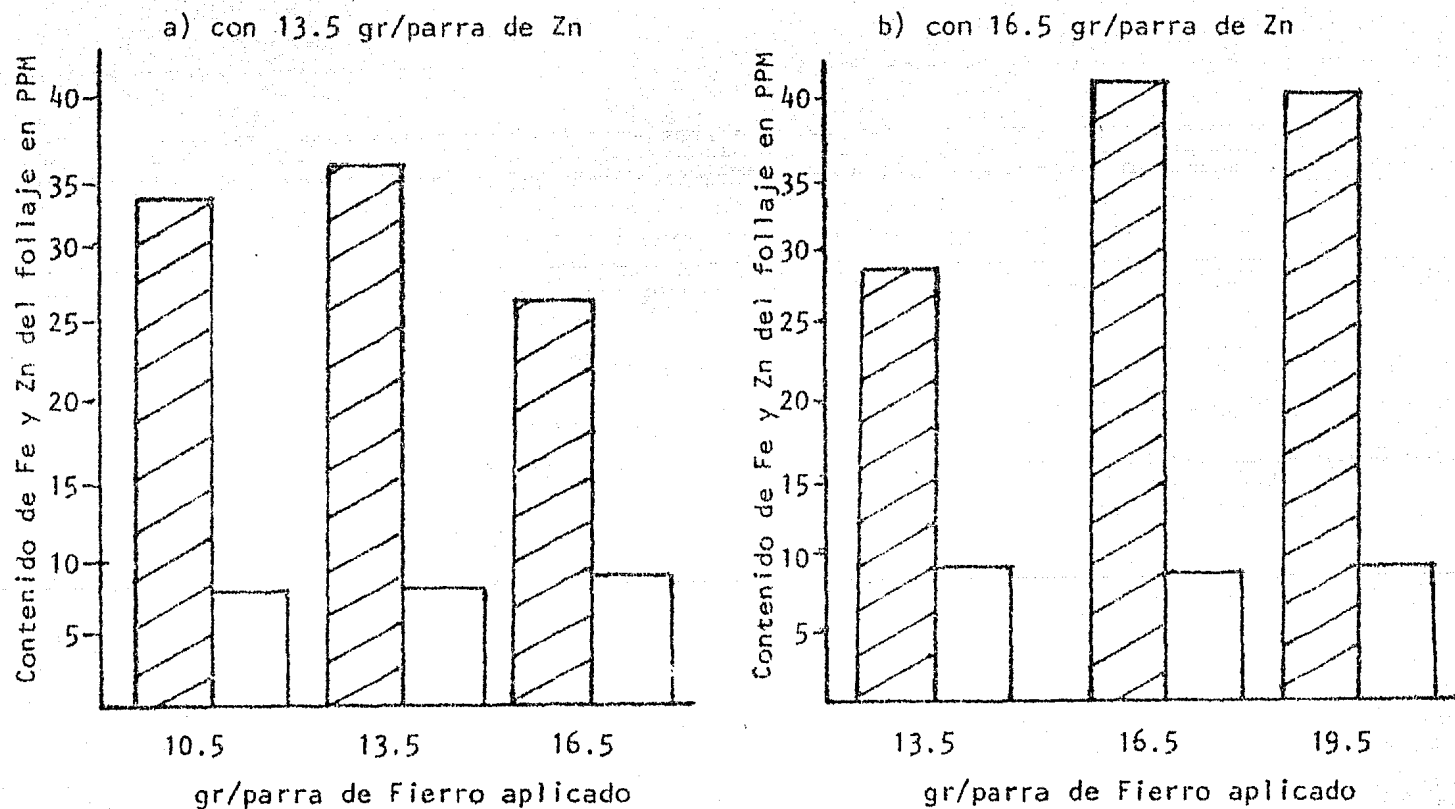


FIG. 5.- Respuesta de la planta a diferentes dosis de fierro. En a) con una dosis baja de zinc y en b) con una dosis alta de zinc. Ambos elementos aplicados como quelatos. Las barras representan la media de 4 muestreos con 2 repeticiones.





 Fierro contenido en el follaje  
 Zinc contenido en el follaje

FIG. 6.- Respuesta de la planta a diferentes dosis de zinc. En a) con una dosis baja de fierro y en b) con una dosis alta de fierro. Ambos elementos - aplicados en forma de quelatos. Las barras representan la media de 4 - muestreos con 2 repeticiones.

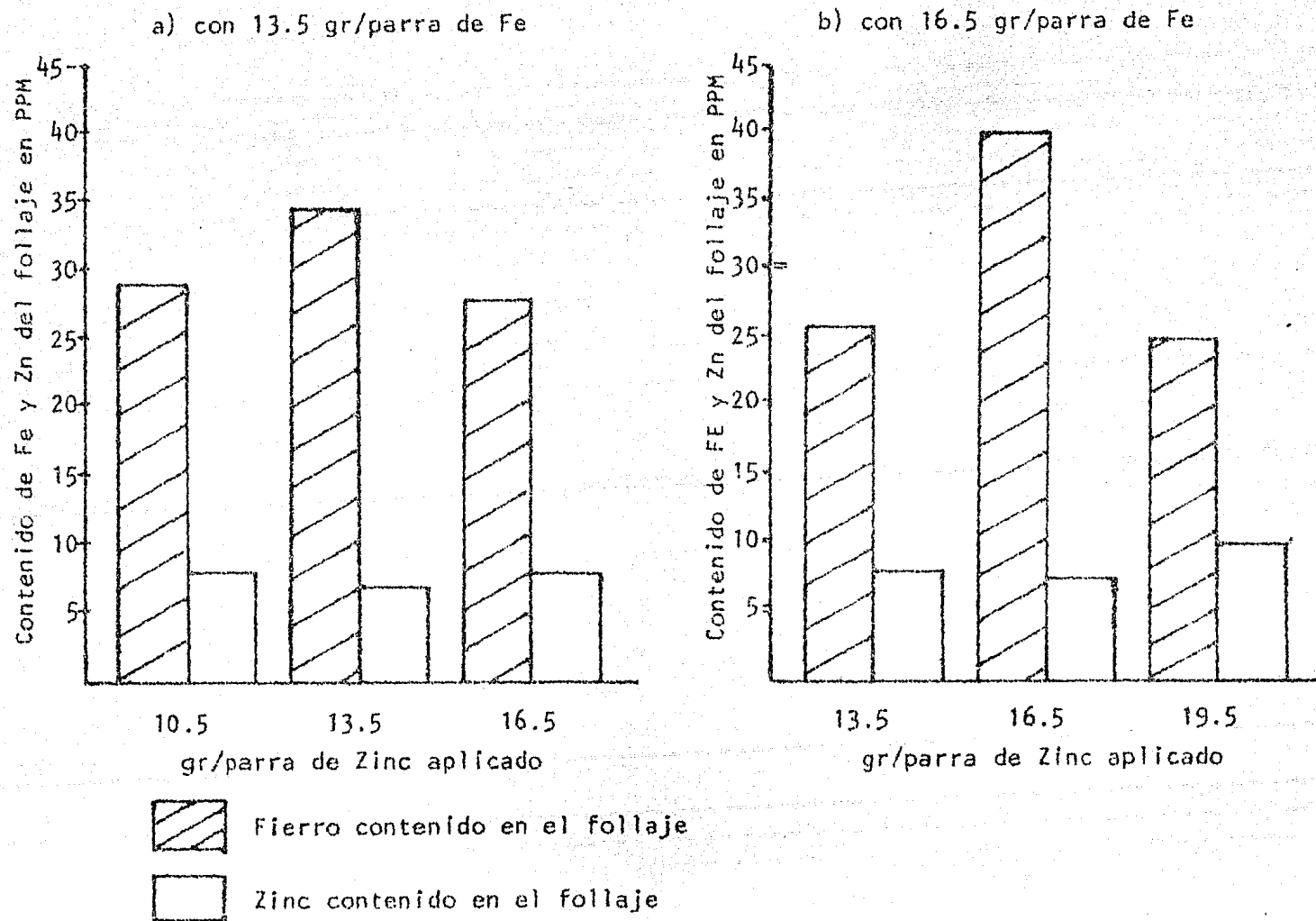


FIG. 7.- Respuesta de la planta a diferentes dosis de zinc. En a) con una dosis baja de fierro y en b) con una dosis alta de fierro. Ambos elementos - aplicados en forma de Sulfatos. Las barras representan la media de 4 - muestreos con 2 repeticiones.

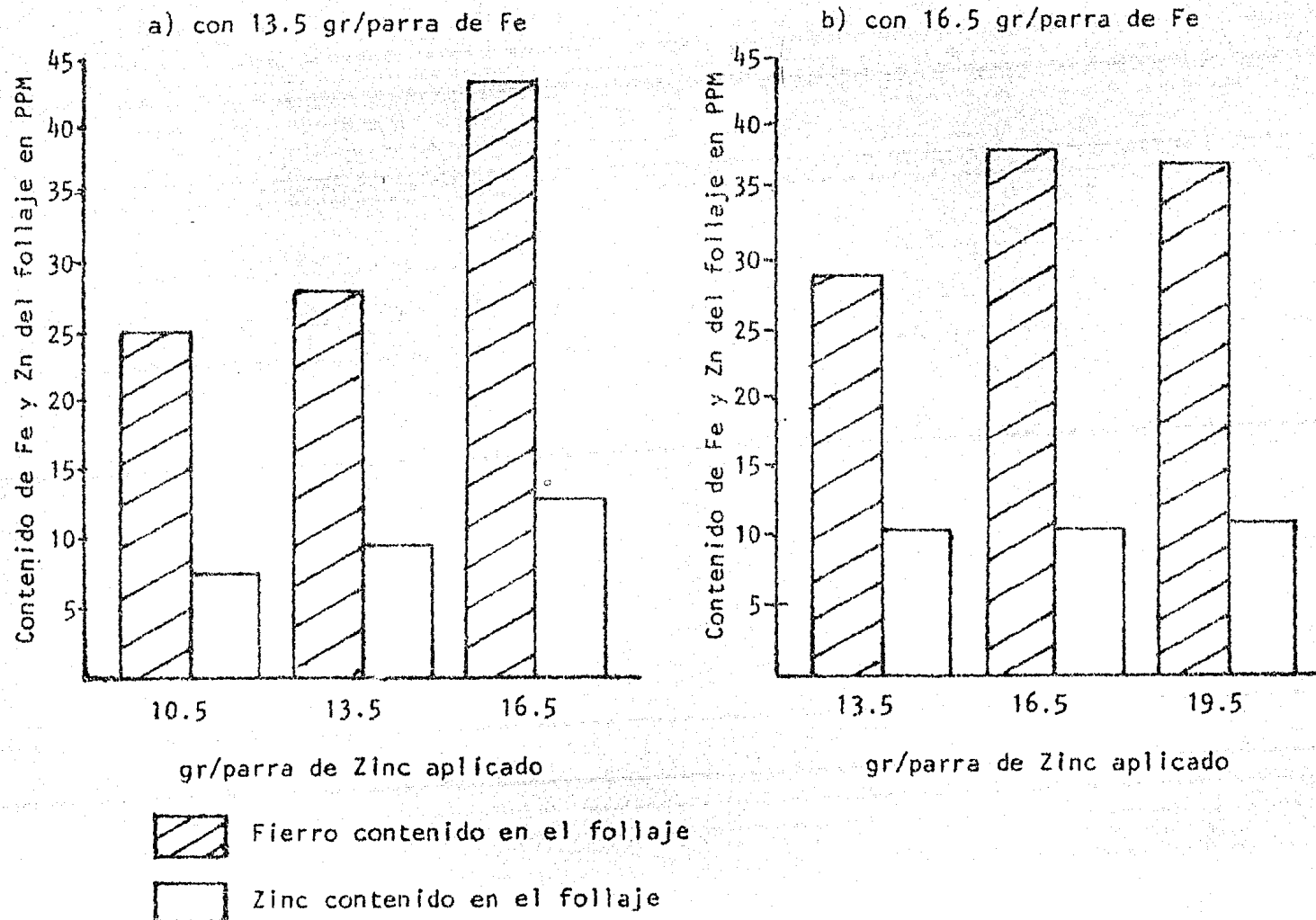
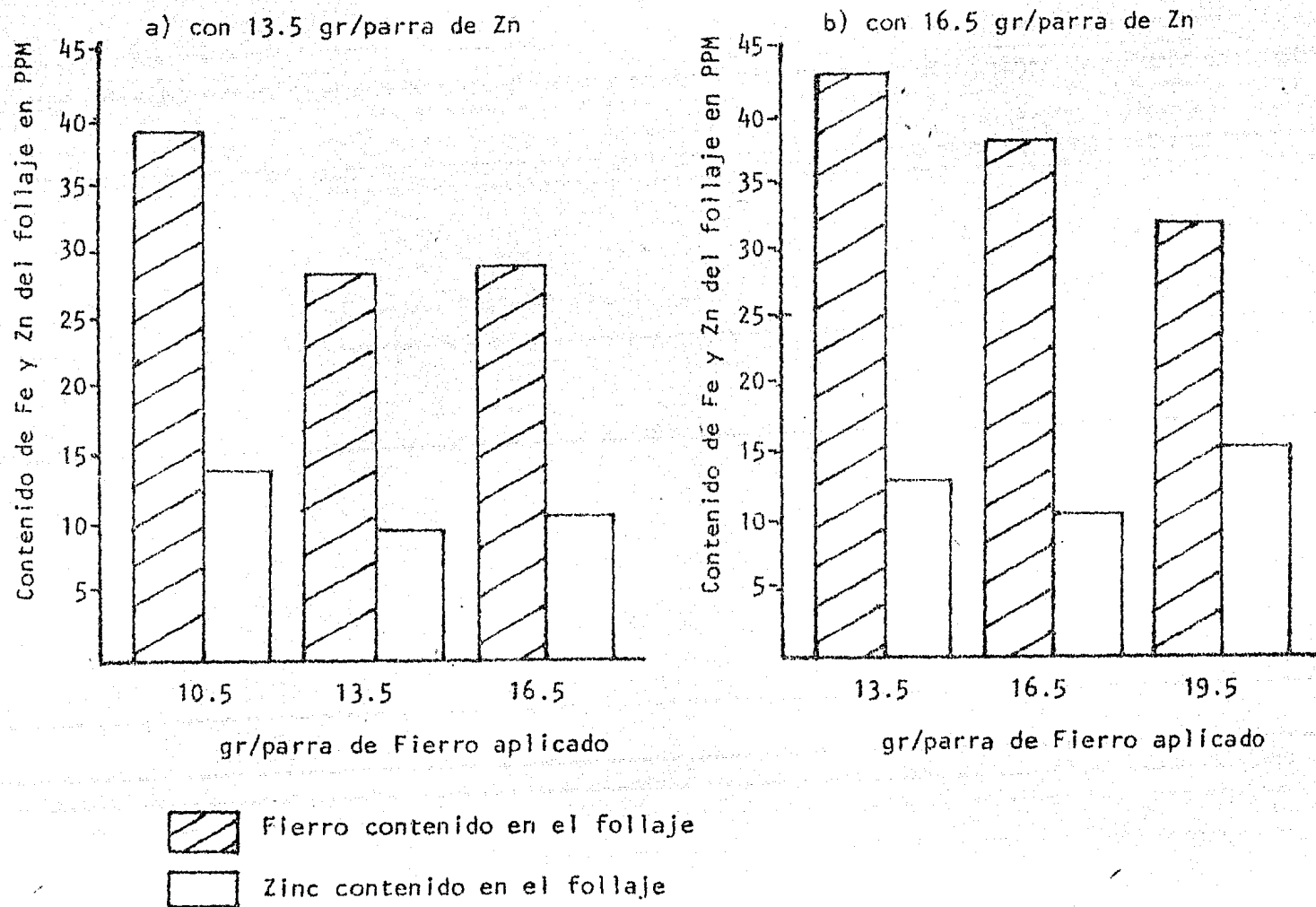


FIG. 8.- Respuesta de la planta a diferentes dosis de fierro. En a) con una dosis baja de zinc y en b) con una dosis alta de zinc. Ambos elementos aplicados en forma de SULFATOS de barras representan la media de 4 muestreos con 2 repeticiones.



## DISCUSION DE RESULTADOS

Este suelo contiene cantidades proporcionales de limo, arena y un poco menor de arcilla, lo que propicia un suelo de textura franca, siendo un poco más arcilloso hacia el fondo. En cuanto a la densidad aparente y el porcentaje de porosidad que presenta, lo sitúan dentro de los suelos de textura más bien fina (Ortiz, 1977). Es decir que la cantidad de limo y arcilla juegan un importante papel ya que van a propiciar que el suelo posea una gran plasticidad y adsorción, lo que le dá características poco convenientes ya que el movimiento del agua y el aire dentro del suelo será muy lento (Millard, 1979). La capa más profunda muestra una mayor cantidad de arcilla, que podría ocasionar que en épocas de lluvia o con un riego excesivo se produzca una saturación con agua en las capas más superficiales, lo cual puede disminuir el oxígeno del suelo, pudiendo ahogar la planta (Millard, 1979). Sin embargo, en la zona donde se encuentra establecido el viñedo la precipitación es baja y el riego sólo se efectúa en lapsos pequeños de tiempo, Por tanto no llega a presentarse dicho ahogamiento, no obstante, en las capas más profundas se encontraron pequeños manchones o depósitos blanquesinos, cuyo contenido principal son los carbonatos y bicarbonatos (cuadro 2) presentes tal vez por un drenaje deficiente que impide que el agua fluya normalmente y por tanto se produce la acumulación de sales.

El análisis de salinidad del suelo (cuadro 2) indica que éste es normal cuanto a sales solubles y sodio, ya que la conductividad eléctrica es menor de 4 mmhos/cm y el PSI (Porcentaje de Sodio Intercambiable) es menor de 15, en los tres niveles muestreados (Allison, 1974). El sodio del extracto de saturación es el más abundante de los cuatro principales cationes solubles, pero la relación de adsorción de sodio (RAS) es baja (menor de 9) lo que indica que éste elemento no propicia problemas de permeabilidad en el suelo (University of California, 1978). En cuanto a los aniones los bicarbonatos y sulfatos son predominantes, en cantidades no tóxicas para la uva 1.5 y 2.3 meq/100gr. respectivamente (University of California, 1978) y se considera que los carbonatos y bicarbonatos tienen influencia en la textura del suelo, debido a que el tamaño de las partículas es parecido al del limo, lo que puede mejorar las condiciones del suelo, siempre y cuando no se encuentre en forma de caliche o como agente cementante, en capas endurecidas que impida el movimiento del agua

el desarrollo de la raíz (Ortíz, 1977). en éste caso, aunque se localizan acumulaciones de carbonatos éstas son pequeñas " motas " y las mayores estan en profundidades donde la raíz de la vid ya no llega.

En el cuadro 3, aparecen los niveles de calcio, magnesio, sodio y potasio intercambiables. El primero presenta cantidades suficientes ( 10 meq/100 gr - de suelo, según Tisdale, 1970) para que exista la adecuada proporción de crecimiento de brotes terminales en la planta y el tejido de la raíz. En cuanto al magnesio cuya importancia radica en el hecho de formar parte del núcleo de la molécula de clorofila y de su relación con el metabolismo del fósforo, encontramos cantidades de 2 a 3 meq/100gr de suelo, lo que indica un buen nivel de magnesio, según Tisdale (1970). Para el potasio, requerido en grandes cantidades por la planta, el mismo autor sugiere 0.3 meq/100gr en un suelo fértil, resultando bueno el nivel presente en nuestro suelo, o bien según la tabla de fertilidad de Morgan el contenido es más bien medio (Cisneros, 1973).

En el mismo cuadro vemos que la capacidad de intercambio catiónico no es muy alta, sino media (Laird, 1963) debido a que el contenido de arcilla es poco y el porcentaje de materia orgánica no es muy alto. Sin embargo, el intercambio de cationes que existe en el suelo es favorable, lo que se puede corroborar por el porcentaje de saturación de bases, que se refiere al grado en el cual el complejo de adsorción de un suelo esta saturado con cationes intercambiables diferentes de  $H^+$  (Ortíz, 1977), siendo para éste suelo de 80 a 86 por ciento, lo que indica que puede proveer de cationes a la planta fácilmente, - de acuerdo con Tisdale (1970). Dicho autor sugiere también rangos óptimos para cada catión y en éste suelo el calcio, magnesio y potasio son favorables - de acuerdo a los intervalos que él propone, no así el sodio que presenta más del 15% de la capacidad de intercambio catiónico, lo que le confiere al suelo una baja permeabilidad cuando el nivel de salinidad es inferior, como en nuestro caso.

En el análisis de fertilidad (cuadro 4) el pH indica una relación más bien alcalina, debida a las cantidades de  $HCO_3^-$  y  $CO_3^{=}$  presentes. Dicha alcalinidad propicia que los cationes metálicos como el Fe, Zn, Mn y Cu, se precipiten además de dificultar el aprovechamiento del agua debido al aumento de la presión osmótica en el suelo (Allison, 1974).

El contenido de materia orgánica es medio en los dos primeros estratos y pobre en el inferior. Su función es la de proporcionar elementos esenciales a

las plantas, interviene en el intercambio catiónico de los suelos (en forma de humus), hace al suelo más poroso, retiene agua, etc., (Ortíz, 1977). En el viñedo la acumulación de materia orgánica se ha visto favorecida debido a que siendo un suelo de zona semiárida se ha cultivado e irrigado por un período continuo (Millard, 1979).

En cuanto al nitrógeno y fósforo, elementos esenciales para la planta, ambos presentan niveles bajos. es necesario incrementarlos, ya que el primero va a actuar sobre el crecimiento vegetal por la activación de enzimas importantes en el desarrollo de la planta y el segundo se asocia al crecimiento de la planta y la maduración del fruto (Tisdale, 1970).

En el análisis de micronutrientes el boro que se detecta se encuentra dentro de un rango aceptable, no tóxico para la planta y en especial para la vid (University of California, 1978). En cambio el fierro, zinc, manganeso y cobre presentan concentraciones muy por debajo del intervalo óptimo, propuesto por Walsh (1971). Esta deficiencia va a presentarse generalmente debido a la alcalinidad del suelo que provoca la precipitación de todos los elementos menores en forma de carbonatos, hidróxidos, cloruros, bicarbonatos y fosfatos, sobre todo si se encuentran presentes el sodio y el calcio (Chapman, 1966), como sucede en éste suelo. Entonces, de todos los nutrientes necesarios para el sostenimiento del cultivo, los elementos mayores que hay en el suelo, son suficientes para que pueda subsistir la planta, no así los elementos menores como el fierro y el zinc, principalmente.

Revisando los resultados del análisis foliar (cuadro 6 al 9) vemos que aún cuando los niveles presentes de cada elemento, son favorables, según los rangos propuestos por Chapman (1966) y Walsh y colaboradores (1971), todos ellos a excepción del cobre, tienden a situarse en los límites inferiores pudiendo deberse a que están sufriendo una cierta precipitación en el suelo, debido a los carbonatos, bicarbonatos y sulfatos, lo que impide a la planta tomar cantidades mayores de éstos micronutrientes. Más aún podemos ver que el análisis nos indica cantidades de 0.3% de magnesio, 0.8% de potasio y casi 15 ppm de zinc, que según Weaver (1969) son niveles deficientes para la vid. En cuanto al cobre se observa un exceso que no puede provenir del suelo ya que en éste existen niveles muy bajos. Más bien ésta acumulación se obtuvo de las sustancias ricas en cobre con que se fumiga en éste lugar. Se podría suponer que éste exceso indicaría cierta toxicidad por cobre. Sin embargo, Renner y Smith (1952) citados por Mortvedt (1972), encontraron que la



toxicidad del cobre existía a 300 ppm o más del elemento y en nuestro caso a lo mas que se llega es a 10 ppm.

Analizando los resultados de los cuadros 6 y 7, observamos que los tratamientos aplicados, tanto foliares como en el suelo no afectan el contenido nutricional del follaje al menos en lo que respecta al Ca, Mg, Na y K. Y si llevamos los resultados de micronutrientes a una gráfica ( figura 1) encontramos que el cobre no se ve afectado con los tratamientos efectuados y en cuanto al manganeso se incrementa con el tratamiento 4 de sulfatos.

Sin embargo, el contenido de Fe, Zn y Mn en el follaje sí se altera con la aplicación de los fertilizantes sufriendo efectos parecidos que también se detectan con el análisis de varianza de cada uno de éstos elementos (cuadros 14, 15 y 16 del apéndice). Por ejemplo en el tratamiento 5 con quelatos (15gr por parra de Fe y Zn), tanto el Mn como el Zn logran un nivel superior, y aún cuando el contenido de Fe no es el mejor sí es superior al testigo. Este comportamiento nos indica que los elementos están siendo tomados sin sufrir interacciones antagónicas entre sí. Con los sulfatos se presenta la misma situación aunque el Zn no sufre ningún cambio importante. Según Watanabe y sus colaboradores (1965) suponen que ésto puede deberse a que se ha conseguido alcanzar un balance entre éstos micronutrientes.

En la figura 2 el contenido de fierro foliar sí presenta variaciones con los fertilizantes aplicados. Los quelatos fueron mejores a dosis mayores (tratamientos 4 y 7) y conforme disminuye el fierro aplicado, disminuye el fierro del follaje. Es decir que la planta esta tomando el nutrimento y que además el zinc agregado junto con éste no favorece ningún problema. Con los sulfatos se logra incrementar el fierro foliar cuando la relación entre el fierro y el zinc se establece con cantidades menores de fierro y mayores de zinc (tratamiento 6, 4 y 9) siendo éste un efecto totalmente opuesto al que propone Alcalde (1971) el que nos indica que entre el fierro y el zinc siempre existe una relación desfavorable para el fierro cuando las cantidades de zinc son altas.

Para el zinc (figura 3) las aplicaciones foliares no provocan ningún efecto aparente. En cambio con los quelatos sí existe respuesta, al menos para el tratamiento 5, el cual es el punto óptimo en el espacio de exploración elegido al inicio del experimento (figura 9). En éste caso, al ser iguales los niveles de fierro y zinc no existe competencia y por tanto el zinc puede ser absorbido permitiendo que el fierro (figura 4) se incremente moderadamente.

La figura 4 presenta la respuesta del fruto a los dos fertilizantes y se detecta que existe un leve efecto positivo con el tratamiento 8 para quelatos teniendo esta variación de más de una tonelada como se puede observar en el cuadro 12 (de 1.47 a 3.17 Ton/Ha), aunque en todo caso sigue siendo un rendimiento bajo según comentarios hechos por el Ing. Gaya\*. Además hay que tomar en cuenta que en cuestión de rendimiento, el análisis de varianza indicó que no había diferencia estadística significativa en ningún tratamiento (cuadro 17). Por otra parte, el mismo Ing. Gaya\* nos comentaba que el efecto real -- del fertilizante sobre el fruto se obtiene uno o dos ciclos posteriores a la fertilización.

La matriz experimental Plan Puebla II, para dos factores plantea la posibilidad de detectar el tratamiento óptimo, por medio de un análisis gráfico y para ello establece tratamientos en los que se mantiene constante uno de los fertilizantes, mientras que se varía la del otro. En la figura 5 el elemento variable es el quelato de fierro utilizando dos dosis de zinc, una mayor de 16.50 gr y una menor de 13.50 gr/parra, en ambos casos la mejor respuesta se logra con la dosis intermedia de fierro. En la figura 6 el elemento variable es el zinc y el efecto que se observa es el mismo. Por tanto podemos decir que el tratamiento óptimo para aumentar el fierro en las hojas utilizando quelatos es de 16.50 gr por parra de fierro con 16.50 gr por parra de zinc. Aunque para el zinc no se detecta ninguna respuesta, tal vez debido a que en éste punto el quelato de ambos elementos entra en competencia con la raíz y no deja que el zinc pueda ser aprovechado por la planta (Mortvedt, -- 1972).

La figura 7 muestra un incremento de fierro y zinc conforme aumenta la dosis de zinc utilizado en forma de sulfatos, y la del fierro se mantiene a un nivel bajo. En la figura 8 el fierro foliar aumenta si la cantidad de éste es baja y la cantidad de zinc es alta. Es decir que con sulfatos el mejor efecto se obtiene a dosis altas de zinc y dosis bajas de fierro aunque en el caso del zinc foliar tampoco se presenta alguna variación significativa.

\* Comunicación personal.

## CONCLUSIONES

- 1.- Este es un suelo de tipo alcalino con características de salinidad, humedad del suelo y clima apto para el sostenimiento del viñedo.
- 2.- La fertilidad del suelo presenta deficiencias de nitrógeno, fósforo, manganeso, cobre, zinc y fierro que es necesario incrementar en forma de fertilizantes que mejorarían el rendimiento de éste frutal. -- Considerando como óptimo un rendimiento de 6 a 7 toneladas por hectárea, según recomendaciones del Ing. Jorge Gaya\*.
- 3.- Los fertilizantes quelatantes resultaron efectivos para mejorar el contenido de zinc en las hojas, con dosis de 15gr del elemento por parra.
- 4.- Los fertilizantes sulfatados resultaron efectivos para aumentar el contenido de fierro en el follaje, con dosis donde la cantidad de fierro es baja y la de zinc es alta. Como con el tratamiento 2 con 13.5g de fierro por parra y 16.5g de zinc por parra.
- 5.- En cuanto al costo, cualquiera de los dos tratamientos puede resultar caro dependiendo de las cantidades requeridas de fertilizante y de que exista o no la maquinaria necesaria para su aplicación.

\* Comunicación personal.

## RECOMENDACIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos, se proponen nuevos experimentos que incluyan:

- 1.- Realizar experimentos de éste tipo pero con cantidades mayores de ambos elementos.
- 2.- Efectuar el experimento con parras donde las deficiencias de éstos elementos sean bastante grandes, para que los cambios puedan ser detectados más ampliamente.
- 3.- Incluir tratamientos de los elementos por separado.

## BIBLIOGRAFIA

- Adan Gómez J. H. y Correa de Mata S. 1978. El zinc en suelos y en plantas. Boletín técnico No. 4. UACH, Chapingo, México.
- Alcalde B. S. 1971. Nutrición vegetal. Vol. III. ENA. Colegio de Posgraduados. Chapingo, México.
- Allison L. E. y colaboradores. 1974. Diagnóstico y rehabilitación de suelo salinos y sódicos. Ed. Limusa. México.
- Amparano C. F. 1973. Evaluación del comportamiento y la susceptibilidad a la clorosis férrica de 14 variedades de soya en suelos calcáreos, bajo condiciones de invernadero. Tesis para obtener el título de M. en C. Chapingo, México.
- Anderson W. P. y C. R. House. 1958. A correlation between structure and function in the root of Zea mays. Journal Experimental Botanic. 18:544-555.
- Baeyens J. 1970. Nutrición de las plantas de cultivo. Ed. Limusa. Madrid, España.
- Beale S. I. 1978. "5-amino levulinic acid in plants. Its biosynthesis, regulation and role in plastid development". Annual Review Plant Physiology. No. 29:95-120.
- Black y colaboradores. 1965. Methods of soil analysis. American Society of Agronomy. No. 9 (2). Wisconsin, U.S.A.
- Bollard E. G. 1960. Transport in the xilem. Annual Review Plant Physiology. 11:141-166.
- Brown J. C. y colaboradores. 1958. Iron chlorosis dependent on the plant species and nutrient-element balance in tulare clay. Agronomy Journal. 56:356-358.
- y L. O. Tiffin. 1962. Zinc deficiency and Iron chlorosis dependent on the plant species and nutrient-elements balance in the tulare clay. Agronomy Journal. 54:356-358.
- 1961. Iron chlorosis in plants. Advances in agronomy. No. 13:329-367.
- Chandler W. H. 1947. Deciduous orchards. Lea and Febiger. Philadelphia, U. S.A.

- Chapman H. D. 1966. Diagnosis criteria for plants and soils. University of California. Riverside. U.S.A.
- 1979. Métodos de análisis de suelos, plantas y aguas. Ed. Trillas. México.
- Cisneros I. R. 1973. Algunos estudios edáficos del centro regional de desarrollo frutícola "Adolfo López Mateos" en San Luis de la Paz, Gto. Tesis Profesional. Facultad de Ciencias, U.N.A.M. México.
- CONAFRUT. 1973. Simposium Internacional de Viticultura. CONAFRUT, México.
- Cockran W. G. y Cox G. M. Diseños experimentales. Ed. Trillas. México.
- DETENAL. 1976. Carta climatológica, carta edafológica y carta de uso potencial del suelo. México.
- Dekock P. C. 1956. Iron nutrition of plants at high pH. Soil Science. No. 79 (3):167-175.
- y Morrison R. I. 1958. The metabolism of chlorotic leaves amino acid. Biochemistry Journal. 70:266-272.
- Enríquez Reyes S. A. 1980. Efecto de la relación Fe/Mn sobre la sintomatología, contenidos nutrimentales, de clorofila, de 5-AAL, catalasa y peroxidasa en la vid (*Vitis vinifera*)cu. Málaga Roja. Tesis para M. en C. col. de P. Chapingo, México.
- Foy C. D. y colaboradores. 1978. The physiology of metal toxicity in plants.- Annual Review Plants Physiology. No. 29:511-567.
- García B. G. y Vázquez G. L. 1979. Respuesta en el uso del azufre en un suelo alcalino, en el cultivo de sorgo forragero. Resúmenes del 12avo. Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo. Morelia, Mich. México.
- , Romo S. L. y Nava D. J. 1980. La respuesta en el empleo de cinco materiales orgánicos y azufre en el cultivo de zanahoria (*Daucus carota* L.). Resúmenes del 13avo. Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo. Toluca, México.
- Gilfillan I. M. y W. W. Jones. 1968. Effect of iron and manganese deficiency on the chlorophyll. Amino acid and organic acid status of leaves of acadamia. American Society Horticultural Science. No. 93:210-214.
- Jackson T. L. y J. Hay. 1967. The effect of Zn on yield and chemical composition of sweet corn in the willamette Valley. American Society Horticulture Science. 91:462-471.

- Jackson M. 1970. Análisis químicos de suelos. Ed. Omega. Barcelona, España.
- Kline C. H. y colaboradores. 1965. In crop nutrition. Publicado por International lead zinc research organization, Inc. e Inst. U.S.A.
- Laird R. J. y Nuñez E. R. 1963. Notas del curso "Fertilidad del Suelo". E.N.A. Col. de Posgraduados. Chapingo, México.
- Longoria G.G. 1973. Prevención de la clorosis férrica, en suelos calcáreos, mediante tratamientos de inundación. Tesis para M. en C. E.N.A. Chapingo, México.
- Lugo B. L. 1980. Estudio físico-químico de los suelos de la región duraznera "Palmas Altas" del Mpio. de Jerez, Zacatecas. Tesis profesional. Méx.
- Millar C. E. y colaboradores. 1979. Fundamentos de la ciencia del suelo. CEC-SA. México.
- Millikan C. R. 1963. Effects of different levels of zinc and phosphorus on the growth of subterranean clover (Trifolium subterraneum L.). Australian Journal Agronomy Res. 14:180-205.
- Mortvedt J. editor. 1972. Micronutrients in agriculture. Soil Society of America. Wisconsin, U.S.A.
- Nason y colaboradores. 1951. Changes in enzymatic constitution in zinc deficient Neurospora. Journal Biology Chemistry. 188:397-406.
- Olsen S. R. 1972. Micronutrient interactions in micronutrients in agriculture. S.S.S.A. Madison Wisconsin, U.S.A.
- Ortiz-Villanueva. 1971. Edafología. Patena. A.C. Chapingo, México.
- Ozanne P. G. 1955. The effect of nitrogen on zinc deficiency in subterranean clover. Australian Journal Biology Science. 8:47-55.
- Price C. A. 1968. Iron compound and plant nutrition. Annual Review Plants Physiology. 19:234.
- Richardson G. L. 1967. Iron deficiency in sorghum the micronutrient manual. - Farmacology Technical. 23:6.
- Salim Simão. 1971. Manual de Fruticultura. Ed. Agronomica. Ceres. São Paulo, - Brasil.
- Schneider G. W. y Scarborough C. C. 1960. Fruit growing. Prentice Hall. Ed. - Englowood Cliffs J. U.S.A.
- Secretaría de Programación y Presupuesto. 1981. Atlas Nacional del Medio Físico. S.P.P. México.

- Skoog F. 1940. Relations between zinc and auxin in the growth of higher plants. American Journal Botanic. 27:939-951.
- Somer I. I. y J. W. Shive. 1942. The iron-manganese relation in plant metabolism. Plant Physiology. 17:582-602.
- Stiles W. 1961. Trace elements in plants. Cambridge University. 3th ed. Cambridge, Inglaterra.
- Tamaro D. 1974. Tratado de fruticultura. Ed. Gustavo Gili S.A. Barcelona, España.
- Turrent F. A. 1975. La matriz experimental Plan Puebla para ensayos sobre prácticas de producción de cultivos. E.N.A. Col. de Posgraduados. Chapingo, México.
- University of California. 1978. Division of agricultural science. "Salinity - appraisal of soil and water for successful production of grapes". LEAFLET 21056. Diciembre.
- Valle B. L. y W. E. Wacker. 1957. Zinc metabolism in hepatic dysfunction II. New Enginner Journal Medical. 257:1055-1065.
- Walsh L. W. editor. 1971. Instrumental methods for analysis of soils and plants tissue. Soil Science Society of America, Inc. Madison. Wisconsin, U.S.A.
- Wallace y colaboradores. 1957. Some aspects of the use of metal chelates as micronutrients fertilizers sources. Soil Science. 84:27-41.
- Watanabe F. S. y colaboradores. 1965. Nutrient balance involving phosphorus, iron and zinc. Soil Science Society of America Proceeding. 29:562-565.
- Weaver J. L. 1969. Grape Growing.
- Winkler A. J. 1970. Viticultura. Ed. Continental S.A. México.



## APENDICE

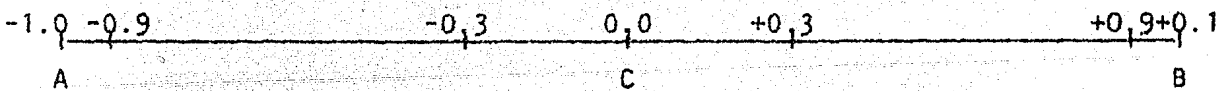
La matriz experimental Plan Puebla II, para dos factores se basa en la previa localización de un espacio de exploración (figura 10) el cual es la dosis que se recomienda en forma general.

El espacio de exploración se puede representar en una recta numérica en donde encontraríamos cinco puntos intermedios y dos extremos, empezando 10 unidades a la derecha del cero y diez unidades a la izquierda del cero o punto central.

Los cinco niveles intermedios así como el nivel inferior y el nivel superior ya están previamente establecidos y denominados.

Las unidades positivas indican dosis mayores de la óptima, situada en el centro de la recta numérica y las dosis negativas indican cantidades menores de la dosis óptima.

Es decir que en la recta numérica encontraríamos los niveles así:



A es el nivel inferior,  
B es el nivel superior,  
C es el nivel óptimo.

Los cinco niveles intermedios son los que indican las dosis que se aplicaron en los tratamientos, de acuerdo a las combinaciones que establece Turrent (1975).

El espacio de exploración se representa en un modelo cuadrático, en donde podemos observar las dosis que se obtienen con la matriz, éste modelo se localiza en la figura 10.

CUADRO 9.- Distribución de las parcelas en el campo, de acuerdo al diseño experimental de Parcelas Subdivididas (Cockran, 1974).

3 <sub>a</sub> S	9 <sub>a</sub> S	4 <sub>a</sub> S	9 <sub>b</sub> S	1 <sub>a</sub> S	2 <sub>a</sub> S	6 <sub>a</sub> S
3 <sub>b</sub> S	10 <sub>a</sub> S	7 <sub>b</sub> S	4 <sub>b</sub> S	2 <sub>b</sub> S	6 <sub>b</sub> S	7 <sub>a</sub> S
5 <sub>a</sub> S	10 <sub>b</sub> S	1 <sub>b</sub> S	5 <sub>b</sub> S	8 <sub>a</sub> S	8 <sub>b</sub> S	
9 <sub>b</sub> F	7 <sub>b</sub> F	8 <sub>a</sub> F	10 <sub>b</sub> F	5 <sub>b</sub> F	8 <sub>b</sub> F	
10 <sub>a</sub> F	1 <sub>b</sub> F	6 <sub>b</sub> F	9 <sub>a</sub> F	4 <sub>b</sub> F	3 <sub>b</sub> F	1 <sub>a</sub> F
3 <sub>a</sub> F	5 <sub>a</sub> F	6 <sub>a</sub> F	2 <sub>a</sub> F	2 <sub>b</sub> F	4 <sub>a</sub> F	7 <sub>a</sub> F

Del 1 al 10 son los diferentes tratamientos aplicados.

La letra " S " indica las aplicaciones al suelo en forma de quelatos.

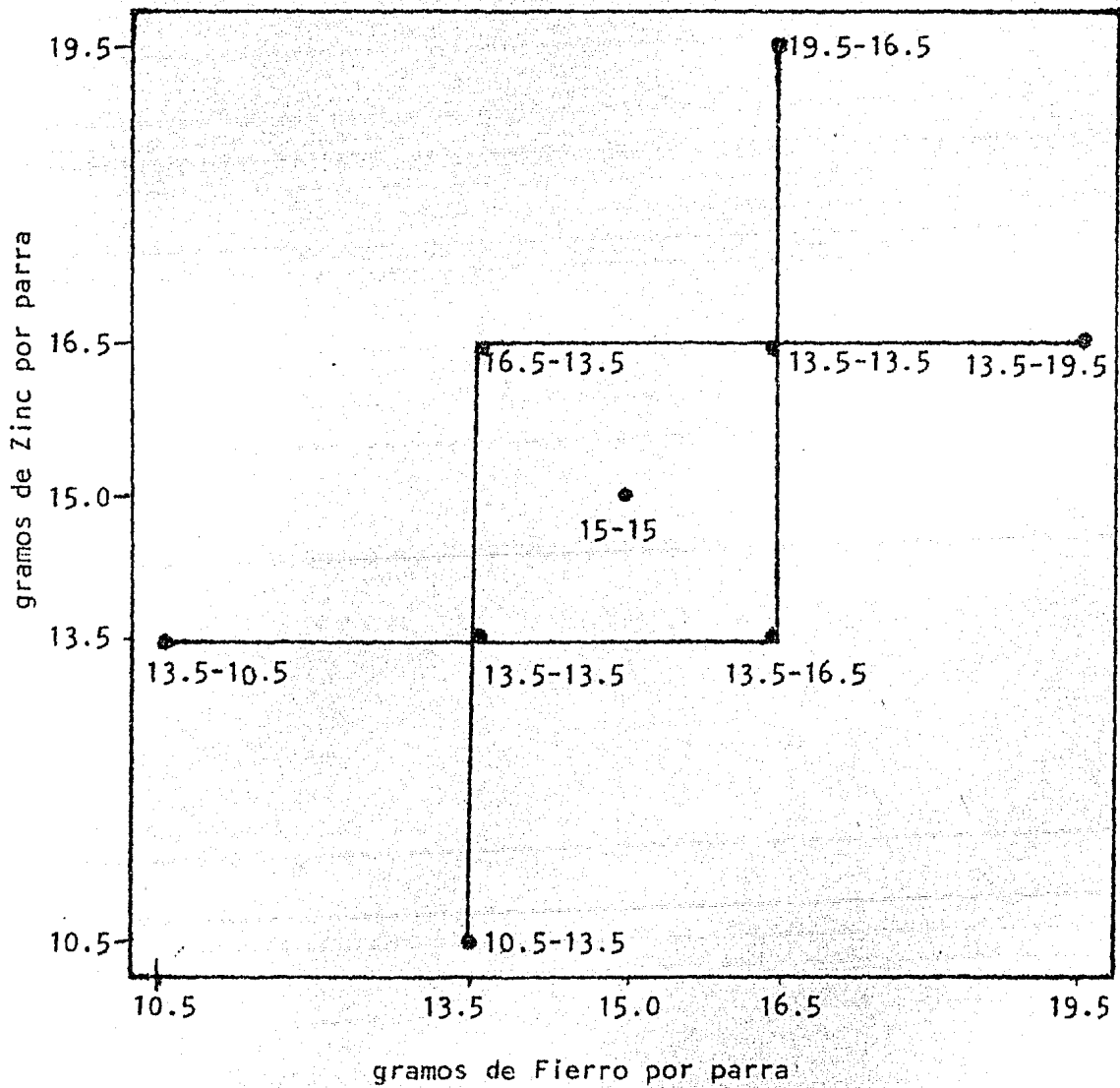
La letra " F " indica las aplicaciones al follaje en forma de sulfatos.

Los subíndices 'a' y 'b' indican la repetición 1 y 2.

----- Parcelas principales

———— Parcelas menores

FIG.10 - Espacio de exploración de Fierro y Zinc aplicados en una representación gráfica de la matriz experimental Plan Puebla II.



CUADRO 14.- Análisis de varianza para el elemento fierro, en -  
Parcelas Subdivididas.

FUENTES DE VARIACION	gl	S C	C M	F <sub>cal</sub>	PR	F
A * Fe y Zn * M parcelas- ( Sub-Subparcelas).	155	46113.59820769				
A * Fe y Zn parcelas -- (Subparcelas).	39	5483.37746200				
Parcelas A (parcelas prin- cipales).	3	459.37127170				
Bloques	1	69.49342564	69.4934			
Tipo de aplicación	1	63.09171541	63.0917	0.20	0.7342	
Error (a)	1	326.78613061	326.7861			
Tratamientos con Fe y Zn	9	2191.50515012	243.5005	4.22	0.0046	
A * Fe y Zn	9	1794.99154732	199.4435	3.33	0.0144	**
Error (b)	18	1037.50949375	57.6394			
Muestras	3	17922.60074467	5774.2002	46.01	0.0001	**
A * M	3	1008.91905852	336.3063	2.59	0.0605	
Fe y Zn * M	27	8199.97796056	203.6992	2.34	0.0035	**
A * Fe y Zn * M	25	5772.78143625	230.9112	1.78	0.0366	*
Errores (c)	58	7630.84295000	129.8421			

A = Tipo de aplicación

M \* Muestras

Fe y Zn = Tratamientos con Fe y Zn

CUADRO 15.- Análisis de varianza para el elemento zinc, en -  
Parcelas Subdiyididas.

FUENTE DE VARIACION	gl	S C	C M	F <sub>cal</sub>	PR	F
A * Fe y Zn parcelas (Sub-subparcelas).	155	6214.20787436				
A * Fe y Zn parcelas (Subparcelas).	39	1552.85462700				
Parcelas de A (parcelas principales).	3	302.97686576				
Bloques	1	38.72050256	38.7205			
Tipo de aplicación	1	256.71543945	256.7154	41.39	0.0982	
Error (a)	1	7.54092375	7.5409			
Tratamientos con Fe y Zn	9	444.26246276	49.3625	3.14	0.0185	**
A * Fe y Zn	9	522.73630022	58.0818	3.70	0.0088	**
Error (b)	18	282.87899868	15.7155			
Muestreos	3	1158.17122625	386.0571	30.94	0.0001	**
A * M	3	484.12997486	161.3767	12.93	0.0001	**
Fe y Zn * M	27	1194.12538347	44.2269	3.54	0.0001	**
A * Fe y Zn * M	25	1210.15714042	48.4063	3.88	0.0001	**
Error (c)	58	723.79127500	12.4792			

A= Tipo de aplicación

M= Muestras

Fe y Zn = Tratamientos con Fe y Zn

CUADRO 16.- Análisis de varianza para el elemento manganeso, en -  
Parcelas Subdivididas.

FUENTES DE VARIACION	gl	S C	C M	F <sub>cal</sub>	PR F
A * Fe y Zn * M parcelas (Sub-subparcelas).	155	61372.64532500			
A * Fe y Zn parcelas (Subparcelas)	39	14589.20262499			
Parcelas de A (parcelas principales)	3	1658.55628539			
Bloques	1	445.85585192	445.8558		
Tipo de aplicación	1	1097.39780783	1097.3978	6.49	0.0135 **
Error (a)	1	115.30262564	115.3026	0.68	0.4123
Tratamientos con Fe y Zn	9	6333.01859907	703.6687	4.14	0.0004 **
A * Fe y Zn	9	4972.08691810	552.4541	3.27	0.0029 **
Error (b)	18	2625.51082243	145.8617	0.86	0.6222
Muestreos	3	14942.10493053	4980.7616	29.46	0.0001 **
A * M	3	2603.95643433	869.6521	5.14	0.0033 **
Fe y Zn * M	27	9761.15815514	361.5243	2.14	0.0079 **
A * Fe y Zn * M	25	8666.65183000	346.6660	2.05	0.0127 **
Error (c)	58	9804.60135000	169.0448		

A = Tipo de aplicación

M = Muestra

Fe y Zn = Tratamientos con Fe y Zn

CUADRO 17.- Análisis de varianza para el parámetro Rendimiento,  
en Parcelas Divididas.

FUENTES DE VARIACIÓN	gl	S C	C M	F <sub>cal</sub>	PR F
Parcelas Principales (Tipo de aplicación).	3	960404.0436	320134.6812		
Bloques	1	813273.4722			
Tipo de aplicación	1	109297.6157		2.89	0.3386
Error (a)	1	37832.9557			
Fierro y Zinc	9	2474974.2216	274997.1357	1.71	0.1600
Aplicación * Fe y Zn	9	719652.9653	79961.4406	0.50	0.8583
Error (b)	18	2901603.5620	161200.1978		
Parcelas: Aplicación * parcelas de Fe y Zn.	39	7056634.7925			

No hay significancia estadística en ninguna de las variantes.