

# UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA

ESCUELA DE AGRICULTURA



Determinación de los Requerimientos de Cal para la Modificación del pH en los Suelos Acidos del Estado de Jalisco.

## TESIS PROFESIONAL

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE

INGENIERO AGRONOMO

P R E S E N T A

NICOLAS JAUREGUI RODRIGUEZ

GUADALAJARA, JAL. 1977

## DEDICATORIAS

ESTE LIBRO LO DEDICO CON MUCHO CARINO-  
Y RESPETO A MIS PADRES DE QUIENES SIEM  
PRE ME SENTIRE ORGULLOSO.



A MIS HERMANOS QUE NUNCA ME HAN NEGADO  
SU APOYO FISICO Y MORAL.

A MIS MAESTROS QUE CON SUS CONSEJOS  
Y CONOCIMIENTOS ME PREPARARON PARA-  
HACERLE FRENTE A LA VIDA.

A MI DIRECTOR DE TESIS Y

ASESORES:

ING. RAFAEL ORTIZ MONASTERIO.

M.C. BONIFACIO ZARAZUA CABRERA.

ING. CARLOS DIONICIO AGUIRRE GONZALEZ

A TODOS MIS COMPANEROS.

## AGRADECIMIENTO

Agradezco con toda sinceridad a los señores Ing. Rafael Ortiz Monasterio, M. C. Bonifacio Zarazua Cabrera, - Ing. Carlos Dionicio Aguirre González, por su apoyo y facilidades que en todo momento me otorgaron para la realización del presente estudio.

Así como a la Srta. Ana Beatriz Briseño Covarrubias y demás personas que de una forma u otra me dieron su ayuda para la elaboración de este documento.

# CONTENIDO



	PAG.
I.- INTRODUCCION.	1
II.- OBJETIVO.	3
III.- REVISION DE LITERATURA.	5
1.- La reacción del suelo.	5
A) Causas de la acidez del suelo.	5
a) Hidrólisis y Solubilidad de Bases.	5
b) Efecto de la eliminación de bases.	6
B) Naturaleza de la acidez del suelo.	7
C) Clasificación del suelo según su reacción.	8
D) Factores que influyen sobre la concentración de hidrogeniones de la solución de un suelo-dado.	9
2.- La Planta y la Acidez.	11
A) Razones por las que muchas plantas que se cultivan no prosperan en suelos fuertemente-ácidos.	11
B) Preferencia de las plantas por la acidez.	13
3.- La Planta y la Alcalinidad.	13
A) Reducción de la alcalinidad en los suelos.	15
4.- Efecto de los fertilizantes sobre la reacción del suelo.	16
5.- El poder amortiguador del suelo.	17
6.- El encalado del suelo.	22
A) El encalado de los suelos orgánicos.	23
B) Peligros del encalado excesivo.	24
IV.- MATERIALES Y METODOS.	26
<u>1.- Materiales utilizados.</u>	26
<u>2.- Método utilizado.</u>	29

ESCUELA DE POST GRADUATE  
BIBLIOTECA

	PAG.
<u>V.- RESULTADOS.</u>	32
VI.- CONCLUSIONES.	51
VII.- RESUMEN.	54
VIII.- BIBLIOGRAFIA.	56

I.- INTRODUCCION

El encalado de los suelos es una práctica que con forme pasa el tiempo se hace más frecuente y necesaria su realización, principalmente en las zonas con alta precipitación pluvial debido a la mayor eliminación de elementos básicos y en las zonas donde frecuentemente se utilizan substancias fertilizantes o cualquier otro material que deje residuo ácido, lo cual propicia con el tiempo la disminución del pH hasta extremos que en algunos casos pueden llegar a provocar la completa esterilización de los suelos como ha sucedido ya en algunos campos experimentales.

La recuperación de las tierras que presentan exceso de acidez, se logra fundamentalmente mediante la adición al suelo de materiales calizos, para lo que se hace indispensable utilizar un método que nos permita conocer o encontrar la cantidad que debemos aplicar de estos materiales; pero resulta que nos encontramos con que son muchos los factores que intervienen o que hasta cierto punto nos impiden, en algunas ocasiones, encontrar con exactitud la cantidad de material calizo que se debe aplicar al suelo para modificarlo en su pH. En la actualidad son pocos los estudios que se han realizado para conocer las necesidades que los suelos tienen de cal para lograr un pH que nos permita un mayor aprovechamiento de substancias nutritivas y una mejora en general de todas las condiciones que acompañan a las distintas reacciones que los suelos presentan.

Así tenemos que cuando se quiere recomendar qué cantidad de cal es necesaria agregar al suelo para elevarle su pH en una unidad, resulta que no disponemos de estudios actualizados ni completos, ya que los pocos que se tienen datan de hace muchos años y en varias ocasiones nos limitan a zonas específicas por haberse realizado en áreas de características similares.

En el presente estudio se analizarán los suelos de tres diferentes zonas del Estado de Jalisco: Los Altos, Valle de Guadalajara y la Costa. A las muestras de suelo obtenidas de cada un de éstas, se les aplicará un método de laboratorio para conocer sus requerimientos de cal, elaborando curvas de necesidades para llevar al suelo a un pH deseado, dándose a conocer en el capítulo correspondiente los materiales y método utilizados, los resultados, las conclusiones de esta investigación y el resumen de la misma; también se estudiarán aspectos generales referentes al origen, efectos y comportamiento de la reacción del suelo en relación con la planta.

## II.- O B J E T I V O

Esta investigación tiene como principal finalidad, determinar la cantidad de cal que es necesario agregar al suelo para cambiar el pH y así poder pasarlo a otro que sea considerado el mejor y más eficiente para el desarrollo de los cultivos, contando de esta manera con una base para proporcionar una recomendación aceptable a los Agricultores -- que realizan sus siembras en áreas con suelos ácidos en el Estado de Jalisco, y que son las comprendidas por este estudio. Esta recomendación de encalado, ayudará a cambiar el estado actual de acidez a otro que resulte más adecuado al tipo de cultivo que se esté explotando, logrando de esta -- forma un mejor desarrollo de los cultivos y por lo tanto -- más rendimientos, obteniendo por consiguiente mayores ingresos que ayudarán a elevar el nivel de vida del productor.

Otro de los objetivos que se persiguen con la realización de este estudio, es el de dar a conocer las consecuencias que se tendrán si se sigue abusando de los elementos fertilizantes y materiales que dejen residuo ácido en el suelo, además se pretende dar a conocer características que intervienen o que afectan a la relación, Acidez del Suelo-Planta, así como también hacer conciencia en los compañeros, de la necesidad que se tiene de realizar estudios más completos con respecto a este tema, ya que en un futuro no muy lejano, si se sigue haciendo el mal uso que hasta en la actualidad se ha hecho de la mayoría de los suelos, se tendrán problemas muy serios y fuertes, por ser pocos los cultivos que se adaptan o se desarrollan satisfactoriamente en condiciones de acidez excesiva, no quedando otra alternativa más que hacer un mejor manejo del suelo y cambiar las -- condiciones de acidez fuerte, a condiciones más favorables, mediante prácticas de encalado.

Esperando que sea de utilidad, tanto para los fi-



nes perseguidos por los Agricultores como para los de la Es  
cuela de Agricultura, se procedió a la realización del pre-  
sente estudio.

### III.- REVISION DE LITERATURA.

Considerando que este estudio sobre encalado está relacionado con el pH del suelo y el poder amortiguador del mismo, a continuación se verán algunos aspectos importantes con respecto a estos puntos, observando además algunos ---- otros que también influyen o que se deben de tomar en cuenta al momento de realizar este tipo de prácticas.

#### 1.- La Reacción del Suelo:

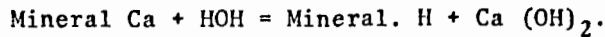
La reacción del suelo es una de las característi - cas que siempre deben considerarse en los estudios sobre la productividad, debido a que la estructura del suelo, la solubilidad de los minerales, la disponibilidad de nutrientes, las actividades de los microorganismos y la absorción de -- iones, por las plantas, dependen de las condiciones que --- acompañan a las distintas reacciones de los suelos.

En general, se puede decir que en las regiones con agua de lluvia suficiente para arrastrar fuera de los horizontes superficiales del suelo a las sales solubles, princi - palmente las de Ca y Mg, el desarrollo de suelos ácidos es un resultado natural del proceso de temperización. En cam - bio cuando la precipitación no es suficiente para la elimi - nación de los productos básicos de la temperización del sue - lo, se desarrollarán suelos alcalinos. (7)

#### A) Causas de la Acidez del Suelo.

a) Hidrólisis y solubilidad de bases.- Entre los - diversos procesos químicos por lo que los minerales del sue - lo pierden sus componentes básicos, la hidrólisis es el más eficaz de todos, la acción de este proceso puede demostrar - se mediante el tipo de reacciones siguiente en la cual el -

calcio se utiliza como elemento básico representativo.



El hidróxido así producido puede reaccionar inmediatamente con el  $\text{CO}_2$  y formar el carbonato o bicarbonato, o con indicios de otros ácidos como:  $\text{HNO}_3$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , o bien el Ca o el (OH) o ambos pueden ser absorbidos por los coloides; o las raíces de las plantas pueden absorber el catión. El hecho importante es que las partículas minerales pierden -- sus elementos básicos y éstos son reemplazados por el hidrógeno, la disolución directa contribuye también en mayor o menor proporción al proceso de substraer bases a los minerales.

b) Efecto de la eliminación de bases.- La separación de bases de los minerales, les confiere una estructura inestable y cuando el proceso ha progresado bastante, se -- produce la descomposición del mineral. Los productos de la descomposición mineral pueden permanecer en parte o en su totalidad como sustancias que contienen iones hidrógeno substituibles y por lo tanto ácidas, o pueden recombinarse para dar lugar a los minerales arcillosos. Si los cationes liberados durante la descomposición mineral han sido en su mayor parte eliminados de la zona de descomposición, los minerales arcillosos contendrán a su vez numerosos iones hidrógeno substituibles y serán fuertemente ácidos, además los fragmentos minerales que pueden persistir en la superficie son ácidos, por que los cationes originales han sido substituidos por hidrógeno y no han experimentado la descomposición, ya que el proceso de substitución no ha progresado lo bastante.

Así pues cuando aplicamos cal a un suelo ácido, los iones calcio substituyen a los hidrogeniones en los minerales arcillosos y en los productos de descomposición de los

minerales originales corrigiendo su acidez, después vuelve a empezar el proceso de eliminación de bases mediante hidrólisis y disolución tendiendo el suelo encalado a convertirse nuevamente en ácido.

En cuanto a la materia orgánica que se descompone en el suelo, podemos decir que ésta puede perder sus componentes básicos y por tanto originarse un humus que contiene iones hidrógenos sustituibles; en consecuencia una parte de la acidez del suelo puede residir en la fracción orgánica del mismo.

#### B) Naturaleza de la Acidez del Suelo.

En la mayoría de los suelos minerales gran parte de la acidez reside en la fracción arcillosa, existen sin embargo algunos suelos que se componen casi enteramente de arena y humus. Hay así mismo un número muy escaso de suelos que contienen una cantidad suficiente de sulfuros, generalmente de hierro que mediante oxidación pueden dar lugar a una cantidad apreciable de ácido sulfúrico. Se hallan también presentes otros ácidos inorgánicos en cantidades mínimas, variando más o menos sus cantidades respectivas según la época del año.

Las cargas negativas de los minerales arcillosos se originan primariamente por la substitución isomórfica en su estructura cristalina y por la disolución del hidrógeno desde los ángulos de los cristales, en tanto que las cargas negativas de la arcilla estén ampliamente satisfechas por iones básicos, el suelo presentará escasa acidez pero en cuanto los iones básicos se pierden por lixiviación o la utilización de las plantas y son substituídos por iones hidrógeno, aumenta entonces la acidez del suelo.

Hay que recordar que todos los iones hidrógeno situados alrededor de una partícula de arcilla ácida, no ocupan

una posición equidistante de la superficie de la partícula. Algunos de ellos se mueven dentro de un volumen de oscilación que les permite alejarse una distancia considerable y mezclarse así con otros iones existentes en la solución del suelo. Estos iones hidrógeno constituyen lo que se conoce por acidez activa y su concentración se denomina factor intensidad de acidez, por el contrario los hidrogeniones que permanecen en un estado intercambiable pero no ionizado, -- constituyen la acidez de reserva, potencial o pasiva.

Tanto la acidez activa como la pasiva, deben tenerse en cuenta cuando se considera la acidez total del suelo.

El humus posee una elevada capacidad de intercambio de cationes y cuando pierde sus bases, contribuye a la acidez del suelo, además el humus contiene grupos carboxilos de los que se disociará el hidrógeno y de esta manera existirán pequeñas cantidades de verdaderos ácidos orgánicos.

### C) Clasificación del Suelo según su Reacción.

En la actualidad no existe un método adecuado para expresar la reacción de un suelo, si decimos que un suelo es medianamente ácido, fuertemente ácido, medianamente alcalino o fuertemente alcalino, etc., ésto puede ser suficiente para ciertos fines, pero la interpretación de tales términos por distintas personas, les convierte en bastante imprecisos; a continuación se da a conocer una tabla de clasificación de pH, únicamente para ciertos fines: (6)

pH	CLASIFICACION	
	PARCIAL	GENERAL
Menos de 3.8	Muy ácidos	ACIDOS
de 3.8 a 5.5	Acidos	
de 5.5 a 7.0	Poco ácidos	NEUTROS
de 7.0	Neutros	
de 7.0 a 8.0	Poco alcalinos	ALCALINOS
de 8.0 a 9.2	Alcalinos	
de más de 9.2	Muy alcalinos	

D) Factores que influyen sobre la concentración de Hidrogeniones de la Solución de un suelo dado.

Son varios los factores que influyen, pero entre --- otros se pueden enumerar como más importantes a los siguientes: (7)

- 1º.- Cuando se utiliza para medición de la acidez de un suelo el aparato conocido como potenciómetro, este mide la concentración de hidrogeniones de la solución del suelo y no de la concentración de hidrogeniones mantenidos junto a la superficie coloidal. En otras pala bras, el electrodo de vidrio mide la acidez activa a la cual nos referimos anteriormente, pero no la pasiva o reserva.
- 2º.- Una mayor proporción de agua en el suelo mantenida en suspensión determina una disminución de la concentra ción de hidrogeniones aumentado el pH y la diferencia en la concentración de estos iones en la superficie de los coloides y en las porciones exteriores del enjam bre iónico, resulta acrecentado variando este efecto en distintos suelos y según la proporción Suelo-Agua,-

pudiendo así el suelo, según la relación del Suelo- --  
Agua utilizada, mostrar una acidez mayor o menor.

- 3º.- Cuando los suelos que son neutros o alcalinos y que --  
tienen bajo contenido de humedad, al tener una humedad  
de grado superior se convierten a menudo en ácidos o -  
débilmente alcalinos.
- 4º.- Un aumento de sales solubles (cloruros, sulfatos de --  
calcio, sodio y magnesio), en la solución del suelo --  
tiende a reducir la diferencia de concentración de hi-  
drogeniones en la proximidad de las superficies de las  
partículas y en la solución más alejada de las mismas,  
es evidente por tanto que se encontrara cierta varia-  
ción en la acidez de las muestras de tierra tomadas de  
un suelo en momentos distintos del año, por la razón -  
de que el contenido salino de los suelos varía en las-  
distintas estaciones.
- 5º.- Otro factor que influye sobre los resultados de la me-  
dición de la acidez de un suelo es la concentración de  
anhídrido carbónico en el mismo, ya que como es bien -  
sabido el porcentaje de anhídrido carbónico existente-  
en el suelo varía con la aireación que tenga y con la-  
actividad de las raíces de la planta y de los otros or-  
ganismos que viven en el suelo, demostrándose que la -  
acidez del suelo aumenta cuando el contenido de anhí-  
drido carbónico también aumenta, por lo que se debe --  
cuidar de airear bien el suelo al cual se le vaya a de-  
terminar su acidez. Si las determinaciones de acidez -  
se llevan a cabo corrientemente en el suelo, es decir,  
directamente en el campo el efecto de anhídrido carbó-  
nico sobre los resultados de las mediciones deben mere-  
cer una consideración detenida.

Por debajo de un pH de 6, la influencia del anhí--

drido carbónico sobre la reacción del suelo es más marcada, ésto probablemente debido a la formación de otros ácidos -- más fuertes.

## 2.- La Planta y la Acidez:

Las plantas, para su mejor desarrollo requieren - ciertas condiciones de pH, algunas prefieren suelos con --- reacción ácida y otras requieren de suelos con reacción alcalina; pero la gran mayoría de ellas prefieren de suelos - de reacción cercana a la neutralidad.

A) Razones por las que muchas plantas que se cultivan no prosperan en suelos fuertemente áci - dos.

Se creyó durante muchos años de un modo general, - que los ácidos que se suponían existentes en el suelo eran nocivos para las raíces de las plantas, pero a medida que - se comprendió mejor la naturaleza de la acidez del suelo, - se fue despertando un mayor interés por conocer las causas - del menor desarrollo de las plantas en suelos ácidos.

Los efectos de la concentración de hidrogeniones - sobre las raíces de las plantas y de la absorción de nutrientes, fueron cuidadosamente investigados cultivando plantas en soluciones nutritivas de pH variable, se pudo demostrar que las raíces sufren verdadero daño con un pH de 3. - Sin embargo muchas plantas se desarrollaron satisfactoria - mente con valores de pH entre 4 y 8, y como resulta que son pocos los suelos que tienen reacciones que exceden de estos límites, es evidente que alguna otra causa distinta a la ac - ción de los hidrogeniones provoca el escaso desarrollo de - las plantas en los suelos ácidos.



Se ha observado que los suelos ácidos contienen - cantidades variables de aluminio soluble, y dado que este elemento resulta tóxico para muchas plantas, se ha formulado la teoría de que el aluminio soluble, es una de las causas del desarrollo deficiente de las plantas en los suelos ácidos. En estos suelos pueden existir también cantidades - apreciables de manganeso soluble, siendo este elemento tóxico para algunas plantas. No todas las plantas son igualmente sensibles al manganeso y al aluminio solubles; de hecho algunas plantas son dañadas por el aluminio, sin embargo se muestran bastante resistentes al manganeso, como ejemplo de esto tenemos a la remolacha, y al contrario ciertas plantas son sensibles al manganeso y relativamente resistentes a la toxicidad del aluminio, como ejemplo tenemos a la patata. - En cambio la avena, el centeno y algunos otros cultivos son resistentes al aluminio y al manganeso.

Una deficiencia del calcio disponible es otra explicación del escaso desarrollo de muchas plantas en suelos ácidos. Existen ciertas plantas que en suelos ácidos crecen bastante bien cuando se les suministra calcio de una sal -- neutra que no influya sobre la acidez, la soya puede in--- cluirse en este grupo. La cantidad de calcio empleada por - un cultivo, no constituye siempre un criterio sobre su tole rancia o sensibilidad a la acidez, por ejemplo, existen cul tivos que utilizan una cantidad considerable de calcio, y - sin embargo se desarrollan razonablemente bien en muchos -- suelos ácidos, la disponibilidad de fósforo es así mismo ba ja en suelos fuertemente ácidos, pero una carencia de este elemento puede contribuir al menor desarrollo del cultivo.

Se debe recordar que todos los suelos que tienen un mismo grado de acidez, no son igualmente deficientes en calcio disponible y no contienen las mismas cantidades de - aluminio o manganeso soluble; por consiguiente, no todos --

los suelos que tienen la misma cifra baja de pH han de ejercer los mismos efectos perjudicables sobre el cultivo dado, además pueden existir en suelos ácidos, componentes distintos a los mencionados, que resulten nocivos para determinadas plantas.

Los cultivos son en general más resistentes a la acidez en los climas húmedos y fríos, que en las regiones de temperaturas elevadas y escasa precipitación. Las razones de este hecho no son muy claras, dado que nuestros conocimientos sobre las relaciones entre planta y suelo, distan de ser completos (7).

#### B) Preferencia de las plantas por la acidez.

Algunas plantas que se desarrollan muy bien en -- suelos fuertemente ácidos, no crecen ahí porque prefieren este medio, sino que pueden competir mejor con otras plantas en tales sitios. Cierta número de estas plantas crecerán más exuberantes en suelos con un pH más elevado y a veces en suelos alcalinos, sin embargo, existen algunas plantas que se desarrollan de un modo satisfactorio solamente en suelos ácidos. No se ha explicado este fenómeno, pero puede ser debido a la intolerancia, a una elevada concentración del calcio disponible, o a una gran demanda de hierro que no puede ser satisfecha en suelos de pH más alto o ambas causas a la vez.

### 3.- La Planta y la Alcalinidad:

Varias plantas crecen defectuosas en suelos fuertemente alcalinos y no por la alcalinidad o a la concentración de iones OH, sino porque las plantas son incapaces de obtener un suministro suficiente de todos los nutrimentos.

Los elementos nutritivos que más probablemente es casean en los suelos alcalinos son, el manganeso, el boro y a veces el hierro. Por desgracia, en un suelo alcalino se hallan el manganeso y el hierro altamente oxidados y por lo tanto insolubles, y el fósforo y el boro forman compuestos muy insolubles. Así pues con frecuencia se aprecian síntomas de deficiencia nutritiva en cultivos que crecen en suelos que se encuentran naturalmente, cerca de la neutralidad o alcalinidad y en suelos que han sido excesivamente encalados. Los elementos que la mayoría de las veces se hayan -- disponibles en cantidades demasiado pequeñas en suelos con altos valores de pH, son los que ya anteriormente se mencionaron; estas deficiencias pueden corregirse temporalmente -- mediante adiciones en sales solubles de dichos elementos -- causantes de la deficiencia, procedimiento que se recomienda en la práctica agrícola general. Sin embargo, en la producción agrícola intensiva que se lleva a cabo en extensiones de tierra relativamente pequeñas, el método más práctico y permanente de corregir el estado del suelo, consiste -- en reducir el pH mediante el empleo de agentes acidificantes como el azufre, sulfato de hierro o de aluminio.

También la adición al suelo de cantidades considerables de materia orgánica que se descomponga rápidamente y libere anhídrido carbónico, es de utilidad para contrarrestar los efectos perjudiciales de la alcalinidad.

Un método simple de calcular la cantidad de cualquiera de los agentes acidificantes necesarios para reducir la alcalinidad de un suelo hasta un punto dado, consiste en aplicar cantidades distintas del producto químico a pesos -- iguales del suelo y determinar el pH de la mezcla tras dejar transcurrir un tiempo suficiente para que se produzcan las reacciones correspondientes; este mismo método simple -- puede utilizarse cuando se quiere reducir la acidez del sue

lo, siempre y cuando no se disponga de otro más exacto o no se quieran obtener resultados de más presión, únicamente -- que aquí el elemento que se agregará será algún material ca lizo.

#### A) Reducción de la Alcalinidad en los Suelos

Mediante la presencia de  $\text{Ca Co}_3$ , los suelos bien-aireados pueden alcanzar un pH de 8.4, sin embargo, en suelos anegados el pH puede elevarse por encima de esta cifra. En suelos drenados un pH superior a 8.4 indica que el sodio es el catión predominante en el complejo de absorción y que existirá en la solución del suelo cierta cantidad de carbonato sódico.

El primer paso en la reducción de la alcalinidad de los suelos, consiste en cambiar el sodio existente en el complejo o bajo la forma de carbonato sódico, a una sal neu tra como el sulfato. Esto puede realizarse agregando sulfa to o sulfuro de calcio finamente pulverizado; es también ne cesario que exista una cantidad considerable de calcio solu ble, lo cual se consigue especialmente enterrando abonos -- verdes o estiércoles que liberen grandes cantidades de anhí drido carbónico al descomponerse, con la consiguiente forma ción de carbonato cálcico.

El segundo paso consiste en la eliminación de las sales solubles mediante lixiviación; los cloruros y los sul fatos son las sales que más conviene eliminar. Rara vez -- existen nitratos suficientes que resulten dañinos para los cultivos.

Se ha demostrado que tan sólo con la lixiviación-- basta para eliminar el sodio y las sales solubles indesea-- bles de los suelos alcalinos, sobre todo si se emplean los-

abonos verdes. Para que la lixiviación sea eficaz, es necesario un buen drenaje, sin embargo, el uso del yeso o azufre acelera el proceso.

Mediante estos métodos propuestos, puede reducirse al pH lo bastante para permitir la absorción de nitrato y fosfato por la planta (7).

#### 4.- Efecto de los Fertilizantes sobre la Reacción del Suelo:

La influencia del hombre sobre los suelos y el mal manejo que éste ha hecho de ellos, ha causado en algunas ocasiones que el pH aumente o descienda hasta un nivel crítico para el desarrollo de los vegetales.

Las técnicas actuales de manejo de suelos, requieren de una fertilización sistemática y adecuada de los mismos; de lo contrario se tendrá como consecuencia en un período más o menos corto, la modificación del pH a un grado tal que se puede llegar a la completa esterilización del suelo. Un determinado fertilizante nitrogenado, tiene un efecto inmediato directo en la acidez del suelo y un efecto residual que se produce más lentamente.

El efecto directo puede afectar el desarrollo de la planta cuando el pH se encuentra en un nivel inadecuado para la utilización de un micronutriente

En suelos que son ligeramente ácidos o ligeramente alcalinos, que contienen manganeso, Zinc y boro, en formas no aprovechables, los materiales acidificantes tenderán a aumentar su aprovechamiento mientras que los materiales con efecto básico, tenderán a reducirlo. Por otro lado en un suelo ácido donde el aprovechamiento del manganeso es --

excesivo, los materiales acidificantes pueden producir toxicidad y los materiales básicos tenderán a corregir su toxicidad; tales efectos dependen del pH del suelo y del grado hasta el cual un ingrediente determinado tienda a reforzar o contrarrestar la acidez o alcalinidad del mismo. Este último aspecto depende en el caso de la aplicación de fertilizante al suelo, de la calidad y naturaleza química de éste y de la resistencia que opone el suelo a modificar su pH (3).

Así pues, por todo lo anteriormente expuesto, se puede observar que cuando se agrega fertilizante a suelos de diferente tipo de reacción, el pH tiende a variar hacia la acidez o a la alcalinidad, dependiendo de las características químicas del fertilizante con una intensidad que dependerá principalmente del poder amortiguador del suelo, tema que a continuación trataremos.

#### 5.- El Poder Amortiguador del Suelo:

Los suelos que por su génesis o bien que por su manejo se les ha ocasionado un abatimiento en el pH hasta un nivel crítico para el uso agrícola, necesitan de prácticas de encalado para llevar el pH del suelo hasta un nivel requerido por la planta que se cultive, esta cantidad de material calizo dependerá del poder amortiguador del suelo, ya que suelos con el mismo pH ácido, pero con diferente poder amortiguador, necesitarán cantidades diferentes de material calizo.

Así pues en la práctica correcta de un programa de encalado de los suelos ácidos, o bien de uno en particular, es necesario conocer el poder amortiguador, ya que los diversos grupos de suelos necesitan dosis de material de encalado diferentes para corregir grados de acidez similares.

Sobre el poder amortiguador de los suelos y su -- utilización práctica existe muy poca información, por lo -- que se hace indispensable un estudio especial dedicado ex- -- clusivamente a encontrar cual es el poder amortiguador de -- los diferentes suelos, cuales son sus valores máximos y m- -- nimos y encontrar un sistema que nos permita correlacionar- -- los valores de amortiguamiento para diferentes tipos de sue- -- los.

Un máximo de amortiguamiento indica el rango de -- pH en el que el suelo se resiste más intensamente a cambiar su reacción y por lo tanto, necesitará de una mayor canti- -- dad de ácido o base para cambiar esa situación o ese estado de pH. Al contrario, un mínimo de amortiguamiento indica -- que el suelo se resiste menos a cambiar su pH por lo que ne- -- cesitará menos cantidad de cal para cambiar su estado de -- pH (3).

A continuación se presentan algunos conceptos so- -- bre el poder amortiguador de los suelos, dados por diferen- -- tes autores:

Russell N. J. y Russell N. Walter (12)

Dicen que el suelo es un amortiguador, por redu- -- cir la elevación del pH al añadir un álcali y que las cur- -- vas de amortiguamiento en las arcillas, son afectadas por -- tres mecanismos distintos:

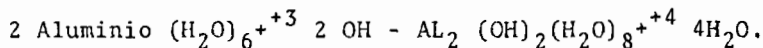
- 1o. Por la carga permanente de la red cristalina debida a -- la substitución isomórfica.
- 2o. La carga pH o disociación de iones  $H^+$  a partir de  $\bar{O}H$  -- situados en los bordes de la red cristalina y unidos a -- átomos de silicio.

30. Por la presencia de aluminios hidratados de los que -- pueden disociarse iones  $H^+$  a partir de moléculas de -- agua.

Schefiel, ha demostrado que las curvas de amortigua--- miento en suelos ácidos, dependen del aluminio y ha sugerido el siguiente mecanismo:

Cuando el pH es menor de 4, el aluminio se presenta co mo iones aluminio sencillos con 3 cargas positivas y rodeado de 6 moléculas de agua.

Cuando el pH se eleva por la adición de base, se disocian una o dos moléculas de agua que rodean el aluminio y - da un compuesto aluminico de valencia 4.



Cuando el pH se hace pasar de 5, estos complejos o uni dades, se unen y precipitan en forma de  $AL (OH)_3$ , permanece así hasta pH de 9 momento en el que se rompe ese ion aluminio, dando anión aluminato  $AL (OH)_4^-$ .

Meia, Bukman y Brady (2 y 8), han encontrado que el poder amortiguador es la resistencia que oponen los suelos a modificar su pH cuando se les añade ácidos o álcalis. La - importancia de esta propiedad es muy grande porque en sue-- los diferentes al agregar las mismas cantidades de ácido o álcali, dan pH distintos a partir de uno igual para todos y que su exacto conocimiento permitirá añadir cal en distin-- tas dosis para conseguir el mismo efecto en cada uno de e-- llos. Resumen diciendo que el poder amortiguador del suelo, depende del intercambio iónico, del estado de disociación - del hidrógeno y de las reacciones que tienen lugar entre es te y los cationes metálicos y que se haya en proporción di-



recta con la capacidad de intercambio catiónico.

Demelon (4), usa el término de poder tampón de -- los suelos en lugar de amortiguador del suelo y lo define -- como la cantidad de ácido o base 0.1 normal requerido para producir una determinada variación en el pH y que la mayoría de los suelos resisten mejor la acidificación que la alcalinización.

Robinson (11), dice que la arena es más fuertemente amortiguada en la parte alcalina que en la ácida y que -- en general, el poder amortiguador de los suelos depende del contenido del material activo coloidal, es decir de la arcilla y del humus. Lo anterior lo obtuvo usando la siguiente técnica.

A frascos con 30 cm<sup>3</sup> de agua se le agregan cantidades variables de HCL 0.1 N. o Ca (OH)<sub>2</sub> 0.1N respectivamente, dichos frascos tienen 10 grs. de suelo, se agitan y se dejan en reacción durante 24 horas y se les determina el pH electromagnéticamente. Se hace lo mismo para un patrón sin suelo. La divergencia de una curva determinada de esta curva patrón da la medida del valor de la interacción entre el suelo, el ácido o álcali. En esta forma se observa que la curva correspondiente a una arena silicea, se aproxima a -- la curva patrón, indicando sólo una ligera interacción.

En la curva correspondiente a la arena, al agregar 2 cc. de ácido produce un cambio de 2.75 en el pH y 2cc de álcali producen un cambio de 2 en el pH.

Se agregaron 5 cc. de álcali a un suelo podzol -- del horizonte A, a arcilla fangosa, a humus fresco y a la -- arena, encontrando cambios en el pH de 1, 1.3, 0.2 y 4.5 -- respectivamente,

Sharp y Hoogland, encontraron que la capacidad -- amortiguadora de los suelos es afectada directamente por la cantidad y la naturaleza de las arcillas y la definen como la capacidad de los suelos para resistir un cambio en su -- reacción al añadir ácido o álcali.

Baver, dice que la materia orgánica aumenta la capacidad amortiguadora de los suelos y que las arcillas y coloides orgánicos, juegan un papel muy importante en el poder amortiguador de los suelos.

Matususaka y Sherman (9), encontraron que los suelos de cada gran grupo, necesitan diferentes dosis de material de encalado para corregir un grado de acidez similar. Dicha variación en el requerimiento de material de encalado está asociada con las diferencias en el poder amortiguador de los suelos.

Cada gran grupo de suelos estudiados en las islas Hawaii presenta una capacidad de amortiguamiento diferente y la variación de esta propiedad en los suelos de las diversas familias de cada gran grupo fue pequeña.

El efecto de la materia orgánica en el poder amortiguador se observa a pH mayor de 5.5, ya que las substancias húmicas del suelo son más solubles en el lado alcalino y son precipitadas en el medio ácido. De esta manera la capacidad de amortiguamiento mayor en el rango neutro o alcalino del suelo, puede atribuirse a la mayor disociación de los compuestos orgánicos, así pues para concluir este estudio sobre el poder amortiguador del suelo que como se puede observar, dista mucho de ser completo, ya que anteriormente se dijo que son pocas las investigaciones realizadas sobre este tema, diremos que en México dominan los suelos susceptibles de cultivo, es decir, con reacción neutra, pero debi

do al mal uso que de ellos se ha hecho y la producción industrial que elabora sustancias fertilizantes con residuos ácidos tales como sulfato de amonio, urea, etc., al aplicar los al suelo, con el tiempo habrá la tendencia de bajar el pH, llegando hasta el extremo de esterilizarlo, como ha sucedido ya en la actualidad en algunas estaciones experimentales.

Es por esto por lo que se hace necesario realizar estudios más profundos sobre el poder amortiguador de los suelos, haciendo investigaciones que nos permitan saber cual es el poder amortiguador de los diferentes tipos de suelos; tanto en las zonas ácidas en el Estado de Jalisco, como en las de toda la República, encontrando además las representaciones gráficas del amortiguamiento en estas zonas y en estos diferentes tipos de suelos, así como también encontrar un método que nos permita correlacionar los valores de amortiguamiento. Todo esto dará por resultado un mayor y más durable aprovechamiento del suelo por las plantas y por lo tanto, un mejor desarrollo de las mismas, mayores rendimientos y más utilidades.

#### 6.- El Encalado del Suelo:

La corrección de la acidez del suelo, mediante la adición de compuestos de calcio o de calcio y magnesio es una práctica corriente en los climas húmedos, debe destacarse que la finalidad de la aplicación de estas sustancias básicas no es tanto la reducción de la acidez, como la corrección de las condiciones del suelo que acompañan a una reacción ácida.

Los productos generalmente más usados para corregir la acidez, son los carbonatos y los hidróxidos de calcio y magnesio.

Las cantidades de los diferentes materiales calizos que deben aplicarse, dependen de múltiples factores algunos de los cuales son los siguientes:

- 1o. La intensidad de la acidez del suelo o la cifra de pH.
- 2o. La capacidad tampón del suelo o su acidez de reserva.
- 3o. El porcentaje de saturación del complejo de cambio.
- 4o. El poder amortiguador del suelo.
- 5o. El tipo de planta que va a cultivarse.
- 6o. La finura de la piedra caliza o de otros carbonatos, cuando estos se utilizan.
- 7o. La cantidad de manganeso fácilmente reducible, existente sobre todo en los suelos orgánicos

#### A) El Encalado de los Suelos Orgánicos

La reacción de los suelos orgánicos varía mucho, se ha visto que algunos depósitos de turba tienen un pH de 3 como cifra más baja y otros de 8.3 como cifra más alta. No solamente existe una gran variación en la reacción de diferentes zonas de un suelo orgánico, sino que es frecuente hallar una diferencia considerable en el pH de diversas partes de un mismo depósito.

En un depósito de turba fuertemente ácido, pueden surgir zonas ligeramente ácidas o alcalinas a consecuencia de la combustión o de la presencia de manantiales de agua alcalina quedando claro por lo tanto, que los valores de pH no son índices seguros de las necesidades de cal de suelos orgánicos. Por ejemplo, se han obtenido máximas cosechas -

de cebolla con la aplicación de 2 y 8 tons. de carbonato de cal a suelos que tenían un pH de 3.7 y 3.6 y así mismo se han obtenido máximas cosechas en suelos con un pH de 4.2 y de otro con pH de 5.3. Estos datos indican que el valor -- del pH no siempre es una indicación segura que un suelo pue de ejercer sobre el desarrollo de un cultivo (7).

Por lo tanto, al parecer no existe un procedimiento simple para determinar las necesidades de cal de los suelos orgánicos, aunque se considera habitualmente que suelos con un pH de 4.6 o superior, no necesitan cal.

#### B) Peligros del Encalado Excesivo.

La experiencia ha demostrado que las adiciones de cal necesarias para llevar el pH de un suelo fuertemente -- ácido, hasta cerca o por encima del punto neutro, pueden re sultar perjudiciales para ciertos cultivos. No todas las - plantas son igualmente susceptibles al daño ocasionado por esta práctica, el daño se manifiesta en la menor disponibi lidad de ciertos nutrimentos, en especial manganeso y boro, pero a veces potasio y posiblemente otros elementos, el da ño es más probable en suelos arenosos, bien avenados, some tidos a una lixiviación intensa.

Los suelos de textura fuerte y muy taponados tie nen por lo general una mayor reserva de estos elementos nu tritivos y las plantas cultivadas en ellos no es muy proba ble que sufran daños por las intensas aplicaciones de cal, - no obstante el encalado excesivo de estos suelos ha dañado los cultivos.

Además, una planta puede crecer satisfactoriame nte en suelos que tienen un pH elevado en condiciones natura les, pero puede resultar dañada por un encalado intenso ---

cuando se desarrolla en un suelo fuertemente ácido, una explicación de este fenómeno reside en el hecho de que el suelo naturalmente neutro o alcalino, no ha sido sometido a -- una lixiviación tan intensa y por lo tanto, no ha sido es-- quilmado de su suministro de nutrimentos disponibles, en - la amplitud con que lo ha sido un suelo ácido. Es posible- también que el suministro original de estos elementos fuese mayor en el suelo ácido.

Generalmente es más aconsejable reducir la acidez de suelos arenosos fuertemente ácidos por etapas mediante - varias adiciones de cantidades moderadas de cal, en lugar - de una sola vez por medio de una aplicación masiva. Así -- mismo el peligro de déficit nutritivo puede ser evitado --- aplicando un fertilizante que contenga los elementos que se supone escasean en el suelo.

#### IV.- MATERIALES Y METODOS

En este capítulo trataremos entre algunos otros, a los siguientes aspectos:

Qué materiales se utilizaron para el estudio, dónde fueron tomados, qué criterio se siguió para la localización de las zonas con suelos ácidos en el Estado de Jalisco, número de zonas en el estado con suelos ácidos, número de muestras tomadas por zona, etc. Así mismo se verá el método que se utilizó para encontrar las necesidades que estos suelos tienen de cal para hacer que su valor de pH pase del actual a cualquier otro que sea considerado óptimo para el desarrollo de cultivos que más convengan a los intereses del productor.

##### 1.- Materiales Utilizados.

Los materiales que se utilizaron para el desarrollo de este estudio sobre el encalado, fueron muestras de suelo tomadas completamente al azar y representativas de cada una de las zonas que se encuentran en el Estado de Jalisco y en las cuales predominan los suelos con pH ácido.

Para la determinación y localización de las áreas con suelos ácidos en el Estado, se contó con la valiosa colaboración del Director de esta Tesis, C. Ing. Rafael Ortiz Monasterio, persona que cuenta con una gran experiencia y amplios conocimientos sobre los diferentes tipos de suelos que predominan, no únicamente en el Estado de Jalisco, sino que también en algunas otras partes de la República.

El número de zonas así localizadas y que cuentan con suelos que tienen valores de pH ácido, fueron tres; es-

tas zonas son hasta cierto punto, de fácil identificación - por estar bien diferenciadas y por ser ampliamente conocidas en el Estado.

A continuación las daremos a conocer y proporcionaremos algunas características sobresalientes para su más fácil reconocimiento.

10. Suelos Rojos de la Zona de Los Altos, comprende a todos los suelos que se encuentran en esta Región de Los Altos de Jalisco y tiene como principales características su color rojo, un pH que va desde 4.9 a 5.7 en condiciones naturales, un contenido de materia orgánica - que varía generalmente entre 1.74 y 2.68%, encontrándose se como promedio, suelos con un contenido de materia orgánica de 2.21%, la textura que predomina en los suelos de esta zona, varía de franco arcilla arenosa, a franco arenosa; la capacidad de intercambio catiónico - que por lo general tienen los suelos de esta región, - es alrededor de 39.6 me/100 g.

Las poblaciones comprendidas por esta faja de suelos rojos, son entre otras, las siguientes: Jesús María, Tepatitlán, Arandas, Tequila, Capilla de Guadalupe, -- San Ignacio Cerro Gordo, etc., etc

20. Zona del Valle de Guadalajara, comprende a todos los suelos que se encuentran en esta región y que tienen - como principal característica, al tipo de suelo conocido como formación Jal., (de Xali = arena en Azteca), - el cual predomina en el Valle y es donde se encuentra asentada la Ciudad de Guadalajara, el color característico de jal, es ligeramente amarillo, pero al combinarse con la material orgánica que se agrega o se incorpora principalmente en las capas superficiales, cambia -



su fertilidad, textura, estructura y su color a ligeramente más oscuro. Este tipo de suelos tiene en condiciones naturales un pH que va desde 4.9 a 5.9, un contenido de materia orgánica que varía generalmente entre 1.2 y 2.2% encontrándose como promedio, suelos con un contenido de materia orgánica de 1.54%, la textura que predomina en los suelos de esta zona varía de arena franco a franco arenosa, la capacidad de intercambio catiónico que por lo general se tiene es alrededor de 20.6 me/100 g. Las poblaciones comprendidas por esta zona son entre otras las siguientes: Cd. de Guadalajara, Atemajac, Zapopan, San Pedro, Tesistán, etc., etc.

30. Zona de la Costa, comprende a todos los suelos que se encuentran en esta Región de la Costa de Jalisco y tiene como principales características al tipo de suelo de color rojo, un pH que va en condiciones naturales de 5.3 a 6.5, un contenido promedio de materia orgánica de 1.73%; la textura que predomina varía de franco arenosa a franco arcilla arenosa, la capacidad de intercambio se encuentra por lo general en estos suelos alrededor de 31 me/100 g. Las poblaciones comprendidas por esta zona de suelos ácidos son entre otras: Casimiro Castillo, Purificación, La Concha, La Huerta, etc., etc.

Como se puede observar, el número de zonas localizadas fueron tres, las cuales se procedió a muestrear por separado tomando cada muestra a una profundidad de 25 cms. y siguiendo los lineamientos que se piden para la toma de éstas, teniendo al final 18 muestras representativas a las cuales se les realizaron diferentes determinaciones y se les aplicó a cada una de ellas, en forma individual, el método que a continuación veremos.

## 2.- Método Utilizado.

Existen en la actualidad varios métodos que se -- pueden aplicar para medir las necesidades o requerimientos -- que los suelos tienen de cal para aumentar su valor de pH -- hasta otro más adecuado y lograr así un mayor desarrollo de los cultivos. El término requerimiento de cal se emplea -- frecuentemente refiriéndose a la cantidad de cal que hay -- que aplicar a un suelo dado, esta expresión resulta útil al discutir el encalado con los agricultores, pero su significado es muy definido cuando lo emplean distintos autores. -- Por ejemplo, puede utilizarse para designar la cantidad de cal necesaria para neutralizar un suelo, por otro lado puede referirse a la cantidad de cal necesaria para llevar un suelo a un pH que se considere conveniente para el sistema de cultivo que se está siguiendo en él. En el presente estudio el término se usará para indicar la cantidad de cal -- que se necesita para hacer que el valor del pH pase del actual a cualquier otro deseado.

Generalmente se utilizan dos métodos; primero, -- tratamiento con solución titulada de hidróxido de calcio -- que es el más conveniente, pero requiere de más tiempo y equipo. Segundo, desarrollado por Shoemaker (1959), depende de la depresión en pH de una solución tampón, cuando se le añade material de suelo, es rápido e incluye un mayor error, pero puede determinarse para la evaluación de las necesidades de cal en un gran número de muestras en un tiempo relativamente corto.

Con la finalidad de tener una mayor precisión en los resultados para calcular la cantidad de cal que es necesario agregar al suelo para elevarle su pH, en esta investigación se utilizó el primer método (Tratamiento del suelo -- con solución titulada de hidróxido de calcio), por conside-

rarse más exacto, procediéndose a realizar la siguiente técnica de laboratorio: (5)

#### Reactivos:

Solución de hidróxido de calcio, añádase 1 gr. de óxido de calcio ó 1.5 gr. de hidróxido de calcio por cada litro de agua libre de dióxido de carbono (en este caso se utilizó 1.5 gr. de hidróxido de calcio), mézclase y déjese en reposo protegiéndolo del aire hasta que el exceso se asiente. Sitóñese la solución y manténgase en una botella protegida del dióxido de carbono del aire.

#### Procedimiento:

Póngase 10 gr. de material de suelo ácido en cada uno de siete vasos de precipitados de 100 ml y agréguese 0, 5, 15, 20, 30, 40, 50 ml de la solución de hidróxido de calcio a los vasos de precipitados numerados de 1 a 7 respectivamente. Añádase agua suficiente para hacer que cada muestra tenga una razón del material de suelo al agua de 1:5, - déjese en reposo durante 3 días y determínese el valor del pH de la suspensión. Hágase una gráfica del pH en función de los miliequivalentes de calcio añadidos por 100 g. de material de suelos y determínese la cantidad de cal necesaria para que el pH llegue al nivel deseado. Un miliequivalente de calcio por 100 g. es igual a 400 Kg de Ca/ha, 560 Kg de CaO/ha, 740 Kg de  $\text{Ca}(\text{OH})_2/\text{ha}$  y a 1,000 Kg de  $\text{Ca CO}_3/\text{ha}$ , suponiendo que la cal se mezcle con 2'000,000 de Kg. de suelo en la capa arable.

#### Observación:

Este método puede utilizarse cuando se quiere mayor exactitud y el número de muestras no sea muy grande. Al

aplicar este procedimiento se necesitan tres días para que se verifique la reacción con hidróxido de calcio, cuando el material es de suelos ácidos para llegar a un equilibrio aproximado. En realidad en este tiempo se completa aproximadamente al 97% de la reacción y el equilibrio real se alcanza al cabo de muchos días. Además se hace la observación de que como resultado de la aplicación de este método y considerando un total de 18 (6 por zona), se procedió a analizar a cada una de ellas, haciendo variar tal y como el método lo indica, desde 0, 5, 15, 20, 30, 40 y 50 ml., el contenido de  $\text{Ca (OH)}_2$  de cada muestra de tal forma que se realizaron siete determinaciones por muestra, sumando por lo tanto un total de 126 determinaciones, siguiendo en cada una de ellas el procedimiento indicado por el método anterior.

N O T A :

Para tener mayor precisión, este procedimiento se repitió tres veces a cada una de las 18 muestras obteniendo se resultados similares.

## V.- R E S U L T A D O S

Las gráficas que en este capítulo se presentan, nos indican los resultados obtenidos de esta investigación en el eje de las abscisas se nos da a conocer las cantidades en kilogramos ya sea de calcio (Ca), óxido de calcio ( $\text{CaO}$ ), hidróxido de calcio  $\text{Ca (OH)}_2$ , ó de carbonato de calcio  $\text{Ca CO}_3$ , que es necesario agregar al suelo para elevarle a este su pH. En el eje de las ordenadas se nos dan a conocer los cambios o elevaciones que tiene el suelo en su pH como efecto de agregar determinada cantidad de material calizo.

Las gráficas nos muestran los resultados para cada una de las tres diferentes zonas de suelos del Estado de Jalisco estudiadas, encontrando distintos cambios en el pH de cada zona aún cuando se agregan las mismas cantidades de material encalado, ésto debido en gran parte al desigual poder amortiguador de cada una, e inclusive al de cada zona en particular. En cuanto a los cálculos que se realizaron para que los mililitros de hidróxido de calcio  $\text{Ca (OH)}_2$  que se agregaron a cada muestra, pasarán a kilogramo de calcio por hectárea, a kilogramos de óxido de calcio por hectárea, a kilogramos de hidróxido de calcio por hectárea y a kilogramos de carbonato de calcio por hectárea. A continuación se da un ejemplo donde se indica el procedimiento utilizado respectivamente, para encontrar lo anterior.

Procedimiento para transformar los mililitros de  $\text{Ca (OH)}_2$  gastados o agregados al suelo a Kg. de  $\text{Ca/Ha}$ .

Ejemplo: Cuando se agrega a la muestra de suelo 5 ml. de solución de  $\text{Ca (OH)}_2$ .

5 ml. de solución de  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  x 0.0348 normalidad de la solución de  $\text{Ca}(\text{OH})_2 = 0.174$  ml. normales.

Si tenemos que: 1 ml. normal de  $\text{Ca}(\text{OH})_2 \rightarrow 0.020$  gr de  $\text{Ca}$   
 $0.174 \quad + \quad X$

$$X = 0.174 \times 0.020 = .00348 \text{ gr. de Ca.}$$

.00348 gr. de  $\text{Ca}$  en 5 ml. de  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  en 10 gr. de muestra de suelo.

.0348 gr. de  $\text{Ca}$  en 5 ml. de  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  en 100 gr. de muestra de suelo.

.0000348 Kg. de  $\text{Ca}$  en 5 ml. de  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  en 0.1 Kg. de muestra de suelo.

Si se mezcla con 2'000,000 <sup>Kg. de S.</sup> de suelo tendremos:

$$3.48 \times 10^{-5} \rightarrow 10^{-1}$$

$$X = \frac{(2 \times 10^6) (3.48 \times 10^{-5})}{10^{-1}}$$

$$X = (2 \times 10^6) (3.48 \times 10^{-5}) (10)$$

$$X = (2 \times 10^1) (3.48) (10)$$

$$X = (200) (3.48)$$

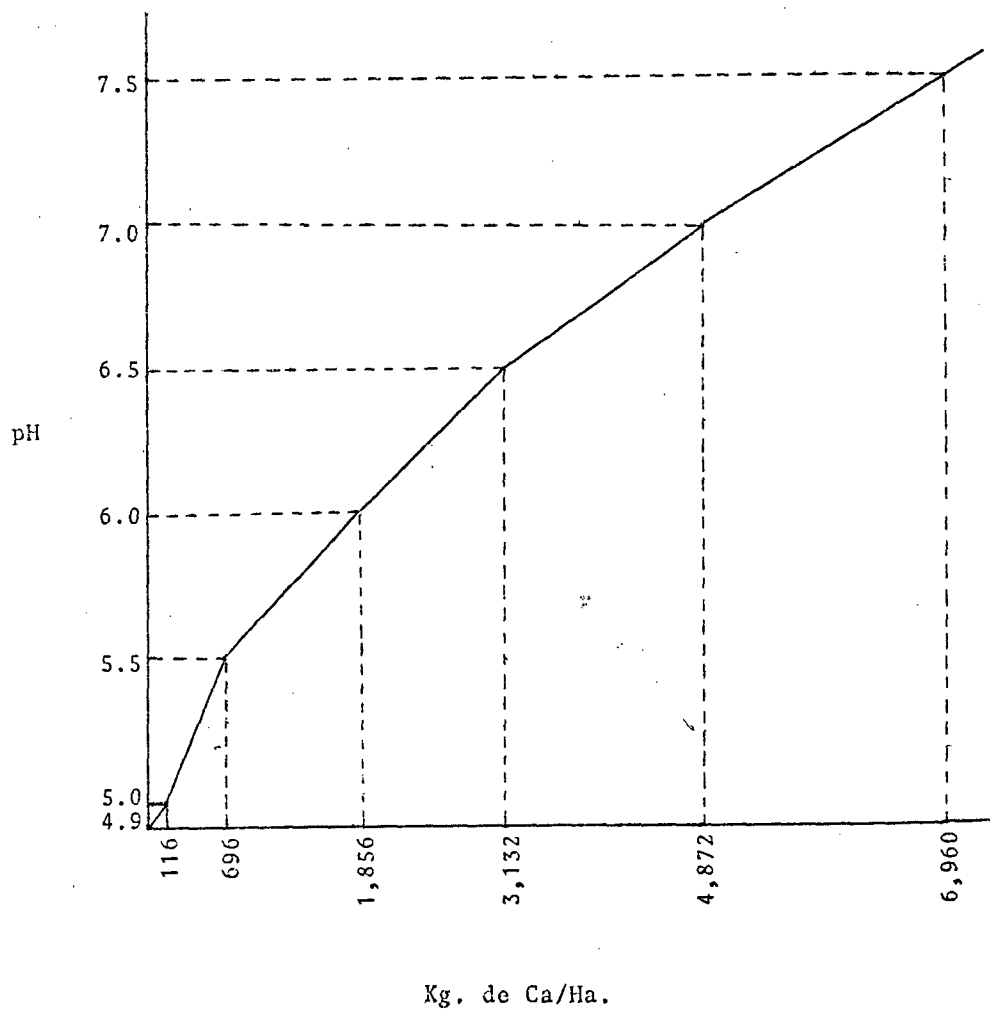
$$X = 696 \text{ Kg. de Ca/Ha.}$$

De acuerdo a lo anterior, 5 ml. de Hidróxido de -- Calcio en solución y de la normalidad igual a 0.0348, equivalen a agregar al suelo un total de 696 Kg. de  $\text{Ca}/\text{Ha}$ , suponiendo que se mezcle con 2'000,000 de Kg. de suelo.

Este mismo procedimiento se siguió para cada una de las variaciones aplicadas de  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  que como anteriormente se dijo, fueron de 0, 5, 15, 20, 30, 40 y 50 mililitros.

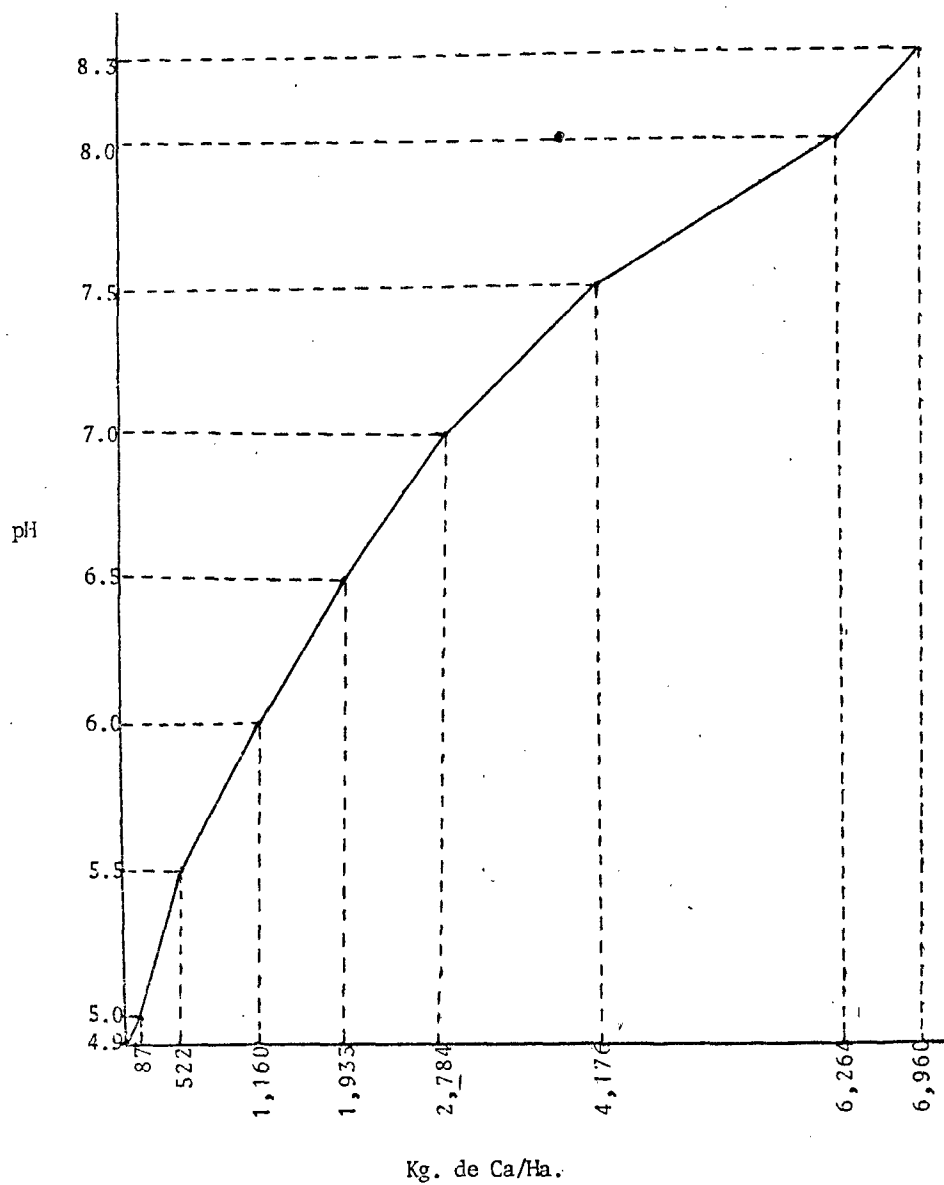
El cambio sufrido por los suelos de las tres diferentes Zonas estudiadas se indica en las gráficas, así como también se indican los requerimientos de calcio que éstos - suelen necesitan por hectárea para llevar su pH a cualquier otro deseado.

## SUELOS ROJCS DE LA ZONA DE LOS ALTOS DE JALISCO.

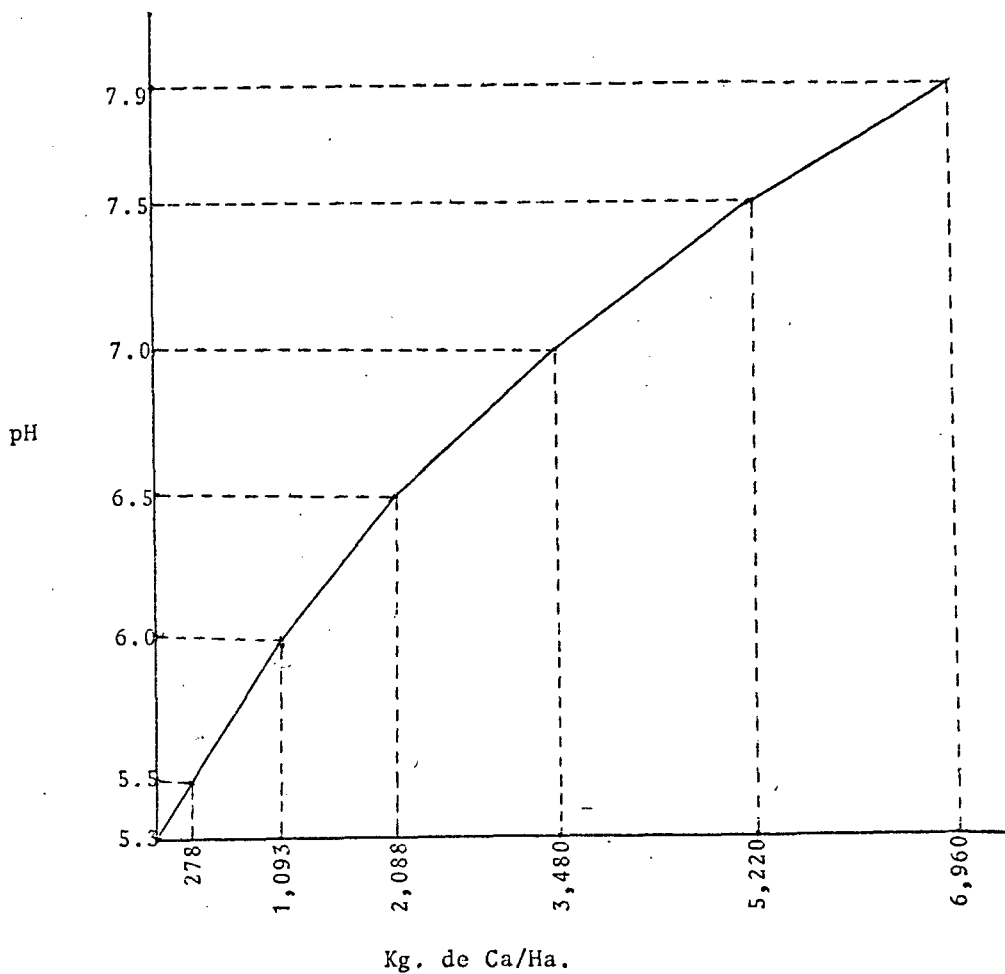




## SUELOS DEL VALLE DE GUADALAJARA.



## SUELOS ROJOS DE LA ZONA DE LA COSTA DE JALISCO.



Procedimiento utilizado para transformar los kilogramos de calcio por hectárea a kilogramos de óxido de calcio por hectárea.

1er. Ejemplo:

Peso atómico del CaO = 56

Ca = 40

o =  $\frac{16}{56}$

56

Por lo tanto si 56 Kg de CaO - 40 de Ca.

X

- 116 de Ca.

$$x = \frac{116 \times 56}{40} = 162.4 \text{ Kg. de CaO/Ha.}$$

2do. Ejemplo:

Si 56 Kg. de CaO - 40 de Ca

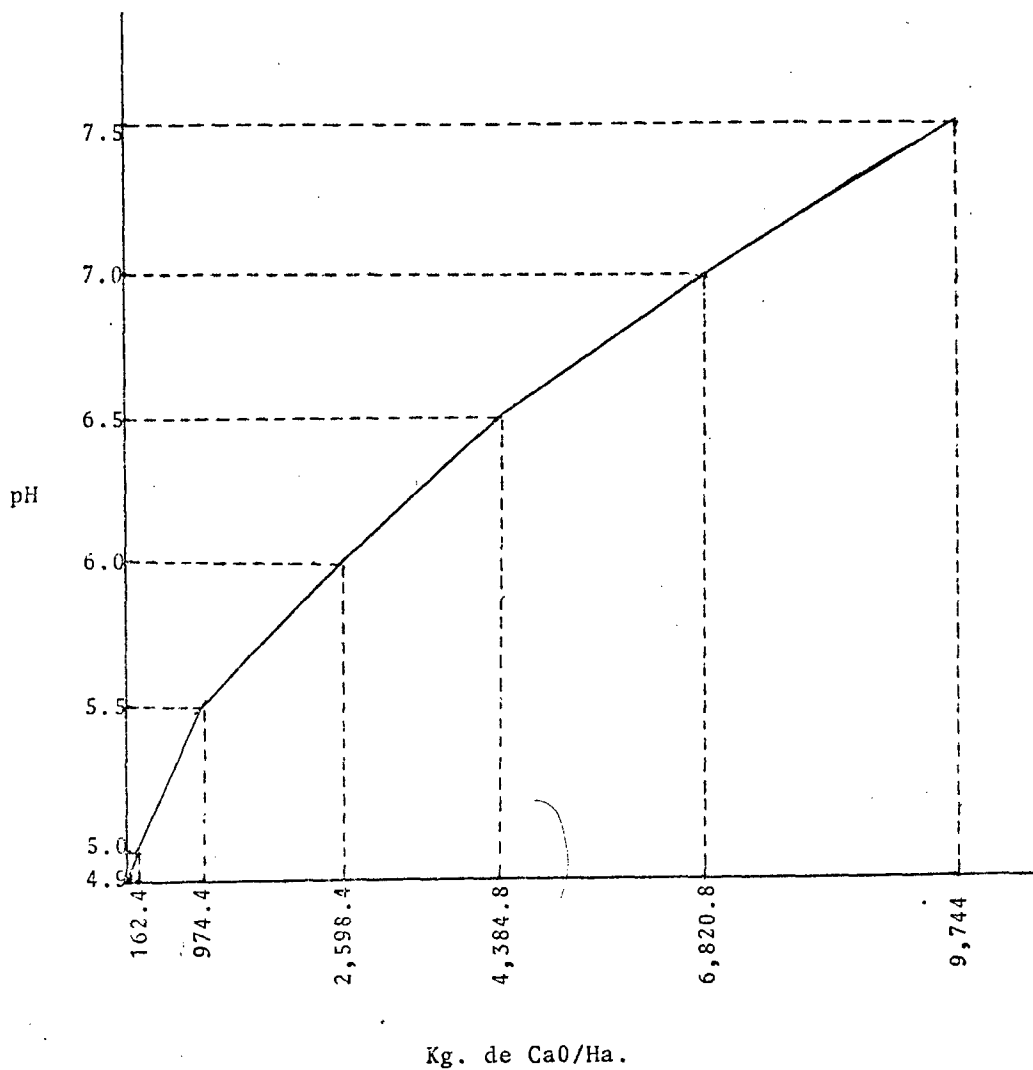
X

- 696 de Ca

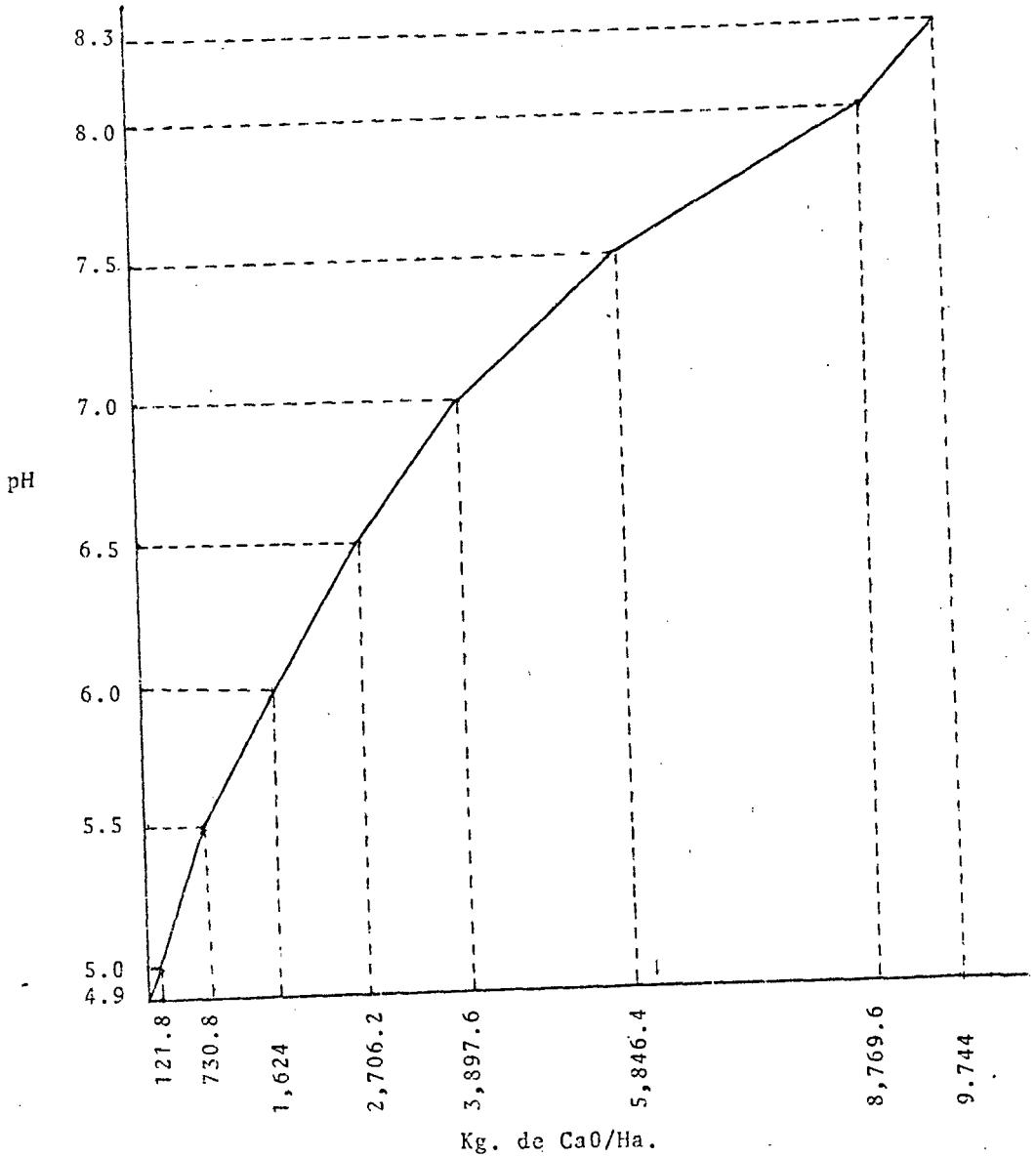
$$X = \frac{696 \times 56}{40} = 974.4 \text{ Kg. de CaO/Ha.}$$

Así sucesivamente se sigue este procedimiento para transformar cada una de las cantidades que tenemos en kilogramos de calcio por hectárea en las gráficas anteriores, a kilogramos de óxido de calcio por hectárea en las gráficas siguientes.

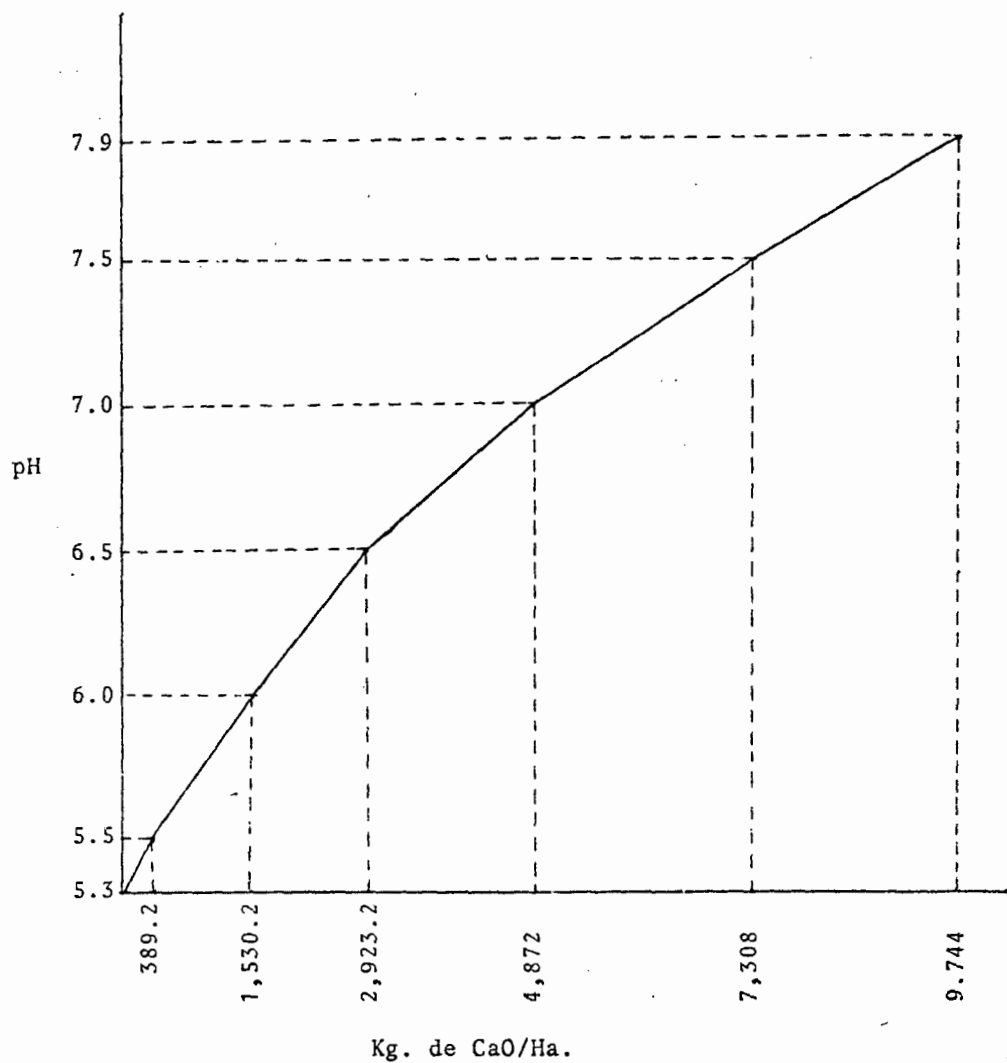
SUELOS ROJOS DE LA ZONA DE LOS ALTOS  
DE JALISCO



SUELOS DEL VALLE DE GUADALAJARA

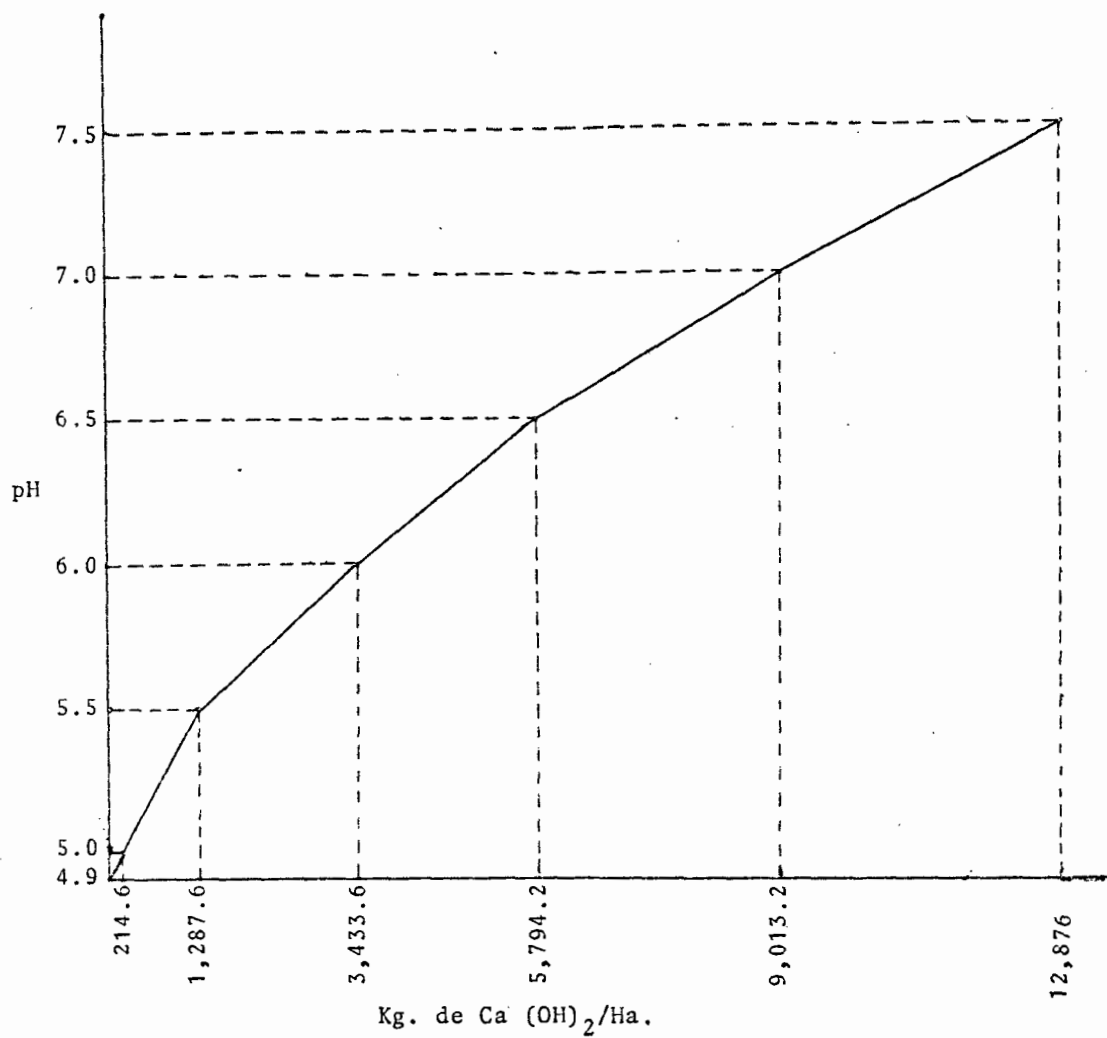


## SUELOS ROJOS DE LA ZONA DE LA COSTA DE JALISCO.



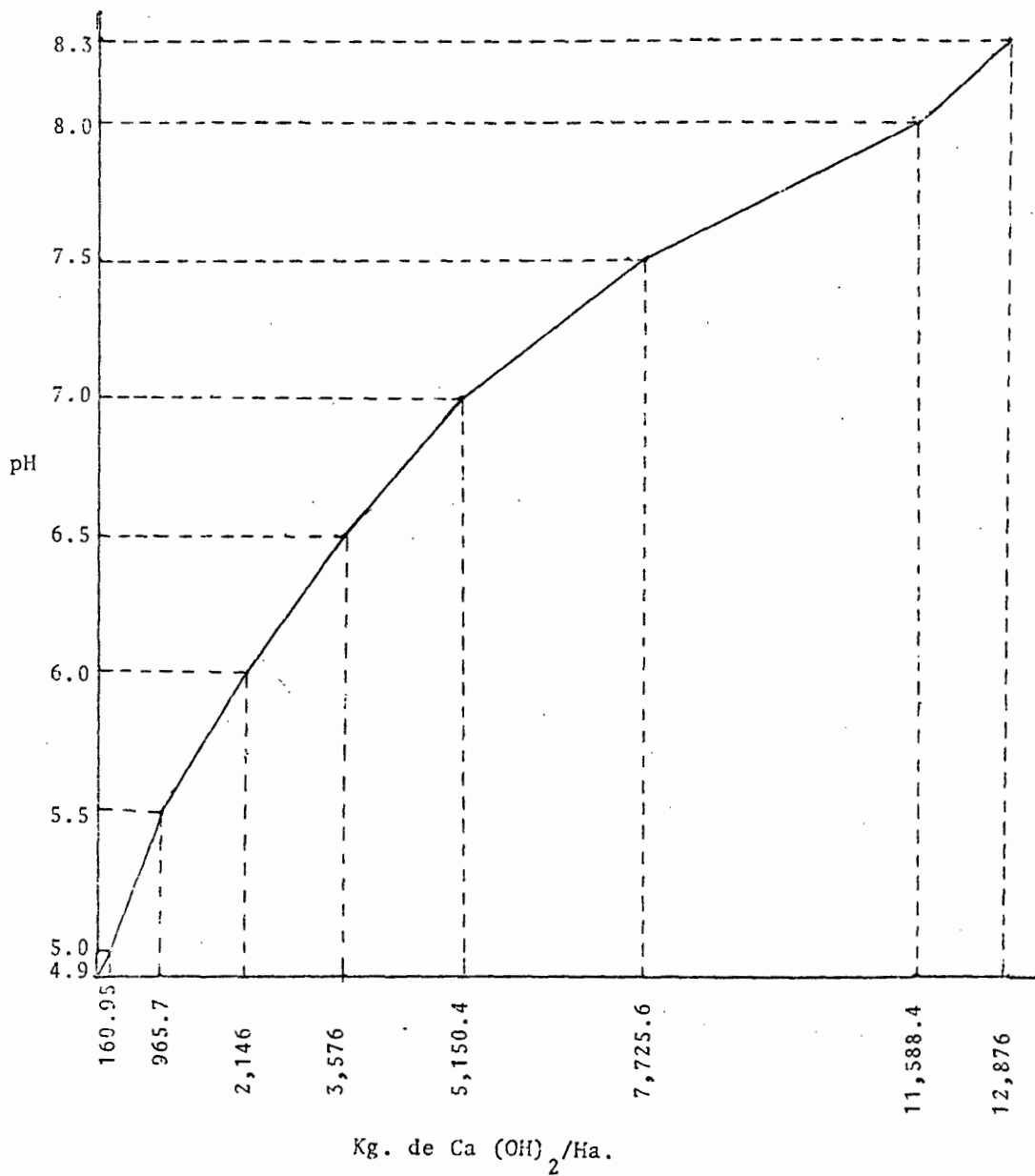


## SUELOS ROJOS DE LA ZONA DE LOS ALTOS DE JALISCO.

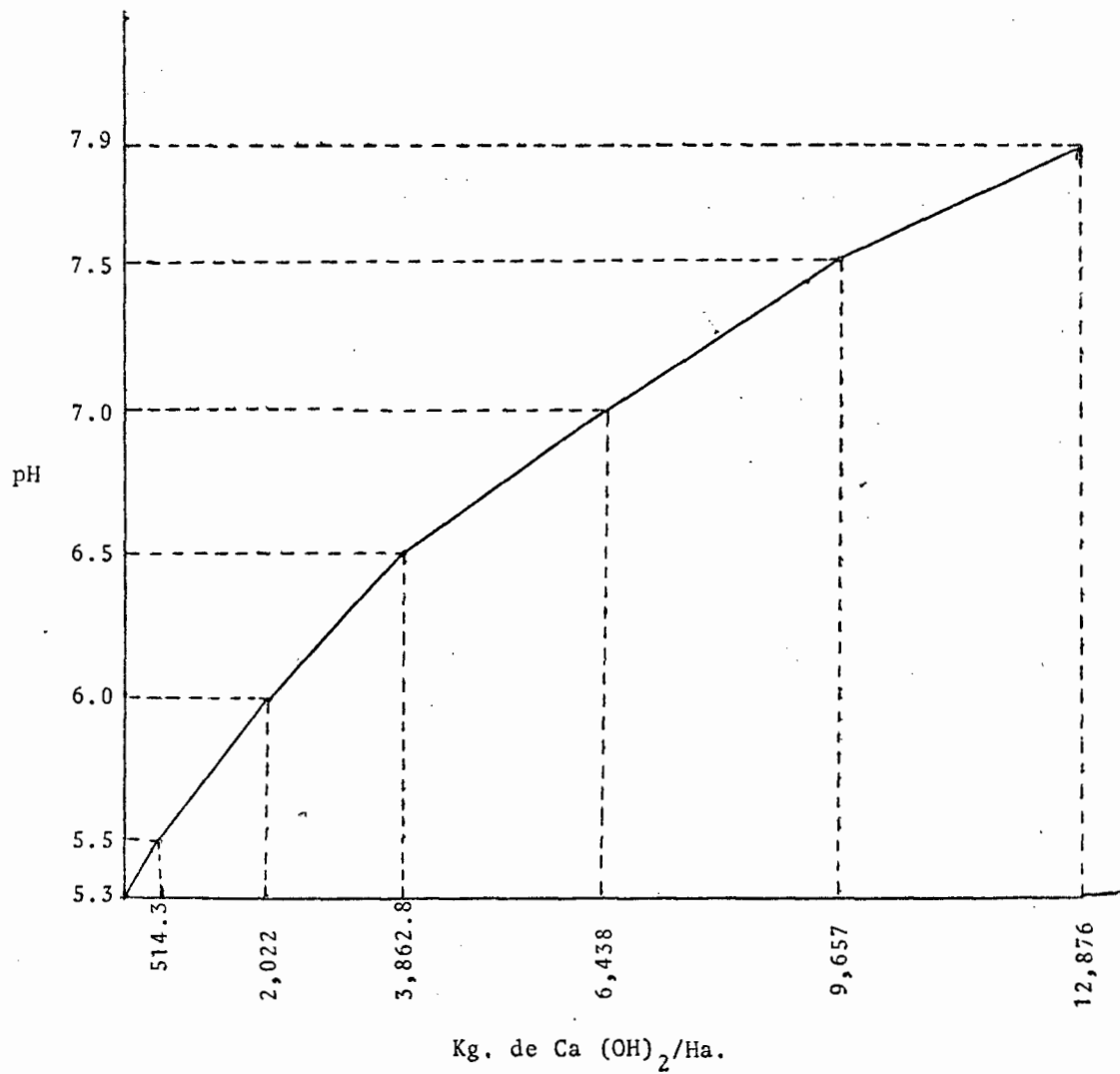




## SUELOS DEL VALLE DE GUADALAJARA.

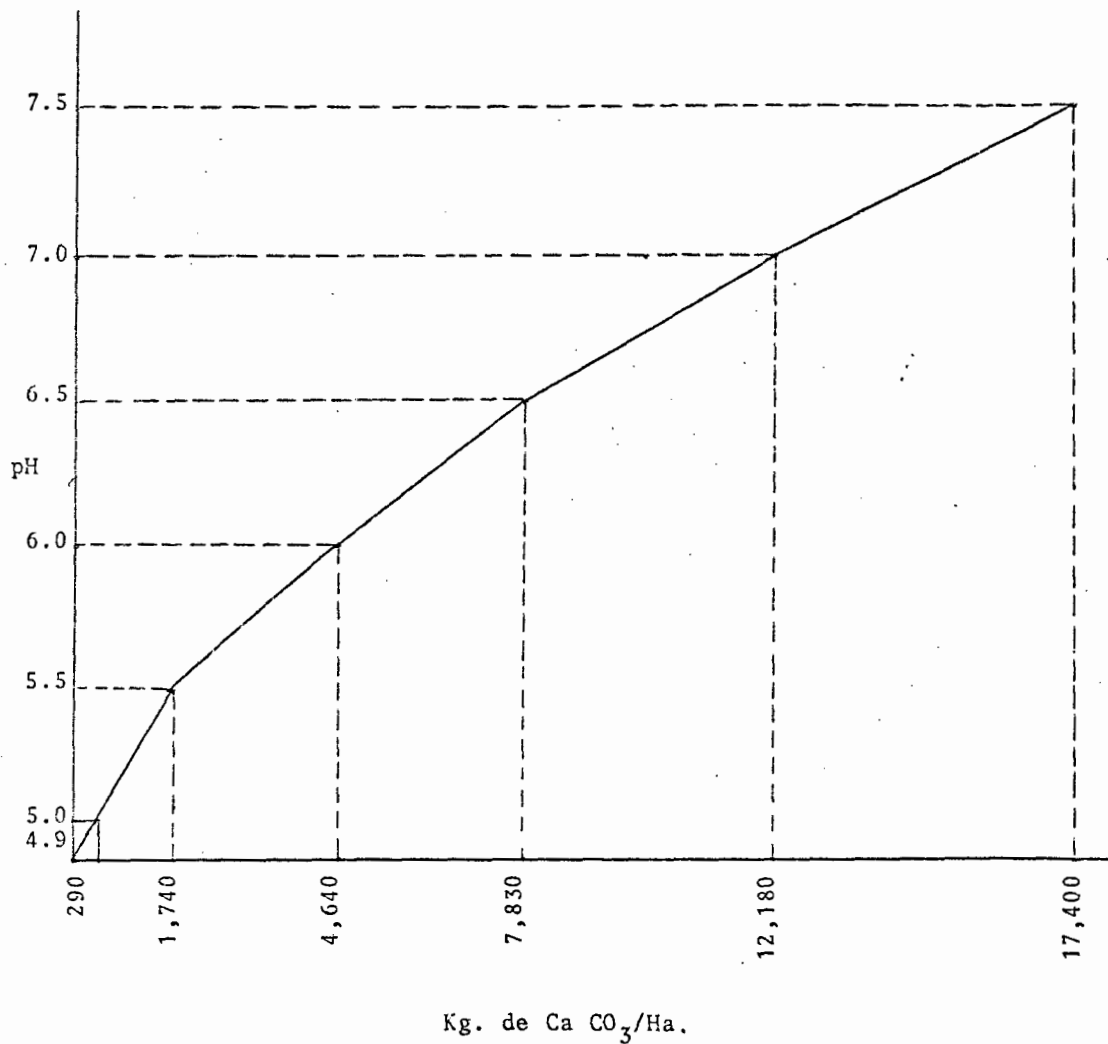


## SUELOS ROJOS DE LA ZONA DE LA COSTA DE JALISCO.

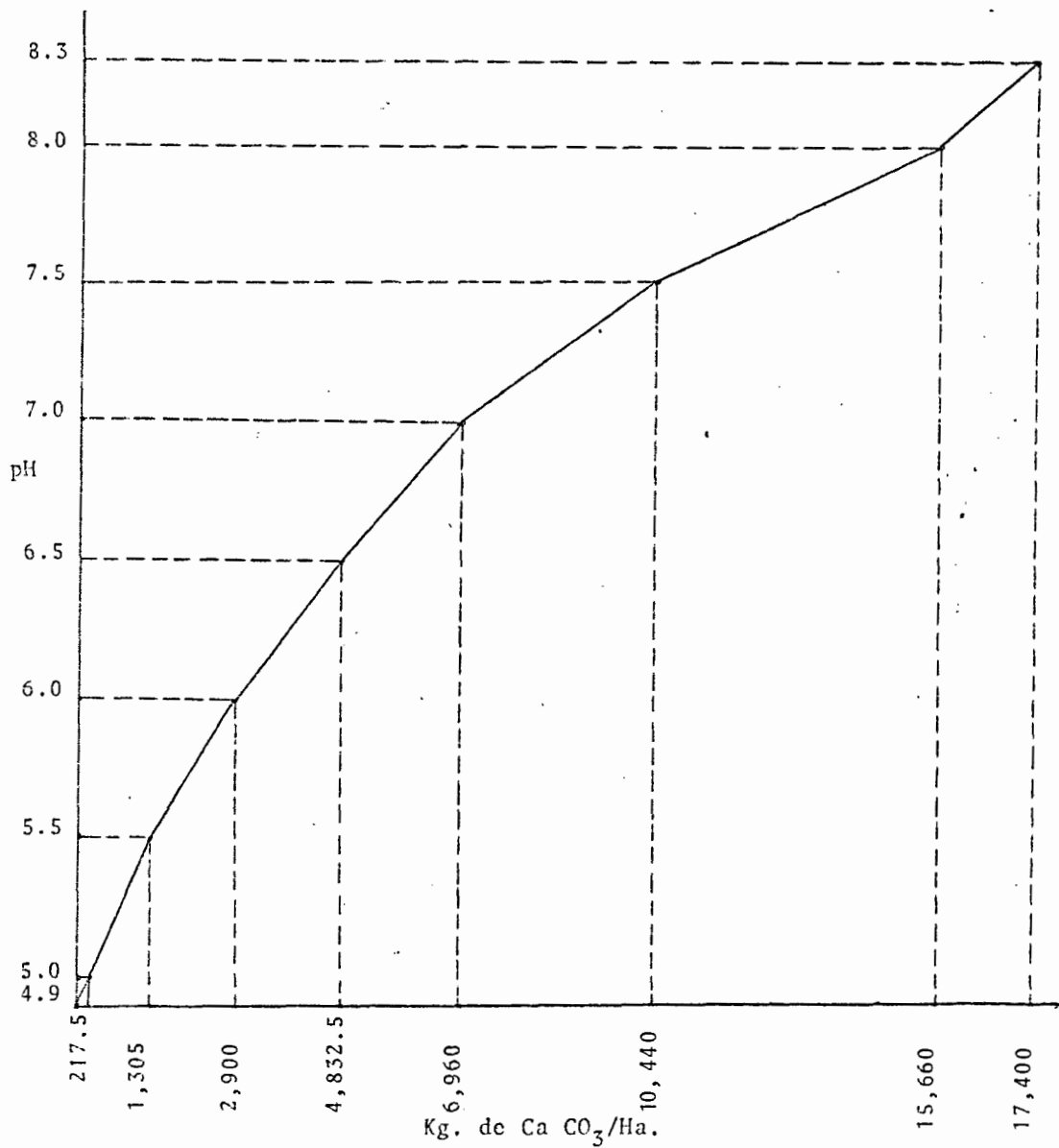




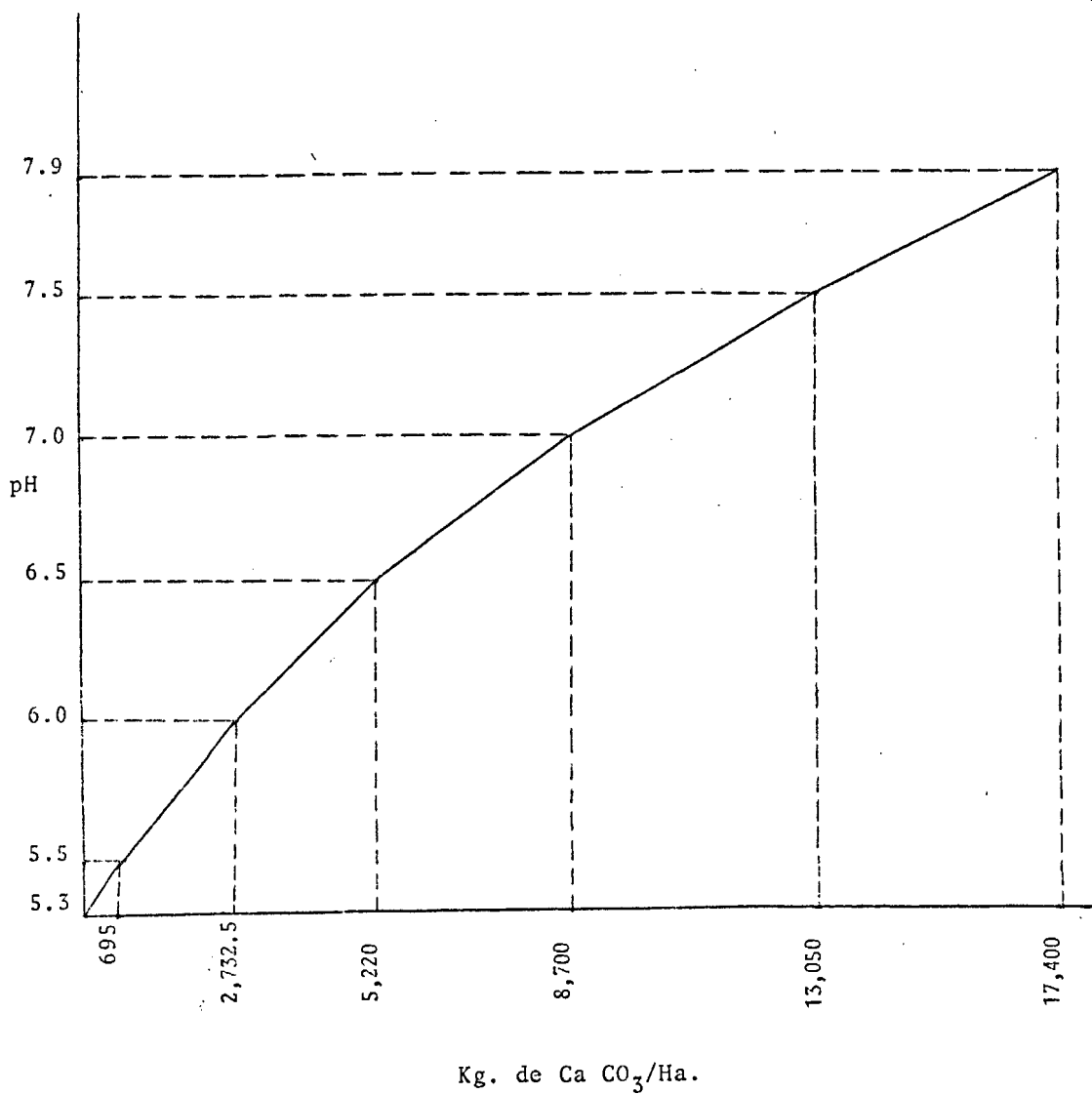
## SUELOS ROJOS DE LA ZONA DE LOS ALTOS DE JALISCO



## SUELOS DEL VALLE DE GUADALAJARA



## SUELOS ROJOS DE LA ZONA DE LA COSTA DE JALISCO



Como se puede observar, en los resultados anteriores, éstos se presentan en gráficas separadas para cada diferente zona estudiada y para cada tipo de material de encajado que se quiera utilizar, esto con el fin de facilitar el encontrar que cantidad de material calizo, sea que se utilice como fuente el Ca, CaO, Ca(OH)<sub>2</sub> ó el Ca CO<sub>3</sub>, debemos de aplicar por hectárea para llevar el pH de un determinado suelo a otro que se requiera por resultar más favorable para el desarrollo de los cultivos.

Así por ejemplo, si nos encontramos en la zona del Valle de Guadalajara, y tenemos en nuestro terreno un pH de 4.9 y queremos pasarlo a un pH de 6.5, por considerarlo a este más adecuado para el mejor desarrollo de nuestros cultivos, tendríamos que agregar al suelo, según la gráfica correspondiente, un total de 4,832.5 Kilogramos de Ca CO<sub>3</sub> por hectárea para tener la condición del pH deseado.

## VI.- CONCLUSIONES

Como conclusiones más importantes, resultadas de la realización de esta investigación podemos mencionar a las siguientes:

- 1º.- Los resultados obtenidos en el presente estudio, nos sirven únicamente como una base para saber que cantidad de cal es necesario aplicar al suelo para cambiar su estado de acidez a otro que nos parezca más adecuado para el mejor desarrollo de los cultivos. Dichos resultados pueden considerarse bastante exactos, ya que además de haberse repetido tres veces encontrándose resultados similares, se tuvo un especial cuidado en el desarrollo de este trabajo para evitar cualquier posible error.
- 2º.- Esta investigación puede resultar bastante provechosa para los productores que llevan a cabo sus siembras en los suelos ácidos del Estado de Jalisco, ya que si se le sabe utilizar adecuadamente, éstos contarán con una recomendación bastante aproximada para determinar las necesidades que sus suelos tienen de cal en estas zonas.
- 3º.- Es conveniente hacer un mejor uso del suelo, ya que si se le sigue manejando como en la actualidad aplicando elementos fertilizantes y materiales que por su residuo acidifiquen más los suelos, difícilmente se podrán obtener mayores cosechas y por lo contrario se irán reduciendo conforme pase el tiempo.
- 4º.- La finalidad más importante que se persigue al encalar un suelo, no es tanto la de disminuir la acidez del mismo, sino que es la de corregir todas las condiciones del suelo que acompañan a una reacción ácida.



- 5º.- Los resultados obtenidos para hacer más fácil su interpretación, se presentan en gráficas separadas para cada zona y para cada tipo de material calizo que se desee utilizar.
- 6º.- Al agregar una cantidad cualquiera de material calizo a un suelo determinado, éste tenderá a variar hacia la alcalinidad con una intensidad que dependerá principalmente del poder amortiguador que tenga dicho suelo.
- 7º.- Es indispensable que los suelos que tienen exceso de acidez se mejoren y se lleven a un pH más adecuado mediante prácticas de encalado, ya que esta característica en muchas ocasiones se descuida teniendo como consecuencia, al no poder la planta aprovechar en forma eficiente todos los nutrientes y al tener presentes en el suelo por el mismo exceso de acidez, sustancias tóxicas, tales como el aluminio y el manganeso solubles; - una disminución bastante notable en el rendimiento de los cultivos.
- 8º.- Se considera de mucha importancia conocer más a fondo y tomar más en cuenta todas las características que -- tienen los suelos ácidos, así como también conocer como afectan estas características al desarrollo de cada cultivo en particular y en cada diferente tipo de suelo.
- 9º.- Es necesario realizar estudios más completos, tomar en cuenta y abundar más en lo referente al conocimiento del poder amortiguador que tienen los diferentes tipos de suelos, ya que éste es uno de los aspectos más importantes para poder determinar con exactitud, las necesidades que los suelos ácidos tienen de cal para modificarlos en su pH.

- 10º.- El poder amortiguador puede ser determinante al efectuar prácticas de encalado ya que suelos con un mismo pH ácido, pero con diferente poder amortiguador, necesitarán cantidades desiguales de cal para cambiarlos a otro pH deseado.
- 11º.- Para el encalado de los suelos orgánicos no se cuenta con un método simple para determinar sus necesidades de cal, ya que en un mismo terreno e inclusive en un mismo depósito no es raro encontrar diferencias de -- consideración en su pH, aunque se sabe que suelos de este tipo con pH de 4.6 en adelante, no tienen problemas de encalado.
- 12º.- Al efectuar prácticas de encalado es importante no -- excederse en la aplicación porque puede ocasionar serios daños a ciertos tipos de cultivos, debido a la menor disponibilidad de nutrientes, principalmente de manganeso y boro, ocasionándose un daño mayor en suelos arenosos y menor en suelos de textura fina por tener éstos una mayor reserva de elementos nutritivos.

## VII.- R E S U M E N

Se realizó el presente estudio tomando en cuenta-- la necesidad que se tiene de contar con una recomendación - de encalado es decir, de determinar la cantidad de material calizo que es necesario aplicar a los suelos ácidos, en este caso del Estado de Jalisco para que éstos se modifiquen en su pH pudiendo así cambiar su estado de acidez por otro que se considere más adecuado para el tipo de cultivo que-- se decida explotar. Para ello, en primer lugar se pretendió dar a conocer algunas características referentes al pH, las cuales son de suma importancia, ya que nos ayudan a comprender más fácilmente y a entender un poco más a fondo, cómo - influye la acidez del suelo en relación con la planta, cual es su origen y clasificación y cuales son los factores que- intervienen impidiendo un mayor desarrollo de los cultivos.

Así mismo se dan a conocer, a pesar de ser un estudio, sobre encalado, es decir sobre reducción de la acidez, algunos aspectos referentes a como reducir la alcalinidad - de los suelos, así como también aspectos tales como los --- efectos que nos ocasionan los fertilizantes al hacer uso -- indebido de ellos y además fundamentos muy importantes respecto a que es el poder amortiguador, que nos indica y como influye al momento de realizar prácticas de encalado aún en el mismo tipo de suelo si se tiene diferente poder amorti - guador.

También se presentan en forma sintetizada puntos - relacionados con lo que es ya en sí el encalado de los suelos, separando un poco a los orgánicos, ya que hasta cierto punto es un poco más difícil efectuar prácticas de encalado en este tipo de suelos.

Aquí se indica además, las consecuencias que nos - puede ocasionar una aplicación excesiva de cal.

Posteriormente se describe el método que se utilizó y el procedimiento que se siguió para encontrar los requerimientos que los suelos estudiados tienen de cal, así como -- también se proporcionan algunos datos de cada una de las --- tres diferentes zonas muestreadas: Zona de los Altos de Ja - lisco, Zona del Valle de Guadalajara y Zona de la Costa, dan - do a conocer características sobresalientes de cada una de - ellas, para hacer más fácil su identificación.

En cuanto a los resultados obtenidos en esta inves - tiguación, éstos se presentan por medio de gráficas, teniendo en el eje de las "X" las cantidades de cal que debemos agregar al suelo para modificarlo en su acidez y en el eje de -- las "Y" el cambio sufrido en el pH, como efecto de la aplica - ción del material de encalado. Se proporciona una gráfica pa - ra cada una de las tres diferentes zonas estudiadas, y para - cada tipo de material calizo utilizado, ya que además de po - der usar como fuente el Ca, podemos utilizar además el CaO, - el Ca (OH)<sub>2</sub>, ó al CaCO<sub>3</sub>, en igual forma se indican los cálcu - los que fue necesario realizar para lograr que los milili -- tros de Ca (OH)<sub>2</sub>, agregados a cada muestra, pasarán a Kg. de Ca/Ha, a Kg. de CaO/Ha, a Kg. de Ca(OH)<sub>2</sub>/Ha, y a Kg. de --- CaCO<sub>3</sub>/Ha.

Ya al final se expresan en forma concreta las con - clusiones más sobresalientes que se tuvieron, derivadas del - desarrollo del presente trabajo.

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

- 1.- Allison L. E. y J. W. Brown (1973) Diagnóstico y Rehabilitación de Suelos Salinos y Sódicos. 6a. edición -- Editorial Limusa, México. Pág. 18-19.
- 2.- Buckman O. R. y Brady C. N. (1965) Naturaleza y Propiedades de los Suelos. U.T.E.H.A. Pág. 374 E.U.A.
- 3.- Castro Gil M. J. (1967) El Poder Amortiguador de los Suelos Chapingo, México. Tesis Profesional.
- 4.- Demelón A. (1965) Dinámica del Suelo. Bunod. Pág. 36 - 142. Francia.
- 5.- Homer D. Chapman (1973) Métodos de Análisis para Suelos, Plantas y Agua. Primera Edición Editorial Trilla, México. Pág. 155 - 157.
- 6.- Mela M. P. (1963) Tratado de Edafología y sus Distintas Aplicaciones. Segunda Edición Ediciones Agrocien- cia. Pág. 207 - 224.
- 7.- Miller C. E. (1974) Fertilidad del Suelo. Primera Edición Salvat Editores, S. A. Pág. 71 - 85.
- 8.- Mela M. P. (1954) Tratado de Edafología y sus Distintas Aplicaciones. Editorial Bussat, S. A. Pág. 157 -- 175 España.
- 9.- Matsusaka y Sherman G. D. (1950) Tritation Curves and Buffering Capacities of Hawaiian Soils. Technical Bulletin Nos. 11 University of Hawaiian Agricultural Ex-

perimental Station. Pág. 36 Hawaii.

- 10.- Ortiz Villanueva B. (1973) Primera Edición Editorial - Patena, A. C. Chapingo, México. Pág. 161-175.
- 11.- Robinson W. C. (1960) Los Suelos, Su Origen, Constitución y Clasificación. Ediciones Omega, S. A. Pág. 146 Inglaterra.
- 12.- Russell N. J. y Russell N. Walter (1954) Las Condiciones del Suelo y el Desarrollo de las Plantas. Aguilar, S. A. Ediciones Madrid. Pág. 111 Inglaterra.
- 13.- Thompson L. M. (1965) El Suelo y su Fertilidad. Tercera Edición Editorial Reverté, S. A. Pág. 174-188.