

**"MONOGRAFIA SOBRE LA EXPLOTACION DE TIERRA
CALCICA EN LAS NAVAJAS, MPIO. DE TALA, JAL."**

**TESIS QUE PRESENTA COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL TITULO DE INGENIERO AGRONOMO**

MA. LAURENTINA HERNANDEZ UREÑA

**LAS AGUJAS, MUNICIPIO DE ZAPOPAN, JALISCO
DICIEMBRE DE 1992.**

DEDICATORIA

A MIS HERMANOS :

JOSE MANUEL +

JOAQUIN +

Y MIGUEL +

PORQUE ELLOS FUERON MI SENDERO,
LA LUZ QUE ME GUIO, HACIA EL ESTUDIO
DE ESTA PREPARACION.

A MIS PADRES :

JOSE HERNANDEZ MORENO Y MARGARITA URBRA GARCIA

A QUIENES TODO DEBO, QUE GRACIAS A SU AMOR,
TENACIDAD, SACRIFICIO Y CONFIANZA,
HICIERON POSIBLE MI FORMACION.

88200/05451
15450/00288
[Handwritten signatures and scribbles]

AGRADECIMIENTO

A MIS HERMANOS :

BERNARDO
GUSTAVO, Y
ANA LUISA

POR SU RESPETO Y PACIENCIA
CON QUE ESPERARON EL DÍA
EN QUE YO TERMINARA MI CARRERA

A MIS TIAS :

ESPERANZA Y CLEMENTINA UREÑA GARCIA

A MI ABUELITA :

EMILIA GARCIA GARCIA

POR SU BONDAD, CARINO, CONSEJO Y DESINTERES
CON QUE ME BRINDARON CASA Y SUSTENTO,
MIENTRAS YO TERMINABA MIS ESTUDIOS

AGRADECIMIENTO

A LA UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA

A LA FACULTAD DE AGRONOMIA

QUE GRACIAS A SU ACEPTACION EN SUS HONORABLES
PLANTELES, HICIERON POSIBLE MI PREPARACION
COMO INGENIERO.

A TODOS MIS PROFESORES, POR SU ORIENTACION Y
PACIENCIA CON QUE GUIARON MI PREPARACION

A MI DIRECTOR Y ASESORES DE TESIS;
CON UN AGRADECIMIENTO ESPECIAL A LA MAESTRA
Q.F.B. LILIAN VILLARINO MIRANDA, POR SU
ORIENTACION, DEDICACION Y EMPEÑO BRINDADOS
EN LA REALIZACION DEL PRESENTE TRABAJO

AGRADECIMIENTO SINCERO A LAS MAESTRAS:

Q.F.B. OFELIA YOLANDA GUEVARA PERALES

Q.T.L. Y LIC. PSIC. ALICIA MEDINA GUEVARA

Q.F.B. MA. ELENA VILLASENOR QUINTERO

POR SU APOYO Y ORIENTACION EN LA REALIZACION
DE LOS ESTUDIOS Y PRUEBAS REQUERIDAS EN
ESTA INVESTIGACION.

AGRADECIMIENTO A TODAS LAS SECRETARIAS DE ESTA
FACULTAD, POR SU PARTICIPACION EN LA ORIENTA-
CION Y DOCUMENTACION QUE IMPLICA EL CONTROL Y
SEGUIMIENTO DEL ESTUDIO DE ESTA CARRERA.



UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA
FACULTAD DE AGRONOMIA

Sección ESCOLARIDAD...

Expediente

Número ... 0287/92

01 de Abril de 1992.

C. PROFESORES:

ING. EDUARDO RODRIGUEZ DIAZ, DIRECTOR
ING. JAVIER VAZQUEZ NAVARRO, ASESOR
Q.F.B. LILIAN VILLARINO MIRANDA, ASESOR

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


" MONOGRAFIA SOBRE LA EXPLOTACION DE TIERRA CALCICA EN LAS NAVAJAS, MPIO. DE TALA, JAL."

presentado por el (los) PASANTE (ES) JA. LAURENTINA HERNANDEZ URENA

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

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

ATENTAMENTE
"PIENSA Y TRABAJA"
EL SECRETARIO


ING. SALVADOR MENA MUNGUÍA

srd'

hjh



UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA
FACULTAD DE AGRONOMIA

Sección ESCOLARIDAD

Expediente

Número 0257/92.....

01 de Abril de 1992.

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

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

MA. LAURENTINA HERNANDEZ URENA

titulada:

" MONOGRAFIA SOBRE LA EXPLOTACION DE TIERRA CALCTCA EN
LAS NAVAJAS, MPIO. DE TALA JAL."

Damos nuestra Aprobación para la Impresión de la misma.

DIRECTOR

ING. EDUARDO RODRIGUEZ DIAZ

ASESOR

ASESOR

ING. JAVIER VAZQUEZ NAVARRO

Q.F.B. LILIAN VILLARINO MIRANDA

srd'

rya

Al contestar este libro cotejar fecha y número

I N D I C E

	Pág.
RESUMEN	1
I. INTRODUCCION	3
1.1. Objetivos	4
1.2. Hipótesis	5
II. ANTECEDENTES	6
III. REVISIÓN DE LITERATURA	12
A) En la Acidez de los Suelos	12
B) En los Productos Utilizados	18
C) En los Métodos de Análisis	25
D) En los Efectos de Encalado de los Suelos	32
1. En la Química de los Suelos	32
2. En la Física de los Suelos	34
3. En el Aspecto Biológico del Suelo	36
IV. DESCRIPCIÓN DEL AREA DE ESTUDIO	37
4.1. Clima	37
4.2. Orografía.	37
4.3. Hidrografía	38
4.4. Geología	38
4.5. Suelos	38
4.6. Usos del Suelo	39
4.7. Flora y Fauna	40
4.8. Descripción del Banco de tierra cálcica	40
V. MATERIALES Y METODOS	43
5.1. Análisis Físico-Químico de la muestra de tierra cálcica	43
5.1.1. Color	44
5.1.2. Textura	44
5.1.3. Estructura	44
5.1.4. Densidad	44
5.1.5. Humedad	45
5.1.6. Granulometría	45
5.1.7. Solubilidad	45
5.1.8. Materia Orgánica	46
5.1.9. pH	46
5.1.10. Nutrientes, N, P, K, Ca, Mg, otros	46
5.1.11. Capacidad de Intercambio Catiónico (C.I.C.)	47
5.1.12. Porcentaje Total de Neutralización (P.T.N.)	47
5.1.13. Identificación de Minerales Primarios	48
5.2. Método para determinación de dosis necesaria en base a Tierra Cálcica	48

	Pág.
VI. RESULTADOS Y DISCUSION	53
6.1. Características del mejorador	53
6.2. Dosis	53
VII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	57
7.1. Análisis Económico de la aplicación comparativamente con otros mejoradores	57
7.2. Rentabilidad	59
7.3. Estrategia de Manejo	59
7.4. Viabilidad del Mejorador	60
7.5. impacto en el Sub'Sector Agrícola	62
VIII. BIBLIOGRAFIA	63
Apéndice	

RESUMEN

Conscientes de la situación de acidez en que se encuentran nuestros suelos de cultivo y de la problemática que esto representa para nuestra Nación, nuestro Estado y muy propiamente para los productores del Municipio de Tala, Jalisco.

- En este trabajo se ha deseado unir esfuerzos a los de las Instituciones del Ramo e investigadores especializados, que han realizado numerosos estudios e investigaciones, procurando dar solución a la acidez de los suelos que básicamente es propiciada por la pérdida o ausencia de bases propiamente de Ca y Mg, que afectan directamente la productividad de los suelos.

Destacados investigadores se han dado a la tarea de experimentar con variadas fuentes alcalinizantes, entre las que figuran las sales hidratadas y carbonatos de calcio; fuentes que a la fecha son poco utilizadas por los productores, bien por negligencia, por desconocimiento, o por sus altos costos.

- Esta investigación esta basada en la identificación de un material de origen mineral que promete tener características como mejorador de suelos y propiedades como material encañante, mismo que se ha manejado comercialmente por los productores de la región como Carbonato de Calcio, y que se esta haciendo popular entre ellos pudiendo llegar a ser una fuente de cal en la región, por su actividad en el control de acidez de los suelos y por su bajo costo.

A partir de 1986 un grupo de productores del Ejido Las Navajas, deseando explotar sus recursos minerales de que fuera dotado su Ejido, localizaron un Banco de Material el cual presentaba características como mejorador de suelos y que al parecer contenía, cantidades aprovechables de CaCO_3 útiles en el control de acidez de sus suelos.

- Con esta inquietud se muestreo el lugar, obteniéndose posteriormente resultados de análisis, que confirmaron la presencia del carbonato de calcio.

Con esta información y contando con la asesoría y apoyo del Fideicomiso de Fomento Minero y otras instituciones, en 1991 se dio formal inicio a la explotación del recurso.

- Sin embargo, al carecer de argumentos científicos basados en la experimentación y experiencia, que en su momento

permitiera hacer recomendaciones sobre su uso y manejo, se vio la necesidad de identificar física y químicamente el material. Para ello varias muestras fueron sometidas a un análisis elemental, el cual reportó las características y contenidos de elementos útiles para el cultivo y control de acidez.

A su vez se realizó un experimento a nivel laboratorio haciéndose uso del mejorador, con diferentes dosis en el control de acidez. Con este experimento pudo observarse que el producto actúa positivamente en contra de la acidez aún en dosis menores o bien en un 50% de la dosis recomendada por las necesidades de Cal, referida en tierra cálcica (Material de estudio), logrando incrementar el pH de 0.7 a 2.0 unidades de pH.

Se observó igualmente que a dosis más altas el producto no presenta el efecto Buffer como sucede con el empleo de otras Cales, lo que puede atribuirse a la alta Capacidad de Intercambio Catiónico que presenta el mejorador, siendo su valor de 64.00 meq./100 gr. igualmente esas dosis altas elevaron el pH de los suelos tratados.

La identificación exacta de la cantidad de elementos y bases presentes del mejorador no fue posible ya que las muestras mostraron variabilidad, sin embargo se reporta presencia de Ca y Mg en diferentes combinaciones, pero sobre todo se presenta el SiO₂ como principal componente del recurso, reportándose 64.64% del mismo.

El recurso mineral reporta igualmente un 92.8% de saturación de bases, de lo que se supone su alta fertilidad.

El porcentaje total de neutralización en base a CaCO₃ es de 23.5%, estimando una eficiencia por granulometría del 76% integrada por diversidad de tamaños de partículas que permitieran un cambio gradual de pH.

✓ Al efectuar un análisis económico de la aplicación, el costo del mejoramiento por hectárea, con tierra cálcica, resultó ser 0.4 a 18.0% más barato que el tratamiento con cal hidratada y agrícola aplicado en cualquier parte del Municipio de Tala, Jal. que se considera de momento como zona prioritaria para el empleo y uso del mejorador en tanto no se cuente con estudios y trabajos que avalen su actividad en otros lugares.

I. INTRODUCCION

La constante demanda de alimentos hace necesario que los productores busquen medios que les permitan incrementar su producción y realizar prácticas de manejo y conservación de la productividad de sus suelos, tales como es el encalado de sus parcelas agrícolas.

La aplicación de cal a los suelos ácidos representa un elemento de ayuda insuperable para el buen desarrollo de las plantas e incremento de la producción de los cultivos en virtud de que mediante su correcta utilización, el campesino a la vez que realiza una práctica de mejoramiento efectiva, obtiene mejores rendimientos.

Para que el agricultor obtenga los beneficios que proporciona la aplicación de cal a los suelos agrícolas, debe saber como utilizarla y así aprovechar las ventajas que le ofrece.

El desconocimiento y manejo incorrecto de la cal en sus diferentes fuentes provoca pérdida y daños considerables de las características del suelo y sus cultivos.

Lo mencionado anteriormente hace patente la urgente necesidad de contar con personal debidamente capacitado en el manejo y aplicación de cal a los suelos; siendo igualmente importante contar con las fuentes eficientes y baratas.

Para alcanzar tal fin, el Sector de Producción "Felipe Angeles" integrado por un grupo de ejidatarios dedicados a la agricultura han sumado a sus actividades, la explotación de recursos no renovables que posee su Ejido. Entre los que destacan un banco de tierra cálcica cuyo producto es destinado al mejoramiento de suelos con problemas de acidez.

Ellos están conscientes de la importancia que representa el contar con una fuente de calcio que actúe sobre la acidez de los suelos y que a su vez pueda conseguirse a bajos costos por los productores.

Se ha prestado atención a la explotación del banco de tierra cálcica del Ejido "Las Navajas" Municipio de Tala, Jal. por ser una buena opción de beneficio colectivo en el agro y por la urgente necesidad que se tiene de contar con mejoradores de suelo efectivos.

La explotación es propiedad del Ejido Las Navajas, y está a cargo de un grupo organizado de ejidatarios, el cual a

través de su Secretario Auxiliar ha hecho los trámites necesarios para la explotación.

Al respecto se han hecho investigaciones, estudios y análisis que permiten conocer las características físico-químicas del mejorador e implementar prácticas de manejo adecuadas.

- El beneficio que podría tener la zona agrícola de Tala, Jalisco, al hacer uso de la tierra cálcica en la corrección de la acidez de los suelos se observará en una extensa superficie afectada por este mal y que por muchos años ha persistido sin que nadie haya logrado solucionarlo aún.
- Hoy en día no es desconocida la influencia y efectos que sobre los suelos ejerce la acidez, sin embargo no se ha combatido, siendo una de las causas principales: Los altos costos de aplicación, negligencia y desconocimiento de su manejo por los productores.

Recientemente varias instituciones han realizado pruebas y estudios sobre la acidez de los suelos procurando dar solución a este problema que tanto afecta a la productividad, sin embargo los altos costos de la investigación han retrasado los resultados; en tanto que la superficie afectada por la acidez se incrementa rápidamente.

Con el propósito de que esta investigación alivie en algo la condición enfermiza en que se encuentran nuestros suelos; en este documento se plasmará toda la información recopilada de la investigación sobre la Explotación de Tierra Cálcica en el Municipio de Tala, Jal. incluyéndose un análisis de beneficio-costo de la aplicación en la zona agrícola del Municipio.

1.1. Objetivos.

Objetivos Generales.

- Fortalecer el interés del sector de producción, hacia la explotación del banco de carbonato de calcio, así como darle el uso y manejo conveniente en el control de la acidez del suelo.

Objetivos Específicos.

- Obtener la información y análisis necesarios, para conocer las características y calidad del mejorador.

- Implementar técnicas y prácticas de manejo que permitan la recuperación del pH adecuado para los cultivos.
- Contar con un mejorador que actúe contra la acidez, al alcance de todos los niveles económicos de los productores.

1.2. Hipótesis.

- En el Ejido Las Navajas, se cuenta con un recurso no renovable el cual contiene Ca y Mg en cantidades que pueden aprovecharse en el control de acidez del suelo.
- El potencial del banco es factible de explotación por muchos años.
- El producto de explotación tiene acción sobre la acidez del suelo y manifiesta sus efectos sobre el estado fenológico de los cultivos.

II. ANTECEDENTES

El Ejido Las Navajas, Municipio de Tala, Jal., fue constituido por Resolución Presidencial del 22 de octubre de 1935, con una dotación original de 1,902 hectáreas.

Posteriormente éste recibió dos ampliaciones por resoluciones del 9 de junio de 1937 y del 4 de septiembre de 1957, con dotaciones respectivas de 778-00 y 1,580-04 hectáreas totales.

El núcleo agrario se constituye por 271 ejidatarios titulares de los que 230 se encuentran en posesión y pleno goce de sus derechos.

El origen de la explotación de recursos no renovables en el Ejido Las Navajas, fue a partir de 1986, cuando un grupo de productores tuvieron la inquietud de trabajar los recursos minerales de que fue dotado su Ejido; sin embargo en 1956 ya se habían hecho exploraciones en busca de minerales útiles.

Con aprobación de la Asamblea del Ejido, un grupo de ejidatarios miembros del Grupo de Trabajo "Felipe Angeles", constituido a partir del 12 de julio de 1985, se presentaron ante la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos solicitando apoyo y orientación para llevar a cabo la explotación de sus recursos no renovables.

En correspondencia la Institución realizó visitas de reconocimiento y supervisión a diferentes sitios del Ejido, para verificar la existencia de los recursos mencionados.

Para asegurarse de esto se tomaron las muestras necesarias, que posteriormente fueron analizadas por intervención del Laboratorio Regional de Suelos y Laboratorios Particulares. (Resultados en el anexo, Cuadro 1).

Una vez verificada la existencia del mineral, los productores iniciaron de inmediato los trabajos y trámites legales pertinentes para la explotación y comercialización del recurso.

Durante cuatro años los integrantes del Grupo insistieron en el logro de su objetivo, para ello recurrieron a diversas instituciones del ramo minero solicitando apoyos y servicios, mismos que fueron otorgados por:

- a) El Consejo de Recursos Minerales, quien realizó visitas de reconocimiento y delimitación de los yacimientos.
- b) El Fideicomiso de Minerales de Zacatecas, el que hizo visitas de exploración y brindó asesoría para la apertura de minas.
- c) El Fideicomiso de Fomento Minero, dependencia del Gobierno del Estado, quien elaboró un estudio de factibilidad y proyecto de inversión para solicitar un crédito refaccionario; a su vez este otorga asesoría para la implementación del sistema de explotación; abriendo así una nueva etapa en el desarrollo de la Minería Ejidal.

Una vez obtenida la concesión y permiso de explotación por parte del Ejido y la Secretaría de Energía, Minas e Industria Paraestatal; los integrantes del Grupo de Trabajo "Felipe Angeles" dieron marcha a su proyecto de explotación minera, con la apertura de nuevos caminos de acceso y rehabilitación de los ya existentes, que conducen a los diferentes yacimientos que han sido descapotados o sea se ha retirado la vegetación y capa de suelo hasta tener a la vista el mineral existente.

Los yacimientos actualmente identificados y en los que se ha iniciado la explotación de minerales, se ubica en una amplia zona al suroeste del Ejido Las Navajas, Municipio de Tala, Jal. identificándose entre otros los siguientes:

- a) En Cerro Grande del cual se extrae obsidiana roja, que es adquirida para la fabricación de artesanías.
- b) La Guadalupana, del que se obtiene manganeso, el cual es adquirido por una fundición.
- c) La Cruz, del que se extrae arena sílica o perlita, empleada en la fabricación de pisos y semblanteos.
- d) San Bartolo, del que se extrae calcita en roca, que es utilizada en la fabricación de pisos.
- e) La Consentida, mina de la cual será posible obtener cobre y plata con métodos especializados.

El avance de explotación de estos Bancos de Minerales ha sido de poca importancia, siendo más relevantes la explotación del yacimiento "La Ventana" del que se extrae la tierra cálcica de uso agrícola y que actualmente está siendo utilizada por los productores de Las Navajas y

otros ejidos, en el control de acidez de sus suelos de cultivo con muy buenos resultados.

El 19 de septiembre de 1990 el Grupo de Trabajo inicial, se constituye como Sector de Producción "Felipe Angeles" de R.S.I. Minero Agropecuario, quedando legalmente integrado por seis socios registrados en el Acta Constitutiva y 24 más que fueron aceptados por acuerdo de Asamblea, reconociéndose internamente 30 socios de los cuales; 9 son ejidatarios de Las Navajas, 10 son ejidatarios de Ejidos vecinos y 11 son inversionistas de diferentes localidades.

La Organización interna del sector de producción se da en base a un Secretario Auxiliar o Gerente General, quien representa legalmente la Sociedad y a su vez es el responsable del buen funcionamiento de la empresa minera.

Se cuenta también con un jefe de mina quien es el responsable de las actividades de explotación, del control de almacén, mantenimiento y seguridad laboral en el yacimiento, teniendo a su cargo nueve peones que realizan el trabajo pesado y un operador de maquinaria.

Se cuenta además con un representante ante la Industria Minera y un Departamento Administrativo integrado por tres personas.

La autoridad suprema del sector de producción es la Asamblea General de Socios, en la que cada socio tendrá un voto. Internamente la Sociedad Minera Agropecuaria lleva a cabo Asambleas Ordinarias cada 15 días, durante las cuales se toman acuerdos y se programan actividades.

A principios de 1991, el Sector de Producción inicia formalmente la explotación del yacimiento de tierra cálcica, realizándose esta actividad con métodos y equipo rudimentario, siguiendo un proceso ordenado a partir del despalme. Operación que consiste en remover la capa de suelo que cubre el mineral aprovechable, el cual es muy frágil; seguido por la extracción de mineral que cae sobre el patio de mina para posteriormente ser traspaleado hacia una criba fija tipo albañil con malla de 1/4 de pulgada cuadrada siendo en sí, un tratamiento de clasificación mecánica; quedando el producto listo para su posterior acarreo y venta a bordo de mina.

El sistema de explotación del yacimiento se realiza a tajo abierto a tres niveles. Este proceso es realizado por los mismos socios con la supervisión periódica de personal especializado.

La comercialización de la tierra cálcica se inició el día 21 de enero de 1991, actividad que se llevó a cabo en línea directa de los productores al sector de producción; a través de su Secretario Auxiliar.

El es quien contrata personalmente las ventas del producto, el cual se entrega a granel con un precio de venta de 30,000 pesos por tonelada, levantado a bordo de mina, dejando a elección del cliente la contratación del flete.

El mercado lo constituyen los productores de maíz y caña de azúcar, algunos de ellos han utilizado el producto en sus parcelas de cultivo en el control de acidez.

En esta primera etapa de comercialización, los clientes fueron productores del mismo Ejido La Navajas, quienes aplicaron de 2 - 4 toneladas por hectárea de tierra cálcica al suelo, incorporándola a 25 cm. de profundidad con un rastreo, antes de la siembra. La superficie tratada en el caso de maíz fue de 80 hectáreas.

En el cultivo de caña de azúcar se trataron 280 hectáreas de cultivo establecido, al que se le aplicaron dos toneladas de tierra cálcica por 10 toneladas de gallinaza aplicadas en banda sin que fuera incorporada al suelo; este tratamiento fue aplicado por ejidatarios de Huaxtla, Municipio de Arenal, Jalisco.

Los métodos utilizados en la aplicación, fueron implementados por los propios productores mismos que ha adoptado esta práctica y la recomiendan ampliamente a otros productores. Los efectos observados en el desarrollo del cultivo según afirman los productores son excelentes y han superado los rendimientos de otros ciclos.

En el futuro el producto será adquirido por gran número de productores, partiendo de las zonas aledañas al yacimiento, considerando prioritario el valle agrícola del Municipio de Tala, Jalisco, siguiéndose así un orden en base a distancia y grado de acidez de los suelos agrícolas.

Actualmente la capacidad de explotación se sujeta a Métodos Rudimentarios, lo que no permite la extracción de grandes volúmenes, esto hace que las ventas sean lentas y de poca importancia.

La extracción del mineral se inicia durante los meses de octubre y noviembre, para terminar en mayo o junio del siguiente año; las ventas seguirán propiamente de enero a junio.

Siendo la explotación semi-mecanizada en la cual participan 6 peones produciendo 12 toneladas por turno o bien al derredor de 2,500 toneladas anuales de material arrancado y cribado. Con un sistema mecanizado en el que se consideran un traxcavo y un molino para triturar el mejorador a 80 mallas se estiman en programa 1,500 toneladas mensuales, las cuales alcanzarían un volumen anual de 12,000 Ton. por 8 meses laborables y empleando los mismos peones en el trabajo de mina.

Para lograr un mejor aprovechamiento y eficiencia del mejorador, el sector de producción "Felipe Angeles" pretende implementar el sistema de explotación, con maquinaria y equipo apropiado para extraer y moler el material enalante. Estudios realizados por diferentes Instituciones del ramo agrícola, han demostrado que la acidez de los suelos es una condición que afecta tanto a las características propias del suelo como la productividad de los mismos.

Acidez, es un término que se escucha cada vez con mayor frecuencia a medida que aumenta la preocupación por los bajos rendimientos de los cultivos a pesar de los cuidados y aplicación de nutrientes que le son suministrados.

Situación que ha contribuido al abandono de las parcelas y al desinterés de cultivar la tierra extensivamente.

A su vez, instituciones involucradas en el aspecto de investigación agrícola, han realizado estudios e implementado proyectos muy específicos en la solución del problema de acidez de los suelos agrícolas.

Durante dos años (1987 y 88), el Laboratorio de Suelos y Apoyo Técnico en coordinación con la S.A.R.H. realizó dos muestreos consecutivos para identificar los niveles de acidez presentes en el área de influencia del Distrito de Ameca, en el que se incluye Tala, Jal.

Dicho muestreo reportó un número significativo de muestras con valores de pH que reflejan un alto grado de acidez predominante en los suelos de cultivo.

Para este muestreo se seleccionaron puntos de muestreo en cartas del INEGI a un Km. de distancia en cuadrícula, recolectando e identificando una a una las muestras para su posterior ubicación en el mapa y análisis químico.

En el primer muestreo, caso Tala, Jalisco, se observó claramente el grado de acidez presente en extensas áreas de cultivo, predominando los valores inferiores de 5.5 en

pH, y que al ser ubicados en los puntos de muestreo cubrieron la mayor superficie agrícola.

El segundo muestreo se realizó utilizando los mismos puntos de muestreo del primero, con objeto de ratificar los resultados antes obtenidos, y visualizar con mayor seguridad el grado de acidez presente en el área de estudio.

De la información recabada sobre el 2º muestreo, se obtuvieron 268 muestras de suelo, de las cuales 189 reportan valores inferiores de 5.5 pH, representando el 70% del total. Igualmente los resultados fueron plasmados sobre las cartas del INEGI para su mayor apreciación, siendo nuevamente impresionante el grado de acidez predominante en área agrícola del Municipio.

En 1989 se muestrearon 200 Ha. en el potrero La Cañada del Ejido Las Navajas, Municipio de Tala, Jal. obteniéndose 49 muestras de suelo para análisis químico.

Una vez obtenidos los resultados se observó que 37 muestras contenían valores menores de 5.5 en pH, correspondiendo en número al 75% de muestras con pH muy ácido.

Este muestreo indica una vez más el grado de acidez predominante en los suelos agrícolas del Municipio, mostrando con claridad el panorama del grado de acidez presente. (Resultados del muestreo, en el Apéndice Cuadro 2).

III. REVISION DE LITERATURA

El presente trabajo comprende una revisión bibliográfica y documental, unida a una serie de criterios y opiniones de técnicos especializados.

3.1. En la Acidez de los Suelos.

Se considera a la acidez de los suelos como una condición que limita la capacidad productiva de los suelos, sin embargo esta condición es reversible gracias a la aplicación de algunos materiales alcalinos, al empleo de técnicas y manejo adecuado de los suelos, unido a una serie de estudios y adecuaciones de los mejoradores sobre las condiciones del suelo y tipo de cultivo.

El Estado de Jalisco se encuentra dentro de la América Tropical y su problema de acidez de los suelos está relacionado con diversos factores que suceden en esta superficie, tal como es la naturaleza de sus suelos, diversos factores de manejo, clima, así como el prolongado uso de fertilizantes y pesticidas de efecto residual ácido y la precipitación pluvial que propicia el lavado de elementos alcalinotérreos presentes en el suelo como son: el calcio y magnesio.

El problema de acidez es muy frecuente en los suelos del Estado, lo que ha ocasionado una seria disminución de los rendimientos en los cultivos, incluyendo al maíz, aún cuando no es el más susceptible a esta condición. (González, E.D.R., SP).

La acidez de los suelos es común en todas las regiones donde la precipitación es alta, lo suficiente para lixiviar apreciables cantidades de bases intercambiables de la superficie de los suelos.

Las condiciones de acidez de un suelo dan lugar a la solubilidad de Mn y Al que puede ser tóxico para las plantas. (Buckman y Brady, 1977).

La acidez tiene varias fuentes: a) El humus o materia orgánica, b) Arcilla aluminosilicatada, c) Oxido hidratado de Fe y Al, d) Sales solubles y CO₂. (Ortega, V.B. y C.A. Ortiz S., 1987).

Al aumentar la precipitación pluvial el contenido de sales solubles se reduce a un nivel bajo, y cualquier cantidad de sulfato o carbonato de calcio presente, es desplazada. (Ortega, T.E., 1978).

La acidez de los suelos ha sido seriamente considerada por científicos del área de suelos durante más de cincuenta años, y han sido avanzados numerosos conceptos para explicar las observaciones efectuadas, así como el comportamiento.

La acidez del suelo tiene distintas fuentes: Humus o materia orgánica, barros aluminosilicatos, hidróxido de hierro y aluminio, sales solubles y CO₂. (Tisdale y Nelson 1978).

Los estudios relacionados con la acidez y encalado de los suelos, se iniciaron por el INIFAP 1985. Estos estudios realizados principalmente en la Región Centro del Estado de Jalisco, donde el manejo ha contribuido marcadamente a la acidificación de los suelos.

Haciendo uso de hidróxido de calcio finamente molido, se ha logrado establecer que la acidez del suelo puede reducirse notablemente a corto plazo; asimismo, se han detectado respuestas importantes del maíz, sobre todo en suelos que son de un pH menor de 5.2 (1ª Reunión Forestal Agropecuaria, 1988).

La acidez en el suelo es un problema que se presenta en algunos lugares de Jalisco, paralelamente, los suelos han ido sufriendo una considerable disminución en el contenido de materia orgánica lo que también representa un efecto negativo sobre la fertilidad. (Palacios C.V. y González, E.D., 1989).

Los suelos son ácidos por una o más de las siguientes causas:

- a) Lixiviación a causa de la lluvia intensa. La lluvia transporta Ca, Mg. y otras bases hacia abajo más allá del alcance de las raíces de las plantas.
- b) Origen del suelo de materiales ácidos. Algunos suelos se han desarrollado partiendo de materiales que son ácidos, como el granito.
- c) El empleo de fertilizantes formadores de ácidos. El empleo de sulfato y nitrato de amonio aumenta la acidez de los suelos, reemplazando al calcio del complejo de intercambio.
- d) Acción microbiológica. Varias clases de microorganismos se encuentran activos en el suelo, lo que origina muchos procesos, tales como la descomposición de los residuos orgánicos y la nitrificación. Dando como resultado la constante formación de ácidos, los que al

liberarse buscan una base o CaCO_3 libre o del complejo de intercambio, haciendo que la solución del suelo sea ácida.

Efectos de la acidez del suelo sobre las plantas.

Influencias Directas:

- a) Efectos tóxicos de los iones H sobre los tejidos de la raíz.
- b) Influencia de la acidez del suelo sobre la permeabilidad de las membranas de la planta para los cationes.
- c) Perturbación en el equilibrio entre los constituyentes básicos y ácidos a través de las raíces.

Sin duda, la acidez del suelo ejerce efectos directos perjudiciales sobre las plantas, en especial porque influye sobre los cambios enzimáticos, ya que las enzimas son particularmente sensibles a los cambios de pH. Siendo cada vez más convincente que las condiciones del suelo creadas por acidez son perjudiciales para las plantas.

Influencias Indirectas:

- a) Disponibilidad de nutrientes diversos; por ejemplo: fósforo, cobre y zinc.
- b) Solubilidad elevada y disponibilidad de elementos como aluminio, manganeso y hierro en cantidades tóxicas a causa de la alta acidez del suelo.
- c) Actividad beneficiosa de los microorganismos del suelo afectados desfavorablemente.
- d) Prevalencia de enfermedades de las plantas.
- e) Debido a la acidez del suelo, los nutrientes como el calcio y el potasio pueden ser deficientes. La acidez del suelo es resultado de la acumulación de un exceso de iones H sobre los iones OH.

La masa de iones se mantiene en asociación estrecha con el complejo coloidal de la arcilla y materia orgánica.

Quando se agrega cal al suelo húmedo, la solución del suelo pasa a estar cargado de iones calcio. Estos iones calcio activos cambian sus lugares con iones de hidrógeno en el complejo de intercambio. El hidrógeno se combina con los iones OH para formar agua neutra, con el CO_2 o

HCO₃ para formar H₂CO₃ inestable que se cambia con facilidad en H₂O y CO₂. (Tamane, R.V.; Motiramani, D.P. y C. 1978).

Según la clasificación de la FAO (Dir. Gral. Agrología, 1973) la superficie ocupada por los suelos ácidos en la República Mexicana es de 13'128,300 Ha., lo que representa el 6.69% del Territorio Nacional. Estos suelos se ubican principalmente en la zona intertropical, con abundante precipitación pluvial.

Un total de 8'373,000 Ha. de suelos ácidos corresponden a Andosoles, principalmente vítricos y se ubican en el Eje Neovolcánico, que atraviesa el país desde las Tuxtlas hasta Nayarit y Colima.

En segundo orden de importancia se tienen Gleysoles, Cambisoles, Acrisoles y Nitisoles, que se localizan principalmente en zonas lluviosas de Tabasco, Chiapas y sur de Veracruz.

La acidez de los suelos se origina principalmente por el desplazamiento de los radicales básicos de calcio, magnesio, sodio y potasio, tanto del complejo de intercambio como de la solución del suelo y sustitución del hidrógeno o aluminio.

En los suelos orgánicos la alta contaminación de iones hidrógeno en la solución del suelo proviene de la ionización de radicales carboxilo de los ácidos orgánicos. En el caso de los suelos minerales, la presencia de iones hidrógeno en la solución del suelo es motivada por la hidrólisis del aluminio.

En un suelo ácido pueden manifestarse los siguientes problemas:

- 1) Alta concentración de aluminio intercambiable y en solución, el cual, además de causar una toxicidad directa, interfiere en la disponibilidad del fósforo en el suelo y la movilidad del calcio en la planta.
- 2) Fijación del fósforo, lo cual limita el aprovechamiento y efecto residual de los fertilizantes fosforados en el suelo.
- 3) Toxicidad de Manganeso que en ocasiones, origina una deficiencia de hierro por antagonismo.
- 4) Deficiencia de calcio, magnesio o molibdeno. Los primeros por ser susceptibles a pérdidas por lixiviación y el tercero por procesos de fijación de molibdatos, semejantes a los sufridos por los fosfatos.

- 5) Reducida actividad microbiológica que restringe la materia orgánica y por lo tanto el aprovechamiento de nutrientes. Por otra parte, existen microorganismos litopatógenos que se desarrollan más activamente en el suelo ácido.
- 6) Reducida capacidad de intercambio catiónico, lo que propicia la lixiviación de nutrimentos de carga positiva, como los iones amonio, calcio, magnesio y potasio. (Núñez E.R. 1985).

En suelos muy ácidos, hay poco potasio asimilable para las plantas, porque la arcilla y el humus lo retienen fuertemente, la disposición del fósforo es muy pequeña. Existe una alta solubilidad de hierro y aluminio los cuales retienen el fósforo del suelo y el que se agrega con los fertilizantes, de tal modo que la planta no puede disponer de él.

El hierro y aluminio solubles son la causa principal del mal desarrollo vegetal en suelos fuertemente ácidos. Cuando se encuentra aluminio en grandes cantidades, impide que la planta absorba suficiente calcio.

El aluminio no es un elemento nutritivo para las plantas mientras que el hierro y manganeso sí lo son, pudiendo ser tóxicos en suelos fuertemente ácidos al igual que el boro.

Una excesiva acidez del suelo inhibe a las bacterias que descomponen la materia orgánica, a las fijadoras de nitrógeno, que viven en las leguminosas, y las bacterias libres que fijan también nitrógeno atmosférico. (Worthen, L.E. y Aldrich, R.S. 1980).

Los valores de pH de 5.0 o menores pueden indicar deficiencia o indisponibilidad de elementos tales como calcio, magnesio, fósforo, molibdeno, boro o bien pueden tener cantidades tóxicas de zinc, manganeso, aluminio, níquel y otros elementos debido a su mayor solubilidad. (Chapman, H.D.; Prker, F.; Prott, 1981).

Un suelo llegará a ser ácido atendiendo a varias causas:

- 1) Alta Precipitación Pluvial. En suelos con altas precipitaciones superiores a 800 mm., en suelos con buen drenaje interno, el agua descendente arrastra consigo elementos básicos, los cuales se llegan a perder por percolación profunda, dando lugar a que los elementos de reacción ácida sean mayores en el suelo.
- 2) Material Parental de Carácter Acido. Ocurre en suelos derivados de rocas ácidas o féldespáticas como el gra-

nito, riolita, materiales pobres en elementos básicos, especialmente calcio.

Estos dos puntos pueden considerarse como causas naturales para que los suelos lleguen a acidificarse, la precipitación pluvial como componente principal del clima tiene mayor efecto en la naturaleza del material madre, estando la formación del suelo ácido ligada al clima; es decir, que los suelos ácidos tendrán un patrón de ocurrencia. De acuerdo con esto, los suelos ácidos quedarán referidos a las regiones ubicadas al sur de trópico de cáncer y hacia los litorales costeros.

La presencia de hierro y aluminio junto con el empobrecimiento en bases por lavado, conduce a los suelos a su acidificación.

Generalmente el uso de suelos en la producción es sinónimo de explotación de la fertilidad natural del suelo lo que conduce a su deterioro. Pocas veces se llevan a cabo medidas de mejoramiento y generalmente se hace sin seguimiento técnico y no son permanentes.

La acidez del suelo es el resultado de su degradación inducida, a parte de las causas naturales expuestas, por su uso sin tomar en cuenta prácticamente para prevenir las o rehabilitar el suelo.

Causas que contribuyen a la acidez del suelo y en las que el hombre participa:

- a) Monocultivo Esquilante. Suelos que durante el año son explotados y donde la cosecha es sacada del terreno y con ellos nutrientes y elementos básicos, repitiendo el proceso año con año, disminuyendo su reserva hasta agotarse.
- b) Uso de Fertilizantes de Reacción Acida. En aquellos suelos donde la aplicación de fertilizantes es necesaria para obtener un rendimiento aceptable en el cultivo.

Los fertilizantes nitrogenados al estar sujetos a la nitrificación por la microfiora del suelo, causan acidez. No obstante se dice, que una aplicación de 100.0 Kg./Ha. de sulfato de amonio, ocasionan acidez que para neutralizarla se requiere cuando menos de 100.0 Kg. de carbonato de calcio.

- c) Descomposición de la Materia Orgánica del Suelo. Mediante los procesos de amonificación, nitrificación y humificación, generan la formación de sustancias ácidas. Si el material orgánico es pobre en bases, su descomposi-

ción contribuirá a la acidez del suelo. Igual puede pasar cuando se hagan aplicaciones de materia orgánica como mejorador.

La acidez del suelo, se presentará en aquellas zonas agrícolas de climas sub-húmedos o húmedos, donde se conjugan causas de acidez expuestas y en las que en el presente se había de programas de protección agrícolas, enfocada hacia cultivos básicos en los que se pretende aplicar tecnología necesaria para altos rendimientos.

El mapa de acidez de los suelos presentado en el Plan Jalisco, muestra la distribución de áreas con menor pH en base a los resultados del Laboratorio Regional de Suelos y Apoyo Técnico, se puede linear una extensa zona de suelos ácidos cuyo pH es inferior a 5.0 y que en la zona centro del Estado incluye los Municipios de Cuquio, Ixtlahuacán del Río, Zapopan, Arenal, Tequila, Magdalena, Teuchitlán, etc. igualmente se había de suelos afectados por acidez en los Municipios de Atengo, Tenamaxtlán, Taipa de Allende y La Huerta, en la zona Costa.

Así mismo, en la zona sur es posible encontrar suelos ácidos en los Municipios de Tecalitlán, Pihuamo, Cd. Guzmán y Zapotiltic.

Siendo en estos sitios, la acidez de los suelos un factor negativo, ya que se trata de áreas agrícolas. (1er. Simposio de Encañado de Suelos Agrícolas 1984).

La acidez del suelo se debe principalmente a los iones hidrógeno y aluminio. El Aluminio no es liberado por hidrólisis de los minerales primarios, se pone en solución de los sitios de intercambio. Luego cada ión Al^{3+} se combina con tres iones OH^{-} y se precipita, dejando tres iones libres H^{+} que reducen el valor de pH.

En suelos donde los cationes básicos son agotados, el Aluminio se vuelve soluble en forma creciente debido a la disminución del pH y es absorbido en preferencia el hidrógeno en la carga permanente dejando en solución los iones H^{+} .

El pH tiende a estar correlacionado con la precipitación. A medida que esta aumenta, el pH baja como resultado del Agotamiento de Cationes Básicos. (Pitz E.A. Patrick, 1984).

3.2. En los Productos Utilizados.

Por lo que se refiere a los productos utilizados en el control de acidez de los suelos en el Estado de Jalisco,

el INIFAP ha estado experimentando encalados desde 1978, la mayoría de ellos en el cultivo de maíz. Los primeros estudios se llevaron a cabo con aplicaciones de cal agrícola más los resultados de esos trabajos no fueron lo suficientemente objetivos como para generar recomendaciones.

Esto fue debido principalmente a que los materiales utilizados como fuente de cal no estaban bien caracterizados física y químicamente. Además la mayoría de las veces el material empleado presentaba una granulometría muy irregular, predominando perdigones de gran tamaño que impidieron observar efectos del encalado en un plazo de 1 a 2 años.

En 1985 el INIFAP empezó a conducir experimentos haciendo uso de hidróxido de calcio. El uso de este material de composición química constante y de fina granulometría, permitiría observar efectos a corto plazo y apoyar recomendaciones en productos de los que se pudieran esperar resultados similares a los observados en los trabajos experimentales. (González E.D.R.; S.F.).

De los experimentos establecidos en diferentes regiones se conoce que: Los niveles de hidróxido de calcio que han resultado aconsejables desde el punto de vista económico, han variado entre 1 y 3 Ton./Ha., correspondiendo la más baja dosificación a suelos de textura arenosa donde la capacidad de amortiguamiento es más baja.

La respuesta en la región Altos de Jalisco, ha sido poco consistente en comparación con la Región Centro. (1ª Reunión Científica Forestal Agropecuaria, 1988).

Durante 1986 hubo respuesta positiva a la aplicación de cal en Acatic y Tepatitlán, aumentaron los valores de pH en los tratamientos de prueba. Los tratamientos con mejor respuesta fueron 6 y 10 Ton./Ha. en suelos con Ph de 4.8 y 5.2 (Mier C.R., 1968).

En los ciclos 1985, 86, 87, en los Municipios Ahualulco, Amatitán, Arenal, Zapopan e Ixtlahuacán del Río, se estudiaron niveles diferentes de encalado en base a hidróxido de calcio finamente molido.

En el primer año de estudio, no se encontró efecto significativo del encalado en todos los Municipios sobre el rendimiento del cultivo.

Se observó incremento del pH por acción del material alcalinizante. A la fecha se encontró que la cal bajo forma de hidróxido de calcio, incrementó la producción del maíz a niveles costeados.

No se debe aplicar más de 1 Ton./Ha., de este material en suelos arenosos, mientras que en suelos arcillosos puede ser necesario aplicar hasta 2 Ton./Ha. la aplicación puede llevarse a cabo incluso en fechas próximas a la siembra.

El encalado tratándose de maíz, no se debe hacer cuando el pH del suelo sea mayor de 5.2 (Palacios C.V. y González O., 1988).

Los materiales de encalado comunes son:

- 1) Piedra caliza cálcica (CaCO_3), que es piedra caliza molida.
- 2) Piedra caliza dolomítica ($\text{Ca Mg} (\text{CO}_3)_2$), derivada de la piedra caliza molida rica en magnesio.
- 3) Cal viva (CaO), que es piedra caliza quemada.
- 4) Cal hidratada (apagada) ($\text{Ca}(\text{OH})_2$), que proviene de cal viva que ha cambiado a la forma hidróxido al reaccionar con el agua.
- 5) La cal de concha de coral.
- 6) Greda (CaCO_3), que resulta de la piedra caliza blanda.
- 7) Escoria de Altos Hornos (CaSiO_3) y (Ca_2SiO_4).
- 8) Orígenes diversos como ceniza de madera, cáscara de os tión molida, lodo prensado, cal subproducto de fábrica de papel, ingenios de azúcar, etc.

Todos estos materiales de encalado tienen valor para proporcionar calcio y magnesio, ya que elevan el pH y hacen menos tóxico al aluminio, al manganeso y al hierro. La selección del material de encalado se determina por el costo en relación con su pureza, la facilidad de manejo y la finura que determina la velocidad con la que la cal reacciona en el suelo (Tamane R.V. y C., 1978).

Las características más importantes que determinan el valor de cal agrícola son:

- 1) El Tamaño de las Partículas.

Es importante enfatizar, que una de las características más importantes que determinan el valor de la cal agrícola es el tamaño de sus partículas.

La Dirección General de Normas ha estado trabajando en la definición de Norma Oficial Mexicana de Cal para Uso Agrícola para lo cual una de las referencias básicas es la norma C602-69 de ASTM (American Society for Testing and Materials) que incluye la siguiente tabla:

Clasificación de Cal Agrícola.

Clase	Material que pasa Tamiz No. 8 (2.36 mm.) (Porcentaje Mínimo).	Material que pasa tamiz No.60 (0.250 mm.) (Porcentaje Mínimo).
S	100	100
T	99	75
O	95	55
N	90	40
E	80	25

Según esta información la mejor cal agrícola (En referencia a su granulometría) es aquella cuyas partículas son todas menores a 0.250 mm. Otros criterios que conocemos de Europa señalan el tamiz No. 100 (0.15 mm.) con base para clasificar la cal agrícola.

2) Valor Neutralizante.

El valor neutralizante se determina en laboratorio mediante la reacción con ácido clorhídrico y se expresa en comparación con carbonato de calcio puro.1

3) Contenido de Calcio y Magnesio.

El contenido de calcio y magnesio se determina en el laboratorio disolviendo la caliza y determinando Ca y Mg mediante un equipo de absorción atómica.

Como información adicional conviene señalar que el carbonato de calcio puro contiene 40% de calcio. Esto se deduce calculando el peso molecular del CaCO_3 como sigue:

100 gramos de producto puro contienen 40 gramos de calcio, 12 de carbono y 48 de oxígeno.

Conviene recordar que la dolomita pura (Carbonato de calcio y magnesio) tiene la fórmula $\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$ y que su

contenido de Mg es 13%. Esto es, 13 es el máximo contenido de Mg en un material dolomítico. (Asesoría y Servicios Analíticos para la Agricultura, México, 1991).

La corrección directa del problema de la acidez de los suelos requiere de aplicación de cantidades predeterminadas de materiales para encalado, que pueden ser carbonatos, silicatos, óxidos o hidróxidos de calcio y/o magnesio.

Aunque la calcita es el material más comúnmente usado para el encalado, existen otros productos que también pueden emplearse. La cal viva y la cal hidratada tienen una reacción más violenta que la calcita o cal agrícola, sin embargo son materiales más costosos y de causticidad.

Es preferible que en el material para encalado vaya alguna proporción de dolomita, a fin de evitar un desbalance en la relación de concentraciones calcio/magnesio en el suelo.

La roca fosfórica es básicamente un proveedor de fósforo en los suelos ácidos, aunque tiene también un ligero poder neutralizante de la acidez.

Materiales para encalado, fórmula y valor neutralización (Equivalente en % CaCO_3).

Material	Fórmula del compuesto característico.	Valor neutralizador (equiv. % CaCO_3).
Calcita.	CaCO_3	100
Cal viva.	CaO	178
Cal hidratada.	$\text{Ca}(\text{OH})_2$	134
Carbonato de Mg.	MgCO_3	119
Cal dolomítica.	$\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$	108 - 95
Conchas marinas molidas.	CaCO_3	88 - 80
Escoria de silicato de calcio.	CaSiO_3	80 - 71
Escoria básica.	$\text{CaCO}_3 \cdot \text{CaSiO}_3$	71 - 67
Marga.	CaCO_3	70 - 40
Roca fosfórica.	$\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6\text{F}_2$	7
Cenizas de madera.	$\text{CaCO}_3, \text{K}_2\text{CO}_3, \text{MgSO}_4$	40

Miramontes y Ortega (1972) condujeron un ensayo de invernadero sobre encalado con carbonato y silicato de

calcio en tres suelos, dos de ellos ácidos. Observaron la influencia del encalado sobre varias características de los suelos y sobre el rendimiento del sorgo y su absorción de fósforo.

Las dosis crecientes de ambos mejoradores elevaron el pH, la capacidad de intercambio catiónico y el fósforo absorbido por las plantas de sorgo y abastecieron el aluminio soluble; la efectividad de cada mejorador varió de uno a otro suelo.

En el Ultisol, el silicato de calcio fue más efectivo que el carbonato para abatir el aluminio y para elevar la capacidad de intercambio catiónico y la aprovechabilidad del fósforo; en cambio resultó menos efectivo que el carbonato de calcio para elevar el pH en ambos suelos.

En el Andosol la efectividad de ambos mejoradores fue semejante en cuanto a abatir la solubilidad del aluminio y elevar la capacidad de intercambio catiónico y la aprovechabilidad del fósforo.

En general, en los suelos ácidos el efecto de la fertilización se mejora cuando el suelo recibe también un material de encalado, en base de calcio, magnesio y/o silicio.

Sin embargo, debe advertirse que el fertilizante fosforado jamás debe mezclarse con la cal porque revierte el fósforo a formas no aprovechables.

Lo que debe hacerse es aplicar primeramente la cal al voleo, mezclada con el suelo y dejarla actuar el tiempo suficiente sobre la acidez del mismo, antes de aplicar el superfosfato de calcio, el cual debe ir preferentemente granulado y en banda o mateado, para reducir su superficie de contacto con el suelo y minimizar su fijación.

Selección de Materiales para Encalar.

Los diferentes materiales usados para encalar el suelo deben ser seleccionados de acuerdo a las siguientes características:

- 1) Valor neutralizante. Dicho valor resulta de su valencia y de su peso molecular en relación con el del carbonato de calcio, que es de 100.
- 2) Fineza. Mientras más fino es el material para encalado, más rápida y efectiva es su acción sobre la acidez del suelo, aunque su costo es más elevado. En general se espera que la cal agrícola para aplicarse al suelo contenga

ga de 75 a 100% de sus partículas con una fineza tal que pase un tamiz de 8 a 10 mallas por pulgada y que 20 a 80% del material pase entre los tamices de 8 y 100 mallas por pulgada.

En el estado de Ohio, E.U.A. se considera que un material que pasa el tamiz de 60 mallas, tiene una eficiencia de 100% en un año; el que pasa el tamiz de 20 mallas pero no el de 60, se considera con eficiencia de 60%; el que pasa el tamiz de 8 mallas pero no el de 20, tiene una eficiencia de 20% y el que no pasa el tamiz de 8 mallas se considera no adecuado para encalar.

3) Contenido de Magnesio. En general es más apreciada la cal que contiene magnesio, como lo es la dolomítica, ya que ayuda a conservar un adecuado equilibrio entre las concentraciones de calcio y magnesio en el suelo.

El uso continuado de una calcita libre de magnesio puede llegar a desarrollar insuficiencia de este elemento en el suelo.

4) Pureza. La cal agrícola en general contiene impurezas tales como arena y arcilla, lo cual debe tomarse en consideración en relación con su precio.

5) Costo. Un factor determinante de la selección del material para encalado, es su costo en relación con su calidad, expresada por sus características anteriores. Para comparar la eficiencia de dos o más materiales para encalado, en relación con su costo, puede utilizarse la siguiente ecuación:

$$\text{Eficiencia} = \frac{\text{Valor neutralizante} \times \text{Índice de finaza} \times \% \text{ Pureza.}}{\text{Costos.}}$$

Núñez E.R., 1985).

La clase de materiales para encalar que se utilicen, dependerá de: 1) Accesibilidad local o disponibilidad, 2) Costo, y 3) Propósito al que se destine.

Las cales calcinadas e hidratadas tienen un poder neutralizante más rápido que las piedras calizas agrícolas y dolomíticas, pero también son mucho más caras y más difíciles de manejar.

Las piedras calizas dolomíticas, que contienen tanto magnesio como calcio, se recomiendan en los suelos con deficiencia de magnesio en zonas húmedas del campo, particularmente en las tierras arenosas. (National Plant Food Institute 1987).

En la cantidad de cal requerida solamente se considera la equivalencia de neutralización de la caliza, es decir, el equivalente en carbonato de calcio.

Las consideraciones más detalladas tienen en cuenta además de la proporción de Ca y Mg en el material usado para encalado. Las rocas calizas, utilizadas en general en forma finamente pulverizadas para el encalado de los suelos, incluyen calcita cuyo material activo es el CaCO_3 , caliza dolomítica que contiene CaCO_3 . MgCO_3 y margas en las que el material activo es también la calcita.

También son utilizados otros materiales como la caliza calcinada que contiene CaO, la cal apagada que contiene Ca(OH)_2 con CaCO_3 y cantidades limitadas de otros materiales. (M. L. Jackson 1982).

Tres son las características más importantes que deben considerarse para medir la eficiencia de un material de encalado, ellas son: 1) Su valor de neutralización, 2) Su solubilidad, y 3) El tamaño de las partículas del material. (Ortega T.E., 1978).

3.3. En los Métodos de Análisis.

Un método sencillo y exacto para medir la necesidad de cal puede obtenerse tratando una curva de compensación. El método se ha descrito bajo el título "Capacidad compensadora y curva de compensación".

Un cálculo sencillo de la necesidad de cal sería el siguiente:

El pH de un suelo al que no se ha agregado ácido o base, es 5.0 y se desea elevar el pH en 1 unidad, es decir, a 6.0. Si la cantidad de base para elevar el pH de 5.0 a 6.0 (Según curva de compensación) es 0.15 me, por 10 gr. de suelo, la necesidad de cal es:

Necesidad de cal = me. de base para 10 gr. de suelo x 10 x 50 x 20 (Como libras de) = me. de base para 10 mg. de suelo x 10,000 CaCO_3 puro/acre = $0.15 \times 10,000 = 1500$ libras de CaCO_3 /acre. (Tamane D.P. y Motiramani 1978).

El peso de la capa arable es de 2'000,000 Lb./acre. Teniendo en cuenta el peso por hectárea, tendremos:
Necesidades de Cal = me. de base para 10 gr. de suelo x 10 x 50 x 25 (como Kilos de) = me. de base para 10 gr. de suelo x 12,500 CaCO_3 puro/Ha. = $0.15 \times 12,500 = 1875$ Kg./Ha.

El peso de la capa arable es de 2'500,000 Kg/Ha. El m.e. de la base para 10 gr. de suelo se multiplica por 10 para 100 gr. de suelo. La multiplicación posterior de 50 se hace para convertir los m.e. en mg. de CaCO_3 por 100 gr. de suelo.

Aparte los mg. de CaCO_3 por 100 gr. se multiplican por 20 para convertirlos en libras de CaCO_3 por acre, suponiendo que el corte de surco de un acre de suelo sea 2'000,000 de libras o bien cuando se maneja en kilos de una hectárea en un corte de surco suelo de 2'500,000. (Tamane D.P. y Motiramani 1978).

Existen varios métodos para medir la acidez del suelo y su requerimiento de cal. Según Pearson y Adams (1976), los más comunes son:

1. Titulación con una base o equilibrio con cal.
2. Lavado con una solución buffer, seguida de análisis del lixiviado para determinar la cantidad de base consumida por reacción con el suelo, y
3. Por diferencia entre la capacidad de intercambio catiónico y la suma de bases intercambiables.

Kamprath (1967) recomienda calcular el requerimiento de cal de un suelo ácido en base a su acidez intercambiable; es decir, hay que aplicar la cal necesaria para neutralizar la acidez intercambiable. La determinación de acidez intercambiable la describe como sigue:

- 1) Agregar 50 ml. de KCl 1N, en incremento de 10 gr. de suelo.
- 2) Agitar por 30 minutos.
- 3) Filtrar y lavar con 50 ml. de KCl 1N, en incremento de 10 ml.
- 4) Titular el filtrado con NaOH 0.01N usando fenolftaleína.

$$\begin{array}{l} \text{Acidez} \\ \text{intercambiable} \\ \text{(meq/100 g.)} \end{array} = \begin{array}{l} \text{Normalidad} \\ \text{base} \\ \text{(0.01N.)} \end{array} \times \text{MI Base} \times \frac{100}{\text{Peso de suelo}} \times \frac{100}{(10 \text{ g.})}$$

1 Meq./100 Gr. de suelo = 1000 Kg. CaCO_3 /Ha. (A 15 cm. profundidad) Cal.

Por su parte, Pearson (1975), al comparar los requerimientos de cal de suelos ácidos tropicales con aquellos de altas latitudes, llega a la conclusión siguiente:

- 1) Los suelos de las regiones tropicales húmedas, generalmente son muy resistentes a cambio de pH arriba de 5.5. No es recomendable intentar encalados a valores convencionales de altas latitudes (6.5 a 7.0).
- 2) En los trópicos, los rendimientos máximos de cosecha se obtienen a valores de pH que serían intolerables en suelos menos intemperizados.
- 3) En suelos de regiones tropicales, el efecto de la cal sobre la disponibilidad del fósforo varía de benéfico a detrimental, según condiciones específicas.
- 4) Los requerimientos de cal deben basarse en el contenido de aluminio intercambiable, más bien que en el pH. En los trópicos húmedos, los cereales responden al encalado cuando el aluminio intercambiable excede 15% de saturación y el pH es inferior a 5.0. (Núñez E.R. 1985).

La acidez del suelo puede determinarse por métodos calorimétricos que son métodos rápidos pero poco precisos. Los métodos más precisos y más utilizados requieren de un medidor de pH, con electrodos de vidrio colomel (o un combinado).

El pH del suelo se mide usualmente mediante la colocación de una suspensión del suelo en agua destilada en contacto con los electrodos de un medidor de pH y leyendo el resultado en la escala del aparato. Otro camino utilizado para corregir los efectos acidificantes de las sales es añadir una solución salina al suelo en vez de agua. Por ello una solución de CaCl_2 0.01M se añade al suelo y se mide el pH.

Tales valores del pH, son más bajos que aquellos medidos por agua. Siendo una estimación más precisa del estado de acidez del suelo que aquel medido en una suspensión de agua - suelo.

El requerimiento de cal en un suelo esta relacionado no tan solo al pH sino también a su capacidad tampón o de cambio catiónico. La capacidad tampón o de cambio esta relacionada con la cantidad de arcilla y materia orgánica presente.

De aquí que los suelos clasificados como arcillas, y abonados con estiércol tengan alta capacidad tampón, y si son ácidos, tengan un gran requerimiento de cal. Los suelos de textura gruesa con poca o ninguna materia

orgánica tengan una baja capacidad tampón y si son ácidos, un bajo requerimiento de cal.

El requerimiento de cal se puede determinar por diversos métodos. Uno que es utilizado a causa del tiempo que consume. Es una técnica simple y correcta que ilustra con claridad la significación de la capacidad tampón y el requerimiento de cal, se describe a continuación:

Tales datos se obtienen mediante la adición de base a una serie de frasquitos que tienen una cantidad conocida de suelo. A cada frasquito se añade una cantidad dada de base. La base empleada usualmente es hidróxido de calcio. Se añade agua para igualar el volumen del líquido en todos los frasquitos y las muestras son dejadas para que se equilibren.

Se hacen determinaciones de pH y los valores obtenidos y son representados en un plano a un lado los miliequivalentes de ácido o base añadidos. Una curva tampón se constituye entonces. Con estos datos es sencillo el determinar la cantidad de cal a añadir (Tisdale S.L. Y Nelson W:L: 1982).

Existen métodos colorimétricos y potenciométricos para determinar la acidez activa o pH. Los colorimétricos se utilizan en el campo y no son tan exactos como los potenciométricos. Los métodos electrométricos se han generalizado en los laboratorios y se basa en la medición potenciométrica de la actividad de hidrógeno contra un electrodo de referencia, generalmente un electrodo de Calomel saturado.

Los tres métodos potenciométricos más generalizados son:

- 1) Medición en agua utilizando la porción de suelo seco: 1:1.

Esta suspensión se deja equilibrar y se mide después de 30 minutos el pH con el potenciómetro.

- 2) Medición en KCl, 1N, en proporción suelo seco: solución 1:2.5.
- 3) Medición en CaCl₂, 0,01M en proporción suelo seco: solución 1:2.

Existen una gran diversidad de métodos de determinación de las necesidades de encalado. La mayor parte de los métodos rápidos se basan en el uso de soluciones de sales de alta capacidad tampón y la producción del equilibrio entre el suelo y cantidades ascendentes de la solución; al medir la acidez cambiable por métodos colorimétricos.

conductimétricos o potenciométricos, se obtienen curvas de titulación que permiten determinar las necesidades de encalado.

Entre las diferentes técnicas se utilizan las de:

- 1) Abruña-Rodríguez y Vicente-Chandier basadas en la curva de neutralización con cantidades ascendentes de $\text{Ca}(\text{OH})_2$ del 0.04 N. la reacción se acelera hirviendo las suspensiones por 5 minutos.
- 2) Matsusak y Sherman aplicando cantidades ascendentes de NaOH 0.1N en suelos previamente tratados con HCl .
- 3) Shoemaker, Mc Lean y Pratt empleando una mezcla de soluciones de alto poder tampón con pH ajustado a valores 7.5.
- 4) Peech por titulación de suspensiones suelo solución de BaCl_2 -TEA con HCl 0.2 N hasta un pH de 5.1.

El requerimiento de cal es la cantidad de cal u otro material básico que se precisa para neutralizar la acidez y pasar de una condición ácida inicial a una condición menos ácida cualquiera.

Los factores que afectan las mediciones de necesidades de cal son los mismos que afectan la acidez total.

Factores que afectan las mediciones de los requerimientos de cal:

- 1) Grado de Intemperización.

Los suelos se acidifican en relación a las sales que pierden, las cuales son sustituidas por la disolución de los minerales fácilmente descomponibles, sustituyéndose los lugares de complejo de intercambio por cationes acidificantes. Este fenómeno hace que aumenten los requerimientos de cal.

- 2) Tipo de Material Parental.

Los componentes básicos son óxidos o carbonatos alcalino o alcalino térreos, o, alternativamente, aluminio-silicatos que contienen cationes básicos. Durante el proceso de intemperización los cationes básicos son reemplazados por cationes ácidos, tales como H y Al. La sustitución es mayor a medida que transcurre el tiempo.

3) Contenido de Arcilla.

En general a medida que aumenta la concentración de arcilla en el suelo, aumenta la capacidad de intercambio catiónico; consecuentemente, la cantidad de cationes ácidos que puede absorberse en el sitio de intercambio es mayor.

Además, mientras mayor sea el número de sitios de intercambio entre las capas de arcilla, mayor será la cantidad de Iones Hidroxi-Al. Los requerimientos de cal de los suelos con estas características serán mayores.

4) Contenido de Materia Orgánica.

Mientras mayor sea la concentración de materia orgánica en el suelo, mayor es la tendencia de los iones ácidos a acumularse en los sitios de intercambio. Razón por lo cual se requiere de cal en los suelos.

5) Formas de acidez presente.

Existen varias formas de acidez que son responsables de la acidez total y, consecuentemente, de los requerimientos de cal. Ni la acidez de un suelo, ni el requerimiento de cal, puede ser atribuido solamente a los iones H.

6) pH inicial y final del suelo.

Los cationes ácidos predominantes dependen del pH de los suelos. Así por ejemplo, en suelos muy ácidos (pH 4.0) habrá solo una pequeña proporción de iones H en la solución del suelo y una cantidad mayor adsorbida en los sitios de intercambio. La proporción de iones (Al) adsorbido será mucho mayor que la de iones (H) pero la de iones hidroxido-Al es relativamente menor.

7) Método Analítico.

Debido a la existencia de diversas formas de acidez en el suelo, no es de extrañar que los diferentes métodos varíen en la extensión de reacción y por consecuencia varíen los resultados de requerimiento de cal.

8) Tiempo empleado en la Determinación.

La diversidad de formas de acidez presente en el suelo y sus diferentes grados de intercambiabilidad, así como la falta de especificidad de algunas soluciones tampones para reaccionar con ciertas formas de acidez, hacen que el tiempo de reacción afecte la cantidad de cal requerida.

Dado que existe necesidad de obtener información rápida, analizaremos algunos procedimientos de laboratorio para determinar la necesidad de cal requerida por los suelos.

Incubación de Suelo Agua-Cal.

Este método consiste en mezclar cal en cantidades crecientes con una masa de suelo dada e incubar la mezcla, previamente humedecida, hasta que logre el equilibrio, momento en el cual se mide el pH. Con los datos de pH y cantidad de cal adicionada se constituye una curva, que permita calcular la cantidad de cal que hay que agregar para alcanzar un pH determinado.

Titulación Suelos-Base.

Los cationes acídicos del suelo pueden titularse con una base, en la forma habitual empleada para hacer una neutralización, sin embargo, la mayoría de la acidez no es accesible a la neutralización instantánea.

Equilibrio del Suelo con Soluciones Tampones o Buffer.

Los métodos basados en esta idea se discuten a continuación:

Método de Schofield. Propone que la determinación de necesidades de cal consiste en equilibrar durante la noche el suelo con una solución de p-nitrofenol neutralizadas a pH 7 con $\text{Ca}(\text{OH})_2$ y titular al día siguiente para ver la cantidad de OH consumida por la reacción con el ácido de la muestra.

Método de Woodruff. Este método emplea como solución buffer una mezcla de acetato de calcio, p-nitrofenol y óxido de magnesio, que tiene como característica dar una curva de amortiguación que es lineal entre 6 y 7. La solución tampón es ajustada a pH 7 y cada 0.1 unidad de disminución de pH representa una cantidad de 0.02 meq. de ácido neutralizado.

En forma general los métodos tienden a equilibrar el suelo con soluciones tampones, lo cual permite la neutralización de la acidez a un pH relativamente más bajo y constante.

Las soluciones buffer o tampón es, generalmente, una mezcla de ácido débil con una sal del mismo ácido. Ejemplo: Acido, acético y acetato de sodio.

Las soluciones buffer neutralizan tanto a los ácidos como a las bases, por lo que impiden que ocurran grandes cambios de pH en el sistema y los cambios que acontecen,

dentro de su intervalo de acción, son lineales. Este hecho es utilizado para medir, a través del cambio de pH buffer, la cantidad de acidez total representada en el cambio.

Método Aluminio Intercambiable.

En suelos con alto grado de intemperismo y bajo pH el crecimiento de las plantas se ve limitado frecuentemente por concentración de Al.

Se ha sugerido que la cantidad de Al que se extrae con una sal neutra no taponada puede ser empleada como índice de requerimiento de cal. (Ier. Simposio de Encalado de Suelos Agrícolas, 1984).

3.4. En los Efectos de Encalado de los Suelos.

3.4.1. En la Química de los Suelos.

Mediante la adición de piedra caliza puede corregirse la deficiencia de calcio, o bien, si se utiliza dolomita, se corrigen tanto las deficiencias de calcio y magnesio, al mismo tiempo que se reducen o vencen por completo las toxicidades debidas a la elevada toxicidad de metales. Asimismo en algunos suelos, la adición de piedra caliza incrementa la disponibilidad del fósforo y el molibdeno. (Chapman H.D. y Pratt P:F: 1981).

Estudios realizados han señalado que el efecto del encalado fue capaz de abatir los niveles de hierro y manganeso que pudieran resultar tóxicos, a su vez el pH se incrementa hasta en más de una unidad. (Palacios C.V. y González E.D. 1988).

La asimilación de nutrientes primarios como son: Nitrógeno, Fósforo y Potasio, así como de los nutrientes secundarios: Azufre, Calcio y Magnesio, es mayor en pH de 6.5 a 7.5. Por lo que se obtienen satisfactoriamente estos nutrientes por las plantas. Con frecuencia hay deficiencia de Boro cuando se agrega demasiada cal en un suelo ácido.

La cal se agrega a los suelos ácidos con tres fines fundamentales:

- 1) Para suministrar calcio y algunas veces magnesio como un nutriente para las plantas.
- 2) Para reducir la toxicidad de aluminio, hierro y manganeso.

- 3) Para aumentar el pH de los suelos ácidos y con ello hacer más aprovechables otros nutrientes para la planta.

Efectos de la Cal sobre el Suelo.

- 1) La cal hace más aprovechable el fósforo.

Esto se debe a que en los suelos ácidos el fósforo es fijado por el hierro y el aluminio solubles. El encalado reduce la solubilidad de ambos, reteniendo menor cantidad de fósforo.

- 2) La cal hace más eficaz al potasio en la nutrición de las plantas.

Cuando es abundante, la planta absorbe más potasio del que necesita. La cal reduce la absorción excesiva de potasio.

- 3) La cal aumenta la asimilación del nitrógeno al acelerar la descomposición de la materia orgánica.

- 4) La cal proporciona calcio y magnesio para la nutrición de las plantas.

- 5) El aluminio, el manganeso y el hierro perjudiciales se tornan insolubles e inofensivos cuando un suelo está bien abastecido de cal. (Tamane R.V.; Motiramani D.P. y C. 1978).

La solución de los principales problemas de los suelos ácidos se obtiene mediante encalado, practica que cumple uno o varios objetivos son:

1. Eleva el pH de los suelos.
2. Inactiva y neutraliza el aluminio intercambiable en la solución del suelo.
3. Reduce la fijación del fósforo.
4. Contrarresta la Toxicidad de Manganeso.
5. Corrige la deficiencia de calcio, magnesio o molibdeno (Núñez E.R. 19985).

Efectos Directos e Indirectos del Encalado en el Suelo:

1. Aumento de iones OH y disminución de iones H en la solución del suelo.

2. Disminución de la toxicidad de aluminio, manganeso, hierro.
3. Regulación de la disponibilidad de fósforo y molibdeno
4. Aumento de la disponibilidad de calcio y magnesio.
5. Aumento del porcentaje de saturación.
(Fassbender, Hans, W. 1978).

Si un suelo ácido es encalado para alcanzar un mejor valor de pH ocurrirá un determinado número de cambios químicos entre ellos:

1. La concentración de iones H disminuye y aumenta la de iones OH.
2. La solubilidad de Fe, Al y Mn disminuirá.
3. La asimilación de fosfatos y molibdatos aumenta.
4. Aumentan el calcio y magnesio intercambiables.
5. Aumenta el porcentaje de saturación de bases.
6. El potasio podrá aumentar o disminuir según las condiciones. (Buckman y Brady 1977).

3.4.2. En la Física de los Suelos.

Los suelos ácidos no son suelos productivos. Para aumentar la productividad de estos suelos es necesario el encalado.

Un buen programa de encalado durante un período de años mejora la condición física del suelo, ya que reduce su densidad de masa, aumenta su capacidad de infiltración e incrementa su velocidad de filtración de agua.

A mayor cantidad de cal aplicada, mayor es el índice de infiltración de agua que pasa a través del suelo.

Siguiendo un programa adecuado de encalado hay menos erosión del suelo. Esto fundamentalmente, por el vigor y densidad mayor de plantas, incrementándose la cantidad de agua disponible para los cultivos. (Tamane R.V.; D.P. Y C. 1978).

La adición de cal a los suelos ácidos eleva la capacidad de intercambio catiónico e incrementa los rendimientos de

los cultivos, especialmente de aquellos no susceptibles a la acidez de los suelos. (Núñez E.R: 1985).

La influencia del pH sobre las propiedades físicas del suelo es indirecta a través de la cubierta iónica del complejo de intercambio. Al predominar el Ca en la cubierta del complejo de cambio se observa lo siguiente:

- La dispersión o floculación es óptima.
- A través de la intensa actividad biológica se facilita la formación de agregados.
- La intensidad de agregación es constante.
- Mejor agregación de partículas y estructura.
- Mejores condiciones de aeración y movimiento del agua.

El efecto del encalado en el desarrollo de las plantas, muchas veces es múltiple a través de su influencia sobre diferentes características de los suelos. (Passbender Hans W. 1978).

El encalado mejora la estructura cuando se produce cosechas de gran desarrollo, con sistema radicular más extenso y por tanto deja en el suelo volúmenes mayores de residuos propiciando indirectamente el mejoramiento de la estructura del suelo. (Worthen L.E. Y Alderich R.S. 1980).

En los suelos ácidos se fomenta una estructura favorable por la adición de cualquier clase de calces, como resultado de los efectos de la cal sobre las fuerzas bióticas, sobre todo en la descomposición de la materia orgánica del suelo y la síntesis de humus.

Con la formación de humus y su persistencia aumenta la granulación gradualmente. Transformándose en un efecto estimulante de la cal sobre las plantas de raíces profundas (Buckman y Brady, 1977).

La estructura de los suelos de textura fina pueden ser mejorada por una adecuada adición de cal. Esto es ampliamente el resultado de un aumento en el contenido de materia orgánica y en una menor extensión de la floculación de los coloides saturados de calcio. (Tisdale S.K. Nelson W. L. 1982).

3.4.3. En el Aspecto Biológico del Suelo.

La adición de cal a los suelos ácidos mejora la actividad microbiológica. Debido a la diferente adaptabilidad de los microorganismos para desarrollarse en un determinado ambiente ecológico, el encalado de suelos puede ayudar a controlar algunas enfermedades de las plantas, como es el caso de la hernia de la col provocada por *Plasmodiophara brassica*. Welch et al (1976).

La aplicación de 11.1 Ton. de cal por Ha. en dos años elevó el pH del suelo e 6.1 a 6.8 y los rendimientos de la col de Bruselas, de 227 a 545 gr. por planta, al reducir el porciento de infección de 71.25 a 34.75. Dosis mayores de cal no elevaron estadísticamente el rendimiento (Núñez E.R. 1985).

Las bacterias benéficas del suelo son estimuladas por un suministro adecuado de cal en el suelo. (Tamane R.V.; Motiramani, D.P. y C: 1978).

Es bien conocido que el pH tiene gran influencia sobre la microflora y microfauna presente en el suelo y su actividad. El efecto del encalado del suelo, biológicamente mejora:

- Las condiciones de desarrollo de los microorganismos, especialmente bacterias.
- Aumenta la mineralización de la materia orgánica.
- Mejora el efecto de amonificación, nitrificación y fijación de nitrógeno. (Fassbender Hans W. 1978).

Algunas enfermedades de las plantas se evitan agregando caliza; otras se empeoran. Si se eleva el pH del suelo a 7.0, por ejemplo, se evita la enfermedad de la raíz de los nabos, coles, coliflores, brócoli y col forrajera.

Es cierto que las leguminosas, como alfalfa o el trébol, son las más beneficiadas con un programa de encalado, pero todos los demás cultivos de rotación se benefician indirectamente, a causa de la mayor cantidad de nitrógeno fijado y de la mayor cantidad de materia orgánica incorporada en el suelo por el mejor desarrollo de las leguminosas.

Al no ser que se trate de cultivos tolerantes a la acidez. La materia orgánica se descompone más rápidamente en suelos bien encalados. (Wonther L.E. y Aldrich R.S. 1980).

IV. DESCRIPCION DEL AREA DE ESTUDIO

El Municipio de Tala, Jalisco, se encuentra ubicado al Occidente de la capital, del Estado, entre los meridianos 103° 42' 00" de longitud oeste y el paralelo 20° 39' 00" latitud norte y a una altitud media de 1350 m.s.n.m.

La extensión total del Municipio es de 40,067-00 Ha. que representan 5% de la superficie de Jalisco.

La superficie que corresponde al Ejido Las Navajas es de 4,260-04 Ha. totales, las que representan un 10.6% de la superficie municipal.

El Ejido se ubica al sur de Tala, entre las coordenadas 103° 40' 43" de longitud oeste y 20° 32' 00" de la latitud norte con una altitud media de 1450 m.s.n.m.

Los colindantes del Municipio, corresponden a Zapopan y El Arenal hacia el norte; Villa Corona y Acatlán de Juárez al sur; Tlajomulco de Zúñiga y Tlaquepaque al este y Teouchitlán, San Martín Hidalgo y Cocula al oeste; quedando comprendido en la región hidrológica No. 14 Ameca, cuenca Presa de la Vega-Cocula y subcuenca Rio Salado.

4.1. Clima.

Según la clasificación de Koppén el Municipio de Tala presenta dos tipos climáticos: Semicálido y Semiseco.

La precipitación pluvial es del orden de 850 mm. distribuidos entre los meses de junio a octubre, siendo julio el mes más lluvioso con 290 mm.

La temperatura media anual es de 21°C, siendo mayo y junio los meses más cálidos. El inicio de temporada de lluvias es en la primera quincena de junio con sus variantes. En cuanto al promedio de heladas suceden once días, ocurriendo la primera helada en noviembre y la última en febrero; en cuanto a granizadas, suceden tres eventos promedio al año.

4.2. Orografía.

La superficie del municipio de Tala, es considerada propiamente de una manera general, planicie o Valle, siendo este plano con algunas partes onduladas.

Comprende a su vez parte del bosque de la Primavera, cuya superficie generalmente es accidentada. Correspondiendo el 75.20% de la superficie a las planicies, el 15.10% a la semiplana y ondulada, 9.70% corresponde a las zonas accidentadas.

4.3. Hidrografía.

El Municipio cuenta con varios recursos hidrológicos entre los que sobresalen por su importancia en la aportación agrícola 6 importantes presas, con un volumen de 2'851,240 m³ de capacidad total, de las que 2'725,100 m³ corresponden al volumen útil aprovechable, las que riega una superficie de cultivo de 1,064-00 Ha.

La disponibilidad de agua en el Municipio se encuentra en las presas: Agua Prieta, San Juan de los Arcos, San Simón, Chicamilpa, Cuxpala y El Carrizo, además se dispone de variados manantiales ríos o arroyos permanentes entre los que destacan: San Francisco, El Sixto, Río Salado, Río de las Animas, Río San Antonio y San Isidro, Arroyo Ahuisculco, Arroyo Colorado, Arroyo San Juan de los Arcos y Arroyo Zarco entre otros.

Igualmente el Municipio cuenta con 70 unidades de riego a las que corresponden una superficie regable de 8,860-00 Ha., de las cuales 2,180-00 Ha., corresponden al régimen de la pequeña propiedad y 6,680-00 Ha. al régimen ejidal.

4.4. Geología.

La región es parte de la provincia fisiográfica del eje Neovolcánico, producto de la sub'ducción o movimientos de la placa de Cocos y Rivera. Las rocas predominantes son ígneas extrusivas tales como: Obsidiana de varios colores, pómez, tobas diversas, andesitas, riolitas, basaltos, predominando propiamente las arenas y el jal como principal componente del suelo en una extensa zona.

4.5. Suelos.

Las unidades de suelos en el Municipio según la clasificación FAO/UNESCO, en orden de abundancia lo constituyen: el Regosol eútrico y el Feosemaplico con asociaciones de Vertisol pélico, con un proceso de formación coluvial, aluvial e in-situ.

El nivel de fertilidad es variable dado que el contenido de arena, limo, arcilla, materia orgánica y humedad son diferentes de acuerdo a su ubicación.

Arqueológicamente los suelos son de textura arenosa, arcillo arenosa y arcillosa, la profundidad varía de 30 cm a más de un metro correspondiendo al 85% a profundidades mayores de un metro, y el 15% a suelos con profundidades menores de un metro.

Las geoformas son planas, semiplanas, onduladas o muy accidentadas, con drenaje natural eficiente, con poca o nula pedregosidad; de color blanco, café y gris; correspondiendo un 90% de la superficie a suelos mezclados con jal.

Los suelos son considerados propiamente de segunda y tercera clase.

4.6. Uso del Suelo.

Según cifras oficiales 21,735-00 Ha., son destinadas a la explotación agrícola, representando el 54.25% de la superficie total de Municipio de Tala.

Por orden de denominancia el 44.40% de la superficie agrícola es destinada para cultivos de temporal, el 40.75% para agricultura de riego, correspondiendo el 14.85% a siembras de humedad.

Para el uso ganadero se destinan 3,549.00 Ha. y representan el 8.85% de la superficie total del Municipio, y al uso forestal corresponden 10,279.00 Ha., con un porcentaje municipal del 25.65% y la superficie improductiva es de 4,504-00 Ha., las que están ocupadas propiamente por cuerpos de agua, vías de acceso y núcleos urbanos, equivalente al 11.25% del total.

Es importante señalar que el régimen de tenencia de la tierra pertenece el 81.1% a la participación ejidal y el 18.9% a la pequeña propiedad.

Los cultivos en orden de importancia son: caña de azúcar, maíz, garbanzo, cacahuete, jícama, agave, cítricos, aguacate, camote, papa, guayaba y frijol.

El sistema de producción para el cultivo de caña de azúcar es de riego y humedad; con un período de siembra de enero a mayo. Utilizando el 100% de los productores, maquinaria y fertilizantes químicos de los que utilizan 600 Kg./Ha. de urea y 200 Kg./Ha. de 17-17-17 en siembra de planta y 400 Kg. de urea en soca. El rendimiento promedio para la caña es de 80 Ton./Ha.

Para el cultivo del maíz, este se cultiva propiamente en temporal y menos en humedad. Se utilizan un 90% de

fertilizantes químicos aplicando 450 Kg. de urea por 150 a 200 Kg. de fórmula 18-46-00 en dos aplicaciones.

El rendimiento promedio para la zona es de 2.7 Ton./Ha.

4.7. Flora y Fauna.

El tipo de vegetación incluye el desarrollo de matorral, pastizal, monte negro, bosque de roble y pino.

En menor proporción matorral espinoso; destacando por su volumen el roble, madroño, pino, copal, copatillo, palo dulce, uña de gato, pingüica, zapote, tepezapote, guaje, guamuchil, mezquite, rosa panal, salvia, jaral, sauces, entre otros.

La vegetación muestra signos de abundante perturbación, producto de los incendios y de la agricultura que ha sustituido la flora nativa.

A nivel fauna este es un recurso que se ha visto afectado por la actividad de la caza e incendios forestales.

Entre las especies presentes en la zona se encuentran en orden de importancia: venados, armadillos, tiacuaches, coyotes, conejos, ardillas, liebres, culebras y serpientes, zorras, tejones y algunos tipos de gatos entre otros.

4.8. Descripción del Banco de Tierra Cálcica.

El banco de tierra cálcica se localiza a 11 kilómetros de distancia al noroeste del poblado Las Navajas Municipio de Tala, Jalisco, entre el Meridiano 103° 45' 00" de longitud oeste y entre el paralelo 20° 29' 00" de latitud norte y a una altitud de 1,600 m.s.n.m.

Físicamente se ubica en el potrero La Ventana sobre la falda del cerro de San Bartolo, dotación del mismo ejido cuyos colindantes son: El Cerro Grande hacia el norte, el Ejido El Barro hacia el sur, encontrándose el Cerro Chino al oriente y la pequeña propiedad de la familia Haro y Rivas al poniente.

Geológicamente, el yacimiento consiste en un depósito aluvial de variada composición química, destacando por su importancia el óxido de sílice, calcio y magnesio.

Los dos últimos se encuentran propiamente formando carbonatos e hidróxidos. Presuntamente el óxido fue originado por depositación mecánica.

Regionalmente se ubica en la porción occidental del Eje Neovolcánico transmexicano en la parte norte del graben (gran bloque de tierra hundido por deslizamiento) que delimita la laguna de Atotonilco.

Este graben forma parte de un conjunto de grandes fosas tectónicas conocido con el nombre de sistema de Grabenes Chapala-Tepic, que fueron formados durante el plio-pleistoceno (Demant 1978 y Aguirre Diaz 1983). Con base a la edad de este evento tectónico es factible suponer la edad del yacimiento siendo de cuando menos el post-pleistoceno.

El yacimiento aflora regularmente sobre la superficie, siendo sus dimensiones promedio de 500 m. de largo por 200 m. de ancho con un área de 10-00-00 Ha. y un espesor probable de 20 m., lo que representa un volumen de dos millones de metros cúbicos.

De acuerdo a su potencialidad probable de vida útil es de 60 años según lo reportan los siguientes datos:

Volumen = 2'000,000.00 M³ Densidad = 1.8 Ton/M³
Confiabilidad = 50%

La reserva probable = $D \times V \times C = 1.8 \times 2'000.0 \times .5 = 1'800.0 \text{ Ton.}$

Vida Util = $\frac{\text{Reserva}}{\text{Extracción Anual}} = \frac{1'800,000 \text{ Ton}}{30,000 \text{ Ton/Año}} = 60 \text{ Años}$

El yacimiento reviste importancia por ser una fuente natural de aprovechamiento directo, para el que se requiere solo de una trituración mecánica, para lograr la granulometría adecuada para pasarlo a través de un tamiz de 80 mallas, y eficientar el aprovechamiento del material cálcico al máximo, en el tratamiento de la acidez del suelo.

Las vías de acceso al área de estudio, partiendo de la Ciudad de Guadalajara, por la carretera federal no. 80, en el Kilómetro 20 de Santa Cruz de las Flores en donde al poniente se toma desviación, sobre carretera municipal pavimentada de la gasolinera Las Cuatas a Tala.

A 18 Km. se encuentra el entronque del ejido Las Navajas de donde al noreste se toma un camino de terracería de 13 Km. que finalmente conduce al banco o yacimiento de tierra cálcica.

Igualmente se llega por la carretera No. 15 y 70 Guadalajara-Tala en el Km. 40 del Ingenio de Tala, se toma desviación hacia la cabecera municipal tomando otra desviación al sur por la carretera pavimentada, Tala-Las Cuatas, a 14 Km. se toma entronque al poblado Las Navajas por camino de terracería de donde a 13 Km. hacia el noreste se llega igualmente al yacimiento.

V. MATERIALES Y METODOS

Para la determinación analítica se utilizaron diversos y variados materiales así como métodos de análisis, de acuerdo a la determinación realizada de la muestra de la Tierra Cálcica del Ejido Las Navajas Municipio de Tala, Jal.

Los análisis fueron realizados con apoyo e intervención de los siguientes Laboratorios:

- 1) Lab. de Suelos de la Facultad de Agronomía de la U. de Guadalajara.
- 2) Lab. de Suelos y Apoyo Técnico de la SARH.
- 3) Lab. de la Comisión de Fomento Minero, Centro Experimental Méx.
- 4) Lab. Metalúrgico Jacobo. Guadalajara, Jal.
- 5) Lab. Laica, S. A. Guadalajara, Jal.
- 6) Lab. de Análisis Químicos. Carlos Navarro S. Guadalajara, Jal.

Entre los materiales y equipos de Laboratorio utilizados se mencionan los siguientes:

- 1) Cantidad necesaria de muestra o bien de Tierra Cálcica finamente molida.
- 2) Equipo especial. Balanza Analítica y Granataria, estufa y parrilla eléctrica, mechero, termómetro, hidrómetro Bouyoucos, potenciómetro Mc. Beckman, conductímetro, agitador eléctrico, tren de extracción, equipo de absorción atómica, tablas de colores "Munsell" y "Morgan", bomba de vacío y otros.
- 3) Equipo auxiliar. Mortero, probetas, pipetas, matraces, vasos de precipitado, matraz cónico, buretas de diferentes capacidades, aforos y graduaciones; agitadores de vidrio necesarios, frascos pequeños de vidrio, bolsas de plástico, papel filtro no. 2 y 5, embudo de plástico, tamices de diferente número de mallas, gradillas, guantes, placa de porcelana, espátulas, placa con vapor o baño maría, reactivos y sustancias indicadoras necesarias.

5.1. Análisis Físico-Químico de la muestra de Tierra Cálcica.

En el diagnóstico del mejorador del ejido Las Navajas se consideró de manera general la descripción de las características físico-químicas. Esto se hizo en forma

directa y analítica utilizando una muestra de material comercial y haciendo referencia de observaciones directas del mineral en el lugar de origen.

El trabajo se desarrolló con la participación directa de los laboratorios oficiales y químicos mineralógicos de particulares antes mencionados, los que analizaron muestras de varias vetas individuales del banco y muestras mezcladas o material comercial, el cual es producto de la mezcla de todas las vetas que aparecen en el perfil del yacimiento.

5.1.1. Color.

El color que presenta e identifica el mineral fue observado en húmedo y seco para la muestra comercial, completando la descripción con las coloraciones de las vetas presentes en el banco. En la descripción se utilizaron las Tablas de Colores de Suelo de "Munsell".

5.1.2. Textura.

Esta característica del mineral se relaciona con su contenido y tamaño de partículas presentes en la muestra comercial.

La determinación de la textura se llevó a cabo con la misma metodología aplicada a los suelos de cultivo, complementándose la información con la descripción general que representa el mineral in situ. El método utilizado fue por hidrómetro de Bouyoucos.

5.1.3. Estructura.

De acuerdo a la forma como se agrupan las partículas y la estabilidad de los agregados que posee el mineral, se describen las formas, tamaños, grado de estabilidad y las cavidades presentes tanto en la muestra utilizada como de perfil del banco.

5.1.4. Densidades.

En lo que corresponde a esta característica se describe la densidad real y aparente del mineral en forma comercial tal como lo reporta el análisis de laboratorio.

Incluyendo la densidad aparente calculada en campo sobre el piso del yacimiento y en base a la relación que existe entre el peso de las partículas sólidas del mineral,

referido al volumen que ocupan estas, incluyendo o no el espacio poroso según corresponda.

5.1.5. Humedad.

Siendo importante determinar la humedad presente en el mineral, tanto como para la comercialización como para la aplicación correcta de la dosis, se tomó una muestra representativa del mineral en campo durante un periodo seco, teniendo cuidado de no perder humedad hasta conocer el peso inicial de la muestra, secando perfectamente esta en la estufa hasta peso constante. El contenido se expresa en porcentaje con relación al peso de suelo seco.

5.1.6. Granulometría.

Utilizando varios tamices de diferente tamaño; 100 gr. de muestra de material comercial, se sometieron a selección mecánica, obteniéndose un análisis cuantitativo de las partículas, por diferencia de peso del material que pasó a través de cada uno de los tamices, reportando el peso del mineral en porcentaje, de acuerdo a la tabla de eficiencias. (Anexo, cuadro 3)

5.1.7. Solubilidad.

Para esta determinación se utilizó una muestra de 10 gr. de mineral, el cual fue expuesto al contacto con el agua.

Para esto en un vaso de precipitado, fueron colocadas 6 muestras iguales, a las que se aplicaron 33.33 ml. de agua destilada, agitándose las mezclas por intervalos durante una hora.

Pasado este tiempo se retiró el agua de las muestras del material con ayuda de un embudo y papel filtro, evitando perder material, posteriormente se aplicaron nuevamente 33.33 ml. de agua destilada, repitiendo el tratamiento por dos ocasiones más hasta filtración total del líquido.

Una vez obtenido el filtrado, el material se llevó a secado hasta peso constante, determinando la solubilidad por diferencia de peso expresado en porcentaje a partir de la media obtenida de las 6 repeticiones.

Al líquido procedente del filtrado de los tratamientos se les determinó la conductividad eléctrica, con un conductímetro a fin de verificar el lavado de sales solubles.

5.1.8. Materia Orgánica.

Siendo importante conocer la presencia de materiales orgánicos en mejorador de suelos, por la influencia e importancia que este elemento orgánico tiene sobre las propiedades físicas y químicas del suelo, fue sometida al análisis una muestra del mejorador, reportando el contenido presente en porcentaje.

5.1.9. pH.

En la determinación del Ph del mineral se utilizó el método potenciométrico, empleando un potenciómetro Beckman modelo 1 40.

La lectura se tomó aplicando en un frasco previamente esterilizado 15 gr. de muestra de mineral seco y 30 ml. de agua destilada, se agitó por 5 minutos dejándose en reposo por 30 minutos, para agitarse nuevamente y tomar la lectura de pH.

Con objeto de observar el comportamiento del mejorador en relación del pH; la muestra inicial se conservó por 7 días tomando el Ph diariamente hasta tener lectura constante.

5.1.10. Nutrientes.

Para su determinación fue aplicado un análisis elemental a una muestra de producto comercial y a vetas individuales del yacimiento.

Los nutrientes fueron determinados por Espectrofotometría de Absorción Atómica; el Laboratorio Mineralógico reportó los contenidos totales de macroelementos y microelementos en porcentaje.

Esta determinación es importante para este estudio, por la actividad e influencia que el mejorador ha manifestado sobre el desarrollo y productividad de los cultivos, según opiniones de algunos agricultores.

Al pretender identificar con exactitud el mejorador, este fue analizado por el laboratorio de suelos de la S.A.R.H. y otros, reportando su contenido de nutrientes de acuerdo al método de Morgan y en porcentaje.

5.1.11. Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC)

Se considera esta propiedad química como una de las más importantes, dada la influencia sobre otras, reportando su contenido en miliequivalentes por 100 gr. del mejorador, para su contenido y caracterización del mismo.

5.1.12. Por ciento total de Neutralización (PTN)

El valor de esta cualidad importantísima para calcular la cantidad de material encaicante necesario para llevar un suelo, con pH bajo a otro mayor determinado, depende propiamente del tipo y cantidad de elementos alcalinizantes presentes en el mejorador utilizado.

Al observar la composición físico-química de una muestra comercial de tierra cálcica producto de la mezcla irregular de varias vetas de minerales presentes en el yacimiento proveedor del recurso mineral, las que reportan una variada composición y que sale al mercado agrícola como carbonato de calcio de navajas.

El producto fue sometido a una prueba química para titulación y conocimiento de su equivalencia de neutralización de materiales calizos de acuerdo al método que indicó Jackson 1958.

Se reportan en porcentaje de carbonato de calcio bajo la fórmula siguiente:

$$\% \text{CaCo}_3 \text{ Equivalencia} = \frac{(V-T) \times (N) \times \text{Ca Co}_3}{2000} \times \frac{100}{s}$$

- V - En la que es el número de ml. de HCl añadidos inicialmente.
- T - Es el número de ml de NaOH usados en la valoración por retroceso.
- N - Es la normalidad.
- S - El peso de la muestra en gramos, que ordinariamente es la unidad.

La cantidad de material de encalado que debe recomendarse depende de la cantidad de CaCo₃ que requiere el suelo y el tanto por ciento de equivalencia de CaCo₃ de material encalado:

$$\text{Cantidad de material de encalar a recomendar} = \frac{\text{cantidad de CaCo}_3 \text{ necesaria por } 100}{\% \text{ de equivalencia en CaCo}_3 \text{ del material de encalado.}}$$

5.1.13. Identificación de Materiales Primarios.

Para su identificación se tomaron en cuenta las determinaciones del análisis Espectrométrico de Absorción Atómica, tomando en consideración la cantidad de elementos químicos presentes.

Con apoyo de las cartas geológicas y edafológicas del INEGI se supone la posible composición de los minerales presentes, posibles generadores del mejorador de estudio.

5.2. Método para determinación de Dosis necesarias en Base a Tierra Cálcica.

Teniendo en cuenta la diversidad de condiciones que afectan el pH del suelo y analizadas las características físico-químicas de la tierra cálcica como mejorador de suelos, se procedió a preparar una prueba de laboratorio para determinar las necesidades de cal a seis diferentes suelos con problemas de acidez.

Para ello se prepararon diez frascos por cada tipo de suelo a los que aplicaron 15 gr. de suelo, 30 ml. de agua destilada y una dosis individual de 0.0, 0.5, 1.0, 2.0, 3.0, 4.0, 5.0, 6.0, 7.0, 8.0 ml. de la solución de hidróxido de calcio químicamente puro en concentración de 0.0404 Normal.

Una vez preparados e identificados los tratamientos se dejaron en incubación por nueve días, durante los cuales se tomó la lectura de pH, llevando un registro por tratamiento que permitió observar la actividad del hidróxido de calcio sobre el pH de los suelos tratados.

Tomando de referencia las últimas lecturas de los tratamientos se eligieron las que más se acercaron a la neutralidad. (Los tratamientos y resultados se describen en el apéndice, cuadro 4)

Seleccionando los mejores tratamientos se procedió a calcular la cantidad de Ca(OH)_2 gastada, en gramos para 15 gr. de suelo tratado.

Una vez conocidos estos se calcularon los kilogramos necesarios para una hectárea a 30 cm. de profundidad, tomando en cuenta la textura y densidad de los suelos tratados.

Luego se procedió a transformar esta cifra a su similar en CaCO_3 y Tierra Cálcica, tal como se describe a continuación:

- a) Gramos gastados en 1.0 litros de solución de hidróxido de calcio de 0.0404 N, QP.
 Si 1 l. de Solución de Ca(OH)_2 1. N; tiene 37 gr. de Ca(OH)_2 QP. 1 l. de Solución de Ca(OH)_2 0.0404 N; cuantos gr. de Ca(OH)_2 QP. contiene.
 $x = (.0404)(37)/(1) = 1.4948$ gr/l de solución
- b) Gramos de Ca(OH)_2 que contienen 7 ml. de Ca(OH)_2 0.0404 N gastados en mejor tratamiento.
 100 ml. solución de Ca(OH)_2 0.0404N, contiene 1.4948 gr. Ca(OH)_2 QP.
 7 ml. solución de Ca(OH)_2 0.0404N, cuantos gr. de Ca(OH)_2 tiene.
 $x = (1.4948)(7)/1000 = 0.01040636$ gr de $\text{Ca(OH)}_2/15$ gr. de suelo.

29. se calcula la cantidad necesaria de Ca(OH)_2 para una hectárea a 30 cm. de profundidad y con Densidad aparente de 1.162 gr/cc.

- a) El peso de una hectárea de suelo
 $p = (\text{Axe})(\text{Da}) = (10,000 \times .30)(1.162 \text{ ton/m}^2) = 3,486 \text{ Ton/Ha}$
 o bien igual a: $3.486 \times 10^4 \text{ Kg/Ha}$.
- b) Se calcula el Ca(OH)_2 para 1 hectárea.
 Si 15 gr. de suelo tratado ocupan 0.0104636 gr. Ca(OH)_2 para control de la acidez.
 3.486×10^4 cuanto Ca(OH)_2 necesitan.
 $x = (3.486 \times 10^4)(.0104636)/15 = 2,431.74 \text{ Kg. de Hidróxido de calcio QP.}$

39. Se calcula el similar de Ca(OH)_2 , en carbonato de calcio QP.

- a) Peso molecular de:

Ca(OH)_2	Ca Co_3
Ca=40.08	Ca=40.08
2,0=32.00	C=12.01
<u>2,H= 2.00</u>	<u>3,O=48.00</u>
P.M.=74.08	P.M.=100.09

- b) Factor de Neutralización de Ca(OH)_2 a Ca Co_3 .

$$74.08 \text{ Kg. de } \text{Ca(OH)}_2 \text{ -----} \rightarrow 100.09 \text{ de } \text{Ca Co}_3$$

$$74.08 : 100.09 :: 1 : X$$

$$X74.08 = 100.09 \quad X = \frac{100.09}{74.08} = 1.35 \text{ Factor de conversión de } \text{Ca(OH)}_2 \text{ a } \text{CaCo}_3.$$

49. Se iguala el Ca(OH)_2 a CaCo_3 , multiplicando el factor de conversión 1.35 por los kilogramos de Ca(OH)_2 necesarios para una hectárea.

$$2431.74 \times 1.35 = 3282.846 \text{ Kg. de } \text{CaCo}_3$$

59. Se calcula su similar en Tierra Cálcica, suponiendo que esta contiene en base a análisis un 20% de CaCO_3 .

$$\text{Tierra Cálcica} = (100)(3,383.84)/20 = 16,414.2 \text{ Kg/Ha}$$

O sea que se necesitan 16,414 Ton/Ha de Tierra Cálcica para llevar a la neutralidad el suelo no. 1, de acuerdo a las necesidades de cal que arrojó la prueba de incubación realizada.

Este procedimiento se aplicó a cada uno de los suelos utilizados, obteniéndose la dosis de cal referida en carbonato de calcio y Tierra Cálcica. (Información complementaria, Apéndice; cuadro 5).

Identificación de la Dosis de Tierra Cálcica necesaria para llevar a la neutralidad el pH de los suelos en estudio.

Para esto se preparó un nuevo experimento, seleccionando dos de los suelos utilizados en la determinación de necesidades de cal.

Para esto se preparó un experimento de bloques al azar con 5 tratamientos y 4 repeticiones; los tratamientos se dejaron incubar por 16 días, tomándose lecturas de pH cada 4 días.

Este experimento permitió valorar la eficiencia de la Tierra Cálcica a nivel laboratorio, como material encalante, permitiendo además definir la dosis necesaria para neutralizar el pH del suelo.

A continuación se describen los suelos y tratamientos utilizados en el experimento.

a) Suelo No.1 de Teuchitlán, Jalisco.

Características Edafológicas:

Textura, Franco Arcillo Arenoso; pH 5.40; Densidad aparente 1.16 gr/cc materia orgánica 1.08%.

Tratamientos aplicados: Haciendo uso del mejorador en estudio.

No.	gr/15 de suelo	o bien Kg/Ha a 30 cm de espesor
1	.0353	8,207.10
2	.0530	12,310.65
3	.0706	16,414.42
4	.0883	20,517.75
5	.1059	24,621.30

Los suelos elegidos fueron los más representativos y que presentan características similares a las de los suelos predominantes en la zona de estudio.

b) Suelo No.2 de Ameca, Jalisco.

Características Edafológicas:

Textura Franco arenosa, pH 4.90, Densidad aparente 1.37 gr/cc. materia orgánica 1.44%.

Tratamientos aplicados: Haciendo aplicación de mejorador en estudio.

No.	gr/15 de suelo	o bien	Kg/Ha a 30 cm de espesor
1	.0404		11,131.15
2	.0605		16,696.73
3	.0807		22,262.31
4	.1009		27,827.88
5	.1311		33,393.46

Los tratamientos se distribuyeron en frascos previamente preparados con 15 gr. de suelo y 30 ml. de agua destilada, a los que se aplicó la Tierra Cálcica bien homogeneizada y finalmente molida a 100 mallas, de acuerdo a los tratamientos indicados, para cada uno de los suelos señalados. (Resultados finales de pH se muestran en el Apéndice, cuadro 6 y 7)

Posteriormente, las lecturas de pH fueron sometidas a un análisis de varianza, el que permitió apreciar los efectos de los tratamientos sobre la acidez del suelo (Estadísticamente), tal como se describe en el Apéndice Tablas (A y B).

El análisis de varianza para el suelo no. 1, muestra claramente que F calculada mayor que los valores estimados en tablas para $F_{0.01}$, lo que significa que la probabilidad de que no haya efectos de los tratamientos es menor de 1%, y que la diferencia de los valores medios de los tratamientos son altamente significativas, produciendo los tratamientos efectos distintos.

La prueba de significancia de las diferencia medianas de los tratamiento, tal como lo muestra la prueba de TUKEY anexa, demuestra que las diferencias entre medias no son muy similares, reportando a su vez que el tratamiento 5 y 4 son los mejores.

Para el suelo número 2, el análisis de Varianza muestra a su vez que P calculada es mayor que $F_{0.05}$ de tablas, lo que significa que la probabilidad de que no haya efectos

de los tratamientos es menor que 5%, lo que significa que la diferencia entre valores medios de los tratamientos son significativas y los efectos de los tratamientos son distintos.

En la prueba de significancia de la diferencia de los tratamientos por TUKEY, se aprecian como mejores tratamientos el 5 y 4, siendo la diferencia entre medias no diferentemente significativas, siendo los efectos de los tratamientos muy parecidos.

En ambos suelos el coeficiente de variación es bajo, lo que demuestra confiabilidad en el manejo de los tratamientos de la unidad experimental.

VI. RESULTADOS Y DISCUSION

6.1. Características del Mejorador.

El mejorador presenta un color en seco; color oliva con presencia de gránulos blancos y gris oscuro. El color en húmedo es oliva grisáceo, predominando este color en la muestra finalmente molida, que en seco tiende a ser casi blanca u oliva muy claro.

A su vez el perfil presenta coloraciones oliva, café, grisáceo y blanquecinos, lo que distingue franjas y vetas en el perfil del yacimiento.

El material está constituido por partículas de diversos tamaños que se agrupan como arenas en un 65.84%, arcillas en 11.28%, limosa en 22.88% de lo que se deduce una textura franco arenosa.

En el perfil del yacimiento se distinguen claramente capas con textura arenosa, limosa y arcillosa en diferentes proporciones.

Las formas predominantes de agregados en el mejorador son: granulares, laminares, en forma de bloque y prismático, en diferentes tamaños y cantidades, predominando una estructura media a gruesa de manera general.

El perfil del yacimiento presenta zonas sólidas con predominancia de formas laminares y granulosas principalmente.

Las partículas al desprenderse del perfil presentan una estabilidad débil a moderada, siendo sus componentes en seco ligeramente duros, en húmedo son muy friables y en mojado ligeramente plásticos.

El mejorador presenta analíticamente una densidad real (D_r) de: 2.8 gr/cc. y una densidad aparente (D_a) de 1.257 gr/cc.

La humedad del mejorador en el momento de la extracción es de 17.64%, porcentaje que depende directamente del tiempo de exposición al sol y humedad ambiental.

La granulometría del mejorador tal como sale a la venta se estima con un 50% de partículas que pasan el tamiz de 100 mallas, un 70% se pasa el de 60 mallas, 90% el tamiz de 20 mallas y el 100% pasa el tamiz de 16 mallas; por lo que se calcula una eficiencia del 76% para el mejorador.

La solubilidad que reporta el mejorador en agua es de 2.5% para una muestra comercial y 5% para una muestra finamente molida.

Los análisis de laboratorio reportan un contenido de materia orgánica de 0.67% y un pH de 8.43 determinación sometida a observación hasta lectura constante de pH de 8.21.

El contenido de nutrientes es muy heterogéneo, varía por cada muestra de mejorador analizada, haciéndose necesario manejar promedios.

Reporte de resultados de análisis Métodos de Morgan: Nitrógeno Nítrico de MEDIO a ALTO, Nitrógeno Amoniacal BAJO, Fósforo (P_2O_5) BAJO, Potasio (K_2O) BAJO, Calcio de MEDIO a ALTO, Magnesio BAJO.

Reporte de análisis por Absorción Atómica: Nitrógeno(N) .006%, Fósforo (P_2O_5) 0.23%, Potasio (K_2O) 0.216%, Calcio (CaO) 2.79%, Magnesio (MgO) 2.6%, correspondiendo al Mn, Fe, Zn, Cu, Na, Bo, un 0.00782 en conjunto.

Se reportan además óxidos entre ellos: SiO_2 con 64.64%, con Al_2O_3 con 3.77% y otros elementos libres como: Ca con 3.9% Mg 2.75% además de CO_2 con 3.48%, OH con 1.94%, $CaCO_3$ con 2.8% $Ca(OH)_2$ con 4.22%, 0.0% SO_4 .

Estos valores son poco representativos y conservan variabilidad entre muestras analizadas por ejemplo los carbonatos totales reporten valores desde 4.5 a 13.27% mientras que el magnesio y calcio se reportan de 1.4 a 3.9% al igual que otros elementos.

La capacidad de intercambio catiónico del mejorador es de 64.00 meq/100gr, calculándose a su vez el porcentaje de saturación de bases que es igual a 92.86% de acuerdo al siguiente procedimiento:

Iones	Cantidad en mg.	Peso atómico Eq.	meq.
Ca	644	40/2	32.2
Mg	289.8	24/2	24.15
Na	59.248	23	2.576
K	19.734	39	.506
H	4.563	1	4.568

Capacidad de Intercambio T = 64.00
 Cuestiones básicas S = 59.432
 % de Saturación de bases = $100 \times \frac{59.432}{64.00} = 92.86\%$

(Reportes de análisis se incluyen al final del anexo).

Para la clasificación de suelos la saturación de base es mayor del 50% lo que significa estar ante un suelo "Eutrítico" (Fértil), con muy posible predominancia de arcilla con una alta capacidad de intercambio catiónico. El porcentaje total de neutralización (PTN) es de 23.5% equivalente en carbonato de calcio.

Las cartas geológicas y edafológicas del INEGI, de acuerdo a la ubicación del yacimiento reportan la presencia de rocas; ígneas extrusivas ácidas, entre las que destacan Riolita, Rodasita y Dasita las que a su vez mineralógicamente están compuestas por cuarzo, feldespatos alcalinos y plagioclasas sódicas.

Geológicamente hablando el recurso en estudio se identifica como Aluvión formado a pie de monte por depositación mecánica de materiales sueltos, provenientes de rocas preexistentes, transportadas por corrientes de agua a través del tiempo.

6.2. Dosis.

En la determinación de dosis se tomaron como punto de referencia los dos suelos manejados en principio por la prueba de incubación.

Suelo no. 1 (FRANCO ARCILLO ARENOSO) de Teouchitlán, Jalisco.

Dosis de acuerdo a necesidades de cal 3.298 Ton/Ha Ca(OH)_2 o bien 4.452 Ton/Ha CaCO_3 , QP.

En cuanto a la dosis de mejor respuesta a nivel laboratorio con aplicación de Tierra Cálcica de Las Navajas fueron las siguientes:

Suelo No. 1, pH inicial 5.4

La dosis seleccionada por su mejor respuesta es de 24.621 y 20.517 Ton/Ha, el pH alcanzado fue de 6.83 y 6.81, observándose un ascenso en pH de 1.43 y 1.41 respectivamente.

La dosis agrónomicamente recomendada fue de 8.207 Ton/Ha la que alcanzó un pH de 6.6, logrando un incremento en pH de 1.2 unidades de pH, esta dosis significativamente representa el 50% de la dosis recomendada por las necesidades de Cal en su equivalente a Tierra Cálcica.

Suelo no. 2, pH inicial 4.9

La dosis seleccionada por su mejor respuesta es de 33.393 y 27.831 Ton/Ha, el pH alcanzado fue de 7.3 y 5.8, observándose una diferencia en pH de 2.4 y 1.9 respectivamente.

La dosis agronómicamente recomendable para este suelo es de 11.131 Ton/Ha, misma que alcanzó un pH de 6.4 con un ascenso de 1.5, igualmente que el suelo anterior esta dosis representa el 50% de las necesidades de cal equivalente en Tierra Cálcica.

Al tomar en cuenta el por ciento total de neutralización (PTN) y las necesidades de cal en base a carbonato de calcio, químicamente puro, se calculó directamente la dosis de Tierra Cálcica finalmente molida.

Suelo No. 1, Dosis necesaria 13.935 Ton/Ha CaCO_3

Suelo No. 2, Dosis necesaria 18.944 Ton/Ha CaCO_3

Esta dosis se incrementará si es tomado en cuenta la granulometría con que se maneja el material comercialmente, y puede ser disminuida al 50% como dosis agronómica por su actividad en el control de acidez del suelo, considerando a su vez el costo y manejo del producto en estudio.

VII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1. Análisis económico de la aplicación comparativamente con otros Mejoradores.

Como consecuencia de los resultados obtenidos en la experimentación a nivel laboratorio, las características de la Tierra Cálcica, se toma en cuenta como mejorador encaicante.

Por ello se hace necesario un análisis agronómico de la dosis recomendada y comparar los costos con otros productos utilizados en la corrección y control de acidez de los suelos.

El análisis económico se presenta utilizando la cal hidratada y cal agrícola como materiales encaicantes por ser estos los más empleados y accesibles en el mercado. El punto de referencia para la aplicación corresponde al municipio de Tala, Jalisco, tomando como base en el control de acidez los dos suelos manejados en principio de esta investigación.

Se consideran también constantes las características de cada suelo: el pH, la profundidad de mezclado y el sitio de aplicación.

Las variables serán el tipo de producto encaicante utilizado, las características de este, el volumen necesario, el costo del producto, el costo de aplicación, acarreo y flete. (La descripción de los mejoradores se presenta en el anexo, cuadro no. 8).

Análisis económico de la aplicación, comparativamente con otros materiales encaicantes.

Suelo No. 1

Dosis necesaria: 2.431 Ton/Ha de Ca(OH)_2 QP.
3.288 Ton/Ha de CaCO_3 Q.P.

Dosis con: Cal hidratada = 2.604 Ton/Ha
Cal Agrícola = 2.798 Ton/Ha
Tierra Cálcica = 13.99 Ton/Ha
(molida)
50% dosis anterior = 6.995 Ton/Ha

Tierra Cálcica = 18.665 Ton/Ha
(Mat. Comercial)

50% dosis anterior = 9.332 Ton/Ha

Nota: Las dosis subrayadas forman parte en el análisis económico.

Evaluación: Costo de la aplicación por hectárea.

Cal hidratada	Cal Agrícola	Tierra Cálcica (Molida)	Tierra Cálcica (Mat. Comercial)
Costo/Prod. \$455,700	411,304	279,800	279,960
Costo/Flete 39,860	41,970	90,335	121,316
Costo/Aplic. 90,000	98,000	120,000	100,000
Total: \$584,760	543,274	490,735	501,276

Suelo No. 2

Dosis necesaria: 3.298 Ton/Ha de Ca(OH)_2 Q.P.
3.788 Ton/Ha de CaCO_3 Q.P.

Dosis con: Cal hidratada = 3.526 Ton/Ha

Cal Agrícola = 3.788 Ton/Ha

Tierra Cálcica = 18.940 Ton/Ha
(Molida)

50% dosis anterior = 9.470 Ton/Ha

Tierra Cálcica = 25.25 Ton/Ha

(Mat. Comercial)

50% dosis anterior = 12.625 Ton/Ha

Nota: las dosis subrayadas forman parte en el análisis económico.

Evaluación: Costo por hectárea tratada.

Cal Hidratada	Cal Agrícola	Tierra Cálcica (Mat. Molida)	Tierra Cálcica (Mat. Comercial)
Costo/prod. \$ 117,058	556,856	370,800	372,750
Costo/Flete 52,890	56,820	123,110	164,125
Costo/Aplic. 90,000	98,000	120,000	100,000
Total: \$ 739,948	703,656	621,910	687,875

Tomando como punto de referencia la cal hidratada se observa que el costo general para el suelo No. 1 es para la Tierra Cálcica finalmente molida es 16.1% más barato y en su presentación comercial es 7.4% más bajo su costo. En el suelo No. 2 el producto finalmente molido es 18.2% más barato y en su presentación comercial es 10.1% más bajo que la cal hidratada.

Al hacer la comparación con cal agrícola se observa que el costo de la Tierra Cálcica para el suelo No. 1 en el producto finalmente molido el costo fue 9.7% más barato y en su presentación comercial 0.4% menor. En el suelo No. 2 el producto finalmente molido es 11.6% más barato y su presentación comercial es el 3% menor que la cal Agrícola.

De lo anterior se deduce que el tratamiento en la acidez de los suelos agrícolas es más barato que si lo tratara con cal agrícola o hidratada, al menos en la zona de estudio.

7.2. Rentabilidad.

Hablar de rentabilidad sería muy prematuro ya que el mejorador no ha sido probado en campo, donde se podrían hacer las observaciones que en un momento dado permitirían conocer las utilidades alcanzadas con la aplicación del mejorador de referencia.

Sin embargo de manera general se considera que la rentabilidad que puede ofrecer el mejorador, no podría ser inferior a la alcanzada por la cal hidratada y agrícola.

Esto se puede garantizar por las características del mejorador y principalmente por su respuesta en laboratorio y bajo costo del tratamiento utilizado en el control de acidez de los suelos de cultivo en la región.

7.3. Estrategias de Manejo.

La Tierra Cálcica de Navajas, es un producto natural el cual se comercializa a granel, con una granulometría gruesa, compuesta de partículas de muy variable tamaño y compactidad que muestra una buena distribución de partículas gruesas y finas que permitirán tener un cambio gradual de pH.

Bajo estas condiciones de granulometría del producto garantiza una eficiencia por finura del 76% lo que promete excelentes resultados en el control de acidez y permite aconsejar su uso.

Para lograr los mejores resultados en la aplicación, el mejorador deberá ser aplicado inmediatamente después de la cosecha y cuando menos un mes antes de la siembra, antecediendo siempre al barbecho, procurando hacer una distribución homogénea en el terreno y mezclar el

producto perfectamente en la capa arable del suelo con dos pasos de rastra.

La tierra cálcica molida cuando menos a 80 mallas, podrá aplicarse poco antes de la siembra tratando de distribuir la perfectamente en la capa arable.

De precipitarse la época de siembra el mejorador finamente molido podrá aplicarse poco después que haya nacido el cultivo y que pueda ser incorporado con escarda, podrá ser mezclado con el fertilizante antes o después de la siembra.

7.4. Viabilidad del Mejorador

Al observar físicamente la Tierra Cálcica de Navalas, se podría pensar que es un material común y que no puede tener cualidades como mejorador de suelos y mucho menos como material que actúe en contra de la acidez del suelo.

Sin embargo, una vez que fue sometido a una serie de análisis y a experimentación a nivel laboratorio para conocer su actividad, se dedujo lo siguiente:

El producto reporta una predominancia de SiO_2 , seguida de elementos nutritivos en cantidades variables tales como de Ca, Mg, N, P, K, tanto libres como formando compuestos en diferente grado y tipo. A su vez se observa la presencia de micro elementos importantes en la nutrición de las plantas.

Geológicamente se deduce la presencia de cuarzo como principal formador del mejorador que básicamente está constituido de SiO_2 y que además, es de alta estabilidad química.

A su vez, los feldespatos presentes en la constitución del mejorador se componen propiamente de Si o Al, Na o Ca, o ambos, siendo este grupo un formador de las rocas de la corteza terrestre al igual que las plagioclasas que pertenecen al grupo de los feldespatos calcosódicos con presencia de poco calcio.

De manera general se deduce que el mejorador en estudio coincide químicamente con las rocas que le dieron origen, no siendo posible encontrar altas cantidades de calcio y magnesio por no ser estos elementos dominantes en su composición.

El mejorador a diferencia de otros materiales encalantes presenta una alta capacidad de intercambio catiónico, lo que lo hace más efectivo sobre todo en suelos de bajo

contenido de materia orgánica que es un regulador del efecto de la cal sobre la acidez del suelo, además, por su alta saturación de bases que es mayor al 50% se deduce la presencia de un material o tipo de suelo altamente fértil.

Como material encaicante, la tierra cálcica de Navajas posee un P.T.N. de 23.5% equivalente en carbonato de calcio lo que da como resultado el empleo de altas dosis al llevar las necesidades de cal, a su equivalente en el mejorador que hoy nos atiende.

Por su granulometría variable combinada reporta una eficiencia del 76% que en su momento es aceptable bajo un manejo especial.

La experimentación a nivel laboratorio ha permitido observar la eficiencia del mejorador al actuar favorablemente contra de la acidez de los suelos, tanto en dosis bajas como altas, observándose también que no se presenta el efecto Buffer, por aplicación excesiva material. Calidad que es muy favorable en el manejo del mejorador.

Agroeconómicamente la mejor dosis resulta ser aquella que representa el 50% de las necesidades de carbonato de calcio QP. referida en tierra cálcica, ya que los resultados en la modificación del pH son muy similares a las alcanzadas con dosis mayores, que por cuestiones de manejo y costo no se recomiendan.

Por lo anterior se deduce que la tierra cálcica de Las Navajas, puede ser considerada agrónomicamente como mejorador de suelos con cualidades de material encaicante en el control de acidez de los suelos, siendo económicamente costeable la aplicación en el municipio de su procedencia, ya que su costo y cualidades hasta hoy observadas en el control de acidez darían solución a este problema regional.

Para complementar este estudio y enriquecer las recomendaciones para poder llevarlas hacia una zona mayor, se hará necesario llevar a cabo pruebas exhaustivas en campo, estableciendo parcelas de observación, en las que se pudiera probar como factor de estudio; dosis óptimas, granulometría adecuada, fecha de aplicación, efectos en la productividad y pH, al igual que el período de actividad del mejorador tanto en el suelo como en los cultivos.

De esta forma los beneficios no solo llegarían a los productores propietarios, sino que al comercializarse fuera del Núcleo Rural se beneficiaría una extensa región agrícola al tratar y manejar un producto natural que

tiene cualidades aceptables como material y posiblemente como mejorador de la fertilidad de sus suelos.

Sin embargo será conveniente asegurar que en el futuro el mejorador contenga las mismas características y cualidades hasta hoy conocidas.

Para ello se recomienda ratificar periódicamente la calidad y contenidos químicos del mejorador al igual que hacer una delimitación confiable del yacimiento de tal forma que en un momento dado se impida la explotación de un falso mejorador.

7.5. Impacto en el Subsector Agrícola.

El Municipio de Tala, Jalisco, es reconocido como una importante región agrícola, siendo el cultivo de la caña de azúcar el más importante de la zona por su extensión y manejo tecnificado.

Sin embargo es lamentable observar que en las prácticas de cultivo no se han incluido prácticas de conservación de suelos y que por causa de la sobre explotación, precipitación abundante, manejo de riegos e intensivo uso de agroquímicos de reacción ácida, se han empobrecido los suelos en tanto que se incrementa el grado de acidez.

En el cultivo de maíz también se han observado los efectos de la acidez, sin embargo, la mayoría de los productores no ponen en práctica la aplicación de cal a sus suelos de cultivo lo que igualmente los conduce a la acidez. En estudios realizados recientemente en base a muestreos de suelo, el Municipio de Tala, ha reportado un 70.5% de muestras con pH muy ácido.

Estos puntos de muestreo cubren todos los Ejidos del Municipio, por lo que sin lugar a duda el problema de la acidez se extiende en una extensa zona agrícola que cubre aproximadamente 21,735 Ha. de cultivo, las cuales requieren de un control eficiente y efectivo de la acidez.

Al contar con un producto encalante efectivo de bajo costo y fácil manejo, los productores podrán incluir en sus prácticas de cultivo, una aplicación anual de Tierra Cálcica, que sea un amortiguador de los efectos que ejerce la acidez, tanto en las características del suelo como en sus cultivos.

Esto se reflejará en una mejor cosecha en tanto que se conservará la fertilidad de los suelos.

VII. BIBLIOGRAFIA

- AGUILAR SANTELISES ANDRES. "Asesoría y Servicios Analíticos para la Agricultura", Documento Técnico, Comunicado de Análisis a Calcio de Colima S.A. de C.V., Texcoco, México 1991.
- BEDOY RUIZ PERNANDO. "Efecto del Encalado y Aplicación de M.O. en suelos sobre el rendimiento, el frijol, bajo condiciones de Temporal, Ex-Laguna de Magdalena, Tesis Profesional, U. de G. Las Agujas, Zapopan, Jalisco México 1979.
- BUKMAN H.O. y NYLE C. BRADY. "Naturaleza y Propiedad de los Suelos" Editorial Montaner y Simon S.A. Barcelona, España 1977.
- CHAPMAN HOMER D. y PRATT PARKER F. "Métodos de Análisis para Suelos, Plantas y Aguas", Traducción al español, Editorial Trillas, México 1981.
- COMISION DE FOMENTO MINERO. "Proyecto de Inversión Explotación de Carbonato de Calcio, Ejido Las Navajas". Documento Unico, Archivo del Sector de Producción "Felipe Angeles" S.R.l. Tala, Jalisco, México 1991.
- CURIEL BALLESTEROS, A. "Degradación Actual y Potencial de los Suelos Agrícolas de Zapopan, Jalisco", Tesis de Maestría en manejo de Areas de Temporal", Guadalajara, Jal. Abril 1989.
- FACULTAD DE AGRONOMIA U. DE G. "Memorias 1ª Etapa de Cursos de Inducción de Asesores Técnicos", recopilación, Universidad de Guadalajara, Las Agujas, Zapopan, Jal., México 1991.
- FASSBENDER HANS.W. "Química de Suelos" con Enfasis en Suelos de América Latina, Serie de Libros educativos No. 24 Editorial IICA San José Costa Rica. 1978.
- FITZ, E.A. PATRICK. "Suelos su Formación, Clasificación y Distribución". Traducción al Español, C. Ed. Continental, S.A. de C.V., México, D.F. 1984.

- CONZALEZ EGUIARTE DIEGO R. "Acidez y Encalado de los Suelos en Jalisco". Artículo Técnico, personal, Inifap, Jalisco, México, S.P.
- GRAVANDE, SAMPAT A. "Física de Suelos Principios y Aplicaciones" Cuarta Reimpresión, Editorial Limusa, México, 1982.
- HUERTA ROSAS ROGELIO. "Propiedades Físicas y Químicas de Suelos". Universidad de Guadalajara, las Agujas, Mpio. Zapopan, Jalisco, México 1982.
- INEGI "Cartas y Guías para Interpretación de Cartografía" Segunda reimpresión, Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática, México, 1990.
- INIPAP, SARH. "Primera, Segunda y Tercera Reunión Científica Forestal y Agropecuaria", CIFAP-JALISCO, México 1988, 1989 y 1990.
- JACKSON, M.L. "Análisis Químicos de Suelos", Cuarta Edición, Editorial Omega, Barcelona, 1982.
- NATIONAL PLANT FOOD INSTITUTE. "Manual de Fertilizantes" Traducción en Español, Ed. Limusa, México 1982.
- NUNEZ ESCOBAR ROBERTO "Efectos de la Acidez del Suelo sobre la Producción de Cultivos y su corrección mediante el encalado". Serie de cuadernos de Edafología 2, Editado por el Colegio de Postgraduados, Chapingo. México 1985.
- ORTEGA TORRES ENRIQUE. "Química de Suelos" Ed. Patena A.C. Chapingo, México 1978.
- ORTIZ VILLANUEVA Y ORTIZ SOLORIO, C.A. "Edafología" 6ª Edición. Universidad Autónoma de Chapingo, México 1987.
- S.A.R.H. INIPAP DEL ESTADO DE JALISCO. "Diagnóstico Técnico del Distrito de Desarrollo Rural No. III Ameca", Campo Experimental Forestal Agropecuario, Zapopan, Campo Auxiliar "Ameca", Jalisco, México 1991.

S.A.R.H. "Operación de Distritos de Riego Nivel Técnico Superior", Tomo 11, 5ª Edición, Centro de Capacitación "Benito Juárez", El Carrizo, Sinaloa, México 1980.

SECRETARIA DE REFORMA AGRARIA. Expediente Básico del Ejido Las Navajas, Mpio. Tala, Jal. Documentos Básicos Ameca, Jal. México 1935-1945.

SUBJEFATURA DE DISTRITO DE ORGANIZACION Y DESARROLLO Expediente Técnico para el Proyecto de Explotación de Carbonato de Calcio del Ejido Las Navajas, Municipio, Tala, Jalisco; Ameca, Jal., México 1990.

TAMHANE R.V., MOTIRAMANI D.P. Y P. EN C. R. Y PONAHE. L. "Suelos: Su Química y Fertilidad", Traducción al Español Zonas Tropicales, Ed. Diana, México 1978.

TISDALE, S.L. y W.L. NELSON. "Fertilidad de los Suelos y Fertilizantes", Traducción al español, Ed. Uthea, México 1982.

UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA. "1er. Simposio de Encalado de Suelos Agrícolas", Memorias, Facultad de Agricultura, Las Agujas, Zapopan, Jal., México 1984.

WORTHEN L.E., M.S. y ALDRICH R. SAMUEL Ph.D. "Suelos Agrícolas su Conservación y Fertilidad", Traducción al Español por José Luis de la Loma, Editorial Uthea, S.A. de C.V., México 1980.

APENDICE

Cuadro 1. Resultados de análisis químicos aplicados a diferentes muestras de tierra cálcica, previos a la explotación y comercialización del mejorador.

Fecha	Laboratorio responsable	Descripción de la muestra	Determinación %
07-06-88	Carlos Navarro S.	Polvo calizo	CaCO ₃ 42.30
24-10-88	Regional de suelos (Agrología)	Material Terroso	CaCO ₃ 36.25
04-04-89	Regional de suelos (Agrología)	Material Terroso (Mezcla comercial)	CaCO ₃ 26.50
06-09-89	Regional de suelos (Agrología)	Material Terroso (Mezcla comercial)	CaCO ₃ 25.04 y 16.31
27-03-91	Carlos Navarro S.	Arena color café rojoso oscuro	CaCO ₃ 22.10

Nota: Se estima una media de contenido de CaCO₃ de 31.08%

Cuadro 2. Resultados del muestreo y análisis de pH del Municipio de Tala, Jalisco, realizados en 1988.

Lugar	Muestras Totales/prom.	Rango pH	Clase	%			
Mpio. Tala	268	189	menos de 5.5	Muy ácido	70.5		
		24	5.6 a 6.0	Acidez moderada	10.0		
		29	6.1 a 6.5	Ligera/ácido	10.8		
		16	6.6 a 7.0	Neutro	5.9		
		10	7.1 a 7.5	Ligera/alcalino	3.7		
		2	7.6 a 8.0	Alcalinidad mod.	0.7		
		1	8.1 a 8.5	Alcalino	0.4		
		2	mayor a 8.5	Fuerte/alcalino	0.7		
		El Las Navajas	43	37	menor de 5.5	Muy ácido	75.5
				7	5.5 a 6.0	Acidez moderada	16.3
0	6.1 a 6.5			Ligera/ácido	0.2		
1	6.6 a 7.0			Neutro	2.0		

Nota: Siendo la acidez variable metro por metro, estos valores dan sólo una idea del grado y niveles de acidez presentes en la zona de estudio.

Cuadro 3. Efectividad del Carbonato de Calcio a través del tiempo, en función del tamaño de las partículas.

TAMANO DE PARTICULAS	EFICIENCIA EN UN AÑO (%)
Mayor de 60 mallas	100
Entre 20 y 60 mallas	60
Entre 8 y 20 mallas	20
Menor de 8 mallas	0

Cuadro 4. Distribución de tratamientos y resultados de pH por cada uno de los tratamientos utilizados en la prueba de necesidades de cal en 6 suelos diferentes en grado de acidez. (Ultima lectura).

Suelo No.	ml. Hidróxido de calcio 0.040% Normal											Mejor Tratam. mt.	pH		Da. gr/cc
	0.0	0.5	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0	7.0	8.0	Inic.		Final		
1	pH 6.2	pH 6.1	pH 6.2	pH 6.4	pH 6.5	pH 6.6	pH 6.6	pH 6.8	pH 6.9	pH 6.8	7.0	5.4	6.3	1.161	
2	5.6	5.7	5.8	6.1	6.2	6.3	6.0	6.6	6.4	6.9	8.0	4.9	6.9	1.376	
3	5.8	5.9	6.0	6.1	6.2	6.3	6.4	6.5	6.6	6.6	8.0	5.7	6.8	1.200	
4	5.2	5.3	5.4	5.6	5.7	5.9	6.0	6.2	6.3	6.4	8.0	5.2	6.4	1.303	
5	6.8	4.9	5.0	5.1	5.2	5.2	5.3	5.4	5.5	5.6	8.0	4.9	5.9	1.022	
6	5.8	6.2	6.3	6.4	6.6	6.8	6.9	7.1	7.2	7.3	6.0	5.8	7.1	1.125	

Cuadro 5. Reporte de necesidades de cal por tratamiento y su equivalente en Hidróxido de Calcio, Carbonato de Calcio y Tierra Cálcica de acuerdo al peso de una Ha. de suelos.

Suelo en Estudio	Gr. Ca(OH) ₂ por 15 gr. de suelo.	Kg. Ca(OH) ₂ por Hectárea Q.P.	Kg. CaCO ₃ p/Hectárea Q.P.	Kg. Tierra p/Hectárea	Peso Capa arable a 30 cm.
1	0.0104636	2051.70	3282.00	16418.20	3.666x106
2	0.0119584	3298.12	4452.06	22262.31	0.137x106
3	0.0119584	2639.84	3531.60	17758.22	3.308x106
4	0.0119584	3121.10	4215.34	21067.65	3.915x106
5	0.0119584	2844.29	3299.80	16499.84	3.666x106
6	0.0089688	2037.98	2728.27	13621.36	3.375x106

Nota: El cálculo de Tierra Cálcica se hizo considerando que contiene 20% de carbonato de calcio y con una eficiencia por granulometría del 100%.

Cuadro 6. Resultados de pH conforme al Diseño de Bloques al azar, en el experimento utilizado Tierra Cálcica. (Suelo No. 1 de Teuchitlán, Jalisco)

R					
T	I	II	III	IV	Media de Tratamientos
1	6.48	6.64	6.57	6.57	6.565
2	6.63	6.74	6.66	6.61	6.660
3	6.68	6.69	6.79	6.72	6.720
4	6.79	6.80	6.83	6.82	6.810
5	6.80	6.91	6.64	6.79	6.835

pH inicial 5.4

Cuadro 7. Resultados de pH conforme al Diseño de Bloques al azar, en el experimento utilizando Tierra Cálctica. (Suelo No. 2 de Ameca, Jalisco)

R	I	II	III	IV	Media de Tratamiento
1	6.29	6.78	6.15	6.23	6.363
2	6.45	6.34	6.51	6.38	6.420
3	6.71	6.71	6.67	6.67	6.690
4	6.98	6.83	6.84	6.74	6.848
5	7.07	7.01	6.97	7.08	7.033

Análisis de Varianza (Bloque al azar)

Datos	No.	Evaluaciones
Repeticiones	4	1, 2, 3, 4
Tratamientos	5	1, 2, 3, 4, 5.

Número de observaciones experimentales 20

2A) Suelo No. 1 Teuchitlán, Jal (Franco Arcillo Arenoso)

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F.C.	F.T.
Tratamiento	7	0.21504	0.03072	17.83	3.47=P 99% 6.47=P 99%
Error Exper.	12	0.02068	0.001723		
Total	19	0.23572			

-C = 0.0912269 C.V. = 0.6179763 (S)=0.04151309 Lec. media
- cuadrada Desv. Estándar = 6.7180

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F.C.	F.T.
Tratamiento	4	0.19572	0.04893	28.39	5.91=P 99% 14.37=P 99%
Repetición	3	0.01932	0.00644	3.74	8.74=P 95% 27.05=P 99%
T R, NS.					

Prueba de TUKEY (Comparaciones Múltiples)

alfa=0.05 G.L.=12 C.M.E.=.0017233 Valor de Significan
 cia $q=4.508$ d.M.S.=0.09357
 Diferencia mínima Significativa.

Agrupaciones TUKEY	Media	Número de Repeticiones	Número de Tratamientos
A	6.835	4	5
B A	6.810	4	4
B C	6.720	4	3
C	6.660	4	2
D	6.565	4	1

Diferencia de Medias. Suelo No.1 Teuchitlán, Jalisco.					
	6.565	6.66	6.72	6.81	6.835
X5= 6.835	0.275	0.175	0.115	0.025	0
X4= 6.810	0.245	0.15	0.09	0	
X3= 6.72	0.155	0.06	0		
X2= 6.66	0.095	0			
X1= 6.565	0				w=.09357

ANALISIS DE VARIANZA (Bloques al azar)

Datos	No.	Evaluación
Repeticiones	4	1,2,3,4.
Tratamiento	5	1,2,3,4,5.
Número de Observaciones experimentales=20		

B) Suelo No.2, Ameca, Jalisco (Franco Arenoso)

P.V.	G.L.	S.C.	C.M.	P.C.	P.T.
Tratamientos	7	2.316765	0.33196643	4.89	3.57=P 99%
Error Exper.	12	0.812130	0.06767750		6.47=P 99%
Total	19	3.128895			
R-C = 0.74042, C.V. = 3.8709768 (S) = 0.260149, Media 6.6708					

P.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F.C.	F.T.
Tratamientos	4	2.20547	0.5513675	8.15	5.91=P 99% 14.37=P 99%
Repeticiones	3	0.111295	0.3709833	0.55	8.74=P 99% 27.05=P 99%

Prueba de TUKEY (Comparaciones Múltiples)

alfa=0.05 G.L.=12 C.M.B.=0.0676775 valor de Sig.
q=4.508 d.M.S.=0.58635

Diferencia mínima Significativa.

Agrupación TUKEY	Media	Número de Repeticiones	Número de Tratamientos
A	7.033	4	5
B A	6.848	4	4
B	6.690	4	3
B	6.420	4	2
B	6.363	4	1

Diferencia de Medias. Suelo Núm. 2. Ameca, Jal.

	6.363	6.420	6.690	6.848	7.033
X=5 7.033	0.67	0.613	0.343	0.185	0
X=4 6.848	0.485	0.428	0.158	0	
X=3 6.690	0.327	0.27	0		
X=2 6.420	0.057	0			
X=1 6.363	0				

CUADRO NUM. 8

Descripción Básica de los Mejoradores Utilizados para el Análisis Económico de la Aplicación de Cal a Suelos Ácidos.

CAL HIDRATADA DE CONSTRUCCION

Características:

Material encalante presente: 75% Ca(OH)_2 , 25% CaCO_3
Costo por Tonelada: \$ 175,000.00

Eficiencia por Granulometría: 100%
Por ciento Total de Neutralización: 126.25%
Costo por Flete: \$15,000 pesos por Tonelada
Costo de la Aplicación: \$90,000 pesos por hectárea

CAL AGRICOLA

Características:

Material encalante presente: 50% CaCO_3 , 50% Ca(OH)_2
Costo por tonelada: \$147,000
Eficiencia por granulometría: 100%
Por ciento Total de Neutralización: 117.5%
Costo por Flete: \$15,000.00 pesos por Tonelada
Costo de la Aplicación: 90,000.00 pesos por hectárea

Tierra Cálcica

Características:

Material encalante presente: Ca(OH)_2 , CaCO_3 , MgCO_3 y además Ca, Mg muy variables, SiO_2 64.64%

Costo por tonelada: \$30,000 Mezcla comercial y
40,000 Producto molido.

Eficiencia por Granulometría: 75% Mezcla comercial
100% Producto molido.

Porcentaje total de Neutralización: 23.5%
Costo por Flete: \$13,000. pesos por tonelada
Costo de la Aplicación: \$ 140,000. Mezcla comercial
120,000. Producto molido.

REPORTE DE ANALISIS

Laboratorio Metalúrgico Jacobo

Fecha: Julio 16 de 1992

No.	Carbonatos		Oxidos		Bioxido CO ₂
	CaCO ₃	MgCO ₃	CaO	MgO	
M-1	10.36%	6.17%	5.80%	2.95%	7.78%
M-2	6.23	4.49	3.49	2.15	5.08
M-3	6.23	8.36	3.50	4.00	7.11
M-4	2.68	5.77	1.50	2.76	4.19
M-5	6.41	4.16	3.59	1.99	4.99

Laboratorio de la Comisión de Fomento Minero, Mex.

Fecha: Mayo 25 de 1992

No.	CaCO ₃	Mg O
M-1	14.49 %	5.09 %
M-2	15.19 %	4.84 %
M-3	15.14 %	4.66 %
M-4	16.31 %	5.09 %
M-5	15.35 %	5.18 %

Laboratorio de la Comisión de Fomento Minero, Méx.

Fecha: Marzo 13 de 1992

No.	CaCO ₃
M-1	5.64 %
M-2	5.53 %
M-3	4.87 %
M-4	5.25 %
M-5	6.41 %

Reporte de Análisis Químico

Laboratorio Lalca, S.A.

Fecha: Julio 23 de 1992

Unica muestra:

Silice (SiO ₂)	64.64%
Aluminio (Al ₂ O ₃)	3.77%
Nitrógeno	0.006%
Fósforo (P ₂ O ₅)	0.23%
Potasio (K ₂ O)	0.216%
Calcio (Ca)	3.90%
Magnesio (Mg)	1.60%

Reporte de Análisis de Fertilidad

Laboratorio de Suelos y apoyo Técnico

Fecha: Abril 22 de 1992

Unica muestra:

Calcio	Medio-Alto
Potasio	Bajo
Magnesio	Alto
Manganeso	Bajo
Fósforo	Bajo
Nitrógeno Nitrico	Medio-Alto
Nitrógeno Amoniacal	Bajo

Unica muestra:

Fecha: Abril 22 de 1992

Cationes Intercambiables

Calcio	32.2 me/100gr.
Magnesio	24.15
Sodio	2.576
Potasio	0.506

75 p.p.

REPORTE DE ANALISIS QUIMICOS

Laboratorio Lalca, S.A.

Fecha: Abril de 1992

Unica muestra:

Determinación	%
Calcio (Ca)	3.40
Magnesio (Mg)	0.82
Carbonatos	3.48
Hidróxidos (OH)	1.94
Carbonato de Calcio (CaCO ₃)	2.80
Carbonato de Magnesio (mgCO ₃)	2.46
Hidróxido de Calcio (Ca(OH) ₂)	4.22
Sulfuros (SO ₂)	0.00

Fecha: Mayo 13 de 1992

No.	Carbonatos (CO ₃)%	Magnesio (Mg)%
M-1	11.82	3.75
M-2	4.34	2.75
M-3	13.27	2.75
M-4	6.00	1.40

Unica Muestra: Mayo 13 de 1992

Manganeso	.0002%
Hierro	.00001
Zinc	.00001
Cobre	.0001
Boro	Trazas
Sodio	.0075