

UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA

ESCUELA DE AGRICULTURA



Estudio de los Factores que Influyen en la Recuperación
de Suelos Acidos

A-555 Gem. 2

TESIS PROFESIONAL
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE

INGENIERO AGRONOMO

ORIENTACION SUELOS

P R E S E N T A

GUILLERMO

VAZQUEZ

NAVARRO

GUADALAJARA, JALISCO. - 1979

DEDICATORIA

A mis Padres y Hermanos, con gratitud.



ESCUELA DE AGRICULTURA
BIBLIOTECA

A Celeste y Tere, con cariño.

A Don Carlos, con respeto.

A mi Escuela.

AGRADECIMIENTOS

Al Ing. M. C. Raymundo Acosta Sánchez por la acertada dirección, además por su valiosa y desinteresada ayuda.

Al Ing. M. C. Leonel González Jáuregui por las facilidades prestadas para la realización del experimento.

Al Ing. Rafael Ortíz Monasterio por su colaboración para las determinaciones de laboratorio.

Al Lic. Enrique Javier Alfaro Angulano por su empeño e interés en la realización del presente trabajo.

A todos los maestros, que contribuyeron para mi formación como profesionalista.

A Luz Teresa por el apoyo y ayuda recibidos.



ESCUELA DE AGRICULTURA
BIBLIOTECA

CONTENIDO

- 
- ESCUELA DE AGRICULTURA
BIBLIOTECA
- I INTRODUCCIÓN .
 - II REVISIÓN DE LITERATURA
 - a). - El pH, conceptos.
 - b). - Causas de la acidéz en los suelos.
 - c). - Tipos de acidéz del suelo.
 - d). - El porciento de saturación con base.
 - e). - Necesidades de cal.
 - III ANTECEDENTES
 - IV OBJETIVOS
 - V HIPOTESIS Y SUPUESTOS
 - VI MATERIALES Y METODOS
 - a). - Los suelos
 - 1. - Localización de los sitios y descripción de los suelos en estudio.
 - 2. - Toma de muestras y su preparación.
 - b). - Los mejoradores.
 - 1. - Descripción de los materiales a utilizar.
 - 2. - Determinación de las necesidades de mejorador para cada suelo estudiado.
 - c). - Características del experimento.
 - VII RESULTADOS Y DISCUSIÓN
 - VIII CONCLUSIONES

IX LITERATURA CONSULTADA

X APENDICE



I. - INTRODUCCION

Las necesidades de alimentos en el mundo, crecientes día con día, han hecho que la preocupación de muchos hombres se encamine a la producción de más y mejores cosechas con el fin de satisfacer esta tan urgente necesidad. Como se acaba de mencionar, dicha necesidad es creciente, y lo es debido a varias causas; de entre las cuales destacan las siguientes:

- 1° - El índice demográfico de la mayoría de los países es muy elevado.
- 2° - Existe una tendencia regresiva en el crecimiento agropecuario de muchos pueblos.
- 3° - Inadecuada utilización de los insumos disponibles.
- 4° - Deterioro de los recursos naturales.

en consecuencia, nosotros como agrónomos tenemos la obligación de orientar nuestro esfuerzo a aumentar tanto cuantitativa como cualitativamente la producción de cultivos por unidad de superficie, utilizando adecuadamente los insumos disponibles y con el menor deterioro posible de los recursos naturales.

Es bien conocido por todos nosotros que las plantas absorben agua y nutrientes del suelo, reciben y fijan la energía de la luz solar a partir de las sustancias inorgánicas simples que sintetizan y fabrican productos fundamentales para subsistencia del género humano.

De lo anterior resalta la importancia del factor suelo en la producción

agrícola, pues cumple con varias funciones vitales para el desarrollo de las especies cultivadas, a saber: es sosten mecánico de las plantas, fuente principal de los elementos nutrientes esenciales para el crecimiento de las mismas, lugar donde se encuentra localizado y se reproduce la porción radicular de ellas.

De todo lo mencionado anteriormente se desprende que el mantener en buenas condiciones los suelos dedicados a la agricultura es vital para la producción de alimentos, y para que esto se lleve a cabo influyen múltiples factores. De entre estos factores, destaca la importancia del pH imperante en los terrenos dedicados a la agricultura, puesto que es determinante en la disponibilidad y absorción de elementos por las plantas, además que puede crear un medio no adecuado para el desarrollo y reproducción de células radiculares. Debido a todo esto, el pH del suelo ha sido motivo de múltiples estudios tendientes a comprender las leyes que lo rigen así como los valores óptimos para la mayoría de las especies cultivadas.

Considerando lo antes citado, es de esperar que todos los suelos sujetos a explotación agrícola posean un valor de pH dentro del ámbito considerado como óptimo (6.5 - 7.5); aunque analizando esta situación más detenidamente nos encontraremos que esto solo es teórico, puesto que existen grandes extensiones de terreno con problemas de alcalinidad (pH muy elevado) o de acidez (pH muy bajo) lo cual trae como consecuencia que los rendimientos se vean seriamente afectados y en algunos casos sean casi nulos; así pues, en estos casos se hace indispensable la realización de trabajos de corrección, para lo cual es

cesario contar con una metodología adecuada para tal fin; objetivo que se logra por medio de la investigación, puesto que por medio de ella nos es posible conocer las leyes que rigen el comportamiento físico, químico y biológico del suelo y en base a este conocimiento modificarlo para nuestro beneficio.

Motivado por lo anterior se decidió realizar un trabajo de investigación tendiente a adquirir una mejor comprensión de los factores que influyen en la recuperación de suelos con problemas de acidez, (textura, C.I.C., cationes cambiabiles, mejoradores, etc.) y en base a los resultados, evaluar varias metodologías de corrección de suelos con este tipo de problema. Los resultados de este trabajo nos darán claves para aumentar la eficacia en la recuperación de estos terrenos: además que nos serán de suma utilidad para la mejor comprensión de las leyes que rigen al pH de los suelos.

Este trabajo se realizó en el invernadero del Instituto de Botánica de la Universidad de Guadalajara, iniciandose en marzo de 1978 y concluyendo en agosto del mismo año. Para la conducción del mismo se usaron suelos ácidos del Estado de Jalisco, los cuales fueron representativos de las zonas con más incidencia en este problema.



ESCUELA DE...
BIBLIOTECA



II. - REVISION DE LITERATURA

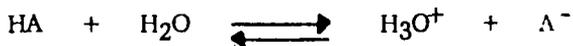
1. - El pH, conceptos.

Con el fin de tener una mejor comprensión del pH, se hace necesario comentar los conceptos de ácido y de base previamente y al respecto podemos mencionar que los ácidos y las bases se definen desde hace unos cuantos siglos en términos de sus propiedades acuosas (1). De acuerdo con esta idea, un ácido es una sustancia cuya solución acuosa tiene sabor agrio, el rojo tornasol cambia a azul, reacciona con los metales para formar hidrógeno y neutraliza a las bases. Análogamente una base se define como una sustancia cuya solución acuosa tiene sabor amargo, el azul tornasol cambia a rojo, se siente jabonosa al tacto y neutraliza a los ácidos.

Aunque la definición de ácidos y bases en términos de las propiedades de sus soluciones acuosas es de cierto valor práctico, tiene bastantes limitaciones puesto que solo se limita a mencionar sus propiedades y no las causas de ellas. En 1923, J. N. Bronsted (Dinamarca) y J. M. Lowry (Inglaterra) sugirieron en forma independiente que los ácidos deben definirse como donadores de protones y las bases como aceptores de protones; gracias a esta definición se pueden correlacionar una gran variedad de reacciones y propiedades químicas.

Consideremos bajo el punto de vista de Bronsted, cuáles son las especies donadoras de protones en las soluciones acuosas de ácidos como HCl, HNO₃ o cualquier otro. Si usamos el símbolo HA para

ra el donador de protones disuelto, " A⁻ " representa entonces el ion negativo Cl⁻ o NO₃⁻ por ejemplo, podemos escribir la ecuación



en las soluciones acuosas de ácidos, el donador fuerte de protones es el proton acuoso H⁺, que se escribe simplemente como H₃O⁺; es evidente pues que el ácido real en una solución acuosa es el H₃O⁺, además que se cree que todas las propiedades de los ácidos (sabor agrio, cambio de color en los indicadores, etc.) son debidas a este ion (7).

Hasta aquí nos hemos limitado a mencionar las definiciones y propiedades de ácido y base, pero no se ha mencionado aún el aspecto cuantitativo de acidéz y basicidad; para este fin se tiene el concepto de pH, este nos sirve para medir la concentración de iones H⁺ en solución.

Sabemos que medir es solo comparar una magnitud con otra de referencia o patrón, en el caso del pH la magnitud de referencia es la concentración de iones H⁺ en el agua, así pues, tenemos que la concentración de estos iones en el agua a 25°C es:

$$[H^+] = 1.0 \times 10^{-7} \text{ moles/litro}$$

$$[OH^-] = 1.0 \times 10^{-7} \text{ moles/litro}$$

en base a lo anterior podemos escribir el producto de ambos como:

$$[H^+] [OH^-] = (1 \times 10^{-7}) (1 \times 10^{-7}) = 1 \times 10^{-14} \text{ moles/litro}$$

De todo lo mencionado hasta aquí se desprende que las propiedades básicas en las soluciones se deben a los iones hidroxilo y las ácidas al ion hidrógeno. Si la concentración de iones hidrógeno es mayor a la del agua (1×10^{-7} moles/litro) se dice que la solución es ácida y si es menor que ésta se dice que es alcalina. Puesto que el producto de estos dos iones debe ser constante (1×10^{-14}), solo es necesario expresar una de ellas para describir la acidéz o alcalinidad de la solución. Uno de los métodos más usados consiste en expresar la concentración de iones hidrógeno en solución en términos de pH. El pH de una solución se define como sigue:

$$\text{pH} = \log \frac{1}{[\text{H}^+]}$$

donde:

$$[\text{H}^+] = \text{conc. de } \text{H}^+ \text{ en moles } \times \text{Litro}$$

$$\text{pH} = - \log [\text{H}^+]$$

ahora si conocemos la concentración de H^+ en el agua (1×10^{-7}) el pH será:

$$\text{pH} = \log \frac{1}{1 \times 10^{-7}} = \log 10^7 = 7$$

en consecuencia las soluciones acuosas que tengan valor pH menor a 7 se consideran ácidas mientras que las que lo tengan superior serán alcalinas.

En resumen podemos decir que el pH es un concepto que nos sirve para conocer la concentración y en consecuencia la acidez

dad de iones hidrógeno en solución y en base a esto definir a las sustancias como básicas o ácidas.

2. - Causas de la acidéz en los suelos.

La acidéz del suelo ha sido seriamente considerada por los científicos del suelo durante mucho tiempo, y han sido avanzados numerosos conceptos para explicar las observaciones efectuadas así como el comportamiento de los suelos ácidos.

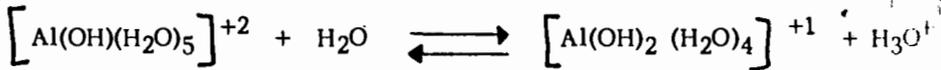
De acuerdo con los puntos de vista generalmente aceptados, la acidéz del suelo tiene distintas fuentes: materia orgánica, arcillas de aluminio y silicio, hidróxidos de hierro y aluminio, sales solubles, CO_2 y lavado de los elementos alcalinos como Ca, Mg y K (16), (5), (9). A continuación haremos una breve exposición de cada una de ellas.

MATERIA ORGANICA. - Como es de nuestro conocimiento, tanto la materia orgánica como el humus del suelo contienen grupos carboxilos reactivos fenolicos y aminos, que son capaces de ligar iones H^+ . Tales grupos se comportan como ácidos débiles y el H^+ ligado covalentemente puede disociarse. La heterogeneidad de la materia orgánica del suelo que varía de acuerdo con ello. Sin embargo, es un factor significativo, particularmente en suelos abonados con estiercol, en suelos turbosos o en suelos minerales con alto contenido de materia orgánica.

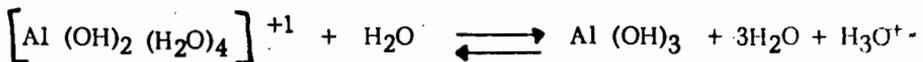
ARCILLAS DE ALUMINIO Y SILICIO. - Estas arcillas de dos y tres capas tipificadas por la caolinita y la montmorillonita. La carga de estas se genera por la sustitución isomórfica en el retículo cristalino de un cation de valencia baja por otro de valencia mayor. Las cargas también pueden originarse por la disociación de iones H^+ de los

grupos hidroxilos o del agua ligada de constitución, siendo ambos componentes estructurales del retículo cristalino. Ha sido mostrado que la carga total en los materiales coloidales del suelo puede separarse en dos categorías, una de ellas llamada la carga permanente y es responsable de los enlaces electrostáticos H^+ , Al^+ y otros iones; esta carga resulta presumiblemente de la sustitución isomórfica. La otra es denominada carga dependiente del pH y resulta en el enlace covalente del hidrógeno y otros iones; este tipo se ilustra mejor por la carga de la materia orgánica del suelo que es debida a los grupos carboxílicos y fenólicos antes citados. Se cree también que se origina en los bordes terminales OH en las arcillas y que pueden disociarse y dar lugar al ion H^+ .

HIDROXIDOS DE HIERRO Y ALUMINIO. - Durante las primeras investigaciones de la acidéz del suelo se creyó que el aluminio era el responsable del reemplazamiento de los cationes básicos adsorbidos, tales como el sodio, el calcio y el magnesio, y del aumento consiguiente de la acidéz del suelo. Hoy en día, la mayoría de los científicos del suelo reconocen que tanto el Al^{+3} y el H^+ , junto con la pérdida de cationes básicos están implicados en el desarrollo de suelos ácidos. En los suelos existe un equilibrio entre el H^+ y el aluminio, a medida que el H^+ aumenta en el suelo, estos disolverán al aluminio en el retículo cristalino de las arcillas. Puesto que el ion Al^{+3} se liga muy fuertemente a los sitios de intercambio, el disuelto desplazará a otros cationes. Este aluminio intercambiable es fuente de acidéz ya que se hidroliza en solución acuosa de acuerdo a las siguientes ecuaciones:



Generando H_3O^+ el cual como vimos al principio es el ácido real en soluciones acuosas. El ion Fe^{+3} podría tener las mismas reacciones que el Al^{+3} pero el Fe (OH)_3 es más insoluble que el Al (OH)_3 por lo cual es menos usual que sucedan hidrólisis de Fe^{+3} .



SALES SOLUBLES. - La presencia de sales ácidas neutras o básicas se considera que es por la intemperización de los minerales, descomposición de materia orgánica, o su adición como compuestos fertilizantes. Los cationes de estas sales pueden cambiar con el aluminio y/o hidrógeno adsorbido y causan un aumento en la acidéz de la solución del suelo. Tal es el caso por ejemplo de la adición de sales de amonio al suelo, el NH_4^+ al ser oxidado por las bacterias puede dar lugar a HNO_3 y consecuentemente a un descenso en el pH.

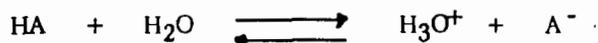
BIOXIDO DE CARBONO. - Bajo condiciones de buena aireación, los carbohidratos se oxidan a CO_2 y H_2O ; así como los suelos con altos contenidos de carbonatos o bicarbonatos, pueden influir en la disminución del pH debido a esto principalmente por la presión parcial del CO_2 en la atmósfera del suelo.

LAVADO DE CATIONES ALCALINOS. - En general los productos del intemperismo de la mayoría de los minerales que componen a las rocas imparten una reacción alcalina a la solución del suelo (5), por ejemplo el intemperismo de los feldespatos sódicos o cálcicos por el agua de lluvia, da como resultado la formación de Na_2CO_3 y CaCO_3 , que imparten reacción básica a la solución del suelo; en consecuencia el requerimiento más importante para el desarrollo de suelos ácidos, es que la velocidad de infiltración de cationes alcalinos, exceda a la velocidad de formación de sales básicas debidas a el intemperismo.

Como se puede observar de todo lo citado, son múltiples las causas que influyen en la acidificación de los suelos: se mencionaron las que son aceptadas por la mayoría de investigadores de la ciencia del suelo y más comúnmente usadas para explicar este fenómeno.

3. - Tipos de acidéz, en el suelo.

Al principio del presenta capítulo se mencionó que las características de las soluciones ácidas, son debidas a la actividad del ion H^+ y fueron representadas por medio de la siguiente ecuación:



en donde el ion H_3O^+ a la derecha, representa la " acidéz activa "; y el " ácido hipotético " HA " representa la " acidéz potencial "(20). Cabe mencionar aquí que: los ácidos se clasifican arbitrariamente de acuerdo con el grado en que se disocian en el agua. Si la disociación es grande, se dice que el ácido es fuerte, tal es el caso del Ac. sulfúrico, Ac. nítrico, etc. Los ácidos que solo se disocian ligeramente son denominados

ácidos débiles y son representados por el Ac. carbónico, el Ac. acético y otros.

Según algunos autores (1) (8) el sistema suelo-agua tiene una conducta similar a la de un ácido débil en solución; o sea que el lugar del ácido hipotético "HA" de la ecuación anterior es ocupado por grupos ácidos del suelo (acidéz potencial), y el del H_3O^+ por los iones H^+ disociados de los grupos antes citados (acidéz activa). De esto podemos concluir que la acidéz que se cuantifica por medio del potenciómetro solo representa la " acidéz activa " del suelo y que ésta a su vez es solo una pequeña cantidad de la acidéz total existente en el suelo. De aquí que el solo dato de pH en un suelo sea insuficiente para determinar la cantidad de base necesaria para su neutralización.

4. - El por ciento de saturación con base.

Sabemos nosotros que el complejo coloidal de los suelos, posee la capacidad de adsorber cationes en sus superficies libres por tensión superficial, debida al remanente de carga resultante de la sustitución isomorfica en los minerales de arcilla, o bien, a la disociación de los grupos terminales de arcillas y grupos ácidos de la materia orgánica; ahora bien el tipo y proporción de iones presentes en el complejo de cambio está regido por varias causas:

1. - La proporción en que se encuentra en la solución del suelo.
2. - El pH imperante
3. - Tipo y cantidad de coloides.

de las causas citadas, las dos primeras influyen en mayor grado en la

proporción en que se encuentran los cationes adsorbidos por el suelo.

En los suelos normales, el orden de abundancia de los cationes en los sitios de intercambio es el siguiente: (4) (3)



las diferenciales en el material madre, el grado de intemperismo o la afluencia de sales solubles por escurrimientos, infiltración o bien por la fertilización, pueden cambiar el orden, pero en general esta situación prevalece en la mayoría de los suelos normales. En suelos muy ácidos, suele predominar el Al^{+3} , Fe^{+2} y Mn^{+2} mientras que en los alcalinos el elemento predominante es el Na^{+1} . (5)

Algunos investigadores (1) (8) señalan que en la interpretación de los cationes cambiables se deben considerar los valores de cada uno de ellos, sus relaciones o cocientes entre sí y su proporción en la capacidad de intercambio catiónico. Como se mencionó anteriormente en la mayoría de los suelos el Ca es el elemento predominante en los sitios de intercambio, Fassbender cita que contribuye entre el 50 y el 81 % de la suma de cationes cambiables, aunque esto puede variar de acuerdo a las causas también ya citadas.

El concepto de " Porcentaje de Saturación con Base " (PSB) resulta del cociente de la suma de bases cambiables y la capacidad total de intercambio, así que:

$$\text{PSB} = \frac{\text{cationes básicos cambiables}}{\text{capacidad de intercambio catiónico}} \times 100$$

y muchos investigadores concuerdan en citar que el PSB guarda una es

trecha relación con el pH de los suelos. (1) (4) (2) Como ejemplo -- Fassbender menciona que a pH de 4.5 el PSB es de 10 % mientras que a valores superiores de 7.5 el PSB es practicamente de 100 %.

En resumen podemos decir que la suma de las bases cambiables (Ca, Mg, Na y K) expresadas como porcentaje de la capacidad total de intercambio cationico constituyen el por ciento de saturación con base; y la conclusión que salta a la vista es que la acidéz (Al^{+3} e H^+) cambiabile sería el complemento hasta 100 %. De esto se deriva pues que existe una correlación directa entre el PSB y el pH. Según los investigadores que han profundizado en este tema el rango de neutralidad (pH entre 6 y 7) se alcanza con PSB entre 70 y 90 % de - dependiendo del tipo de coloides presentes en el suelo.

5. - Necesidades de cal.

La práctica de encalar los suelos con pH bajo, se hace necesaria si se quiere producir en óptimas condiciones un cultivo. De manera contraria los rendimientos se verán seriamente afectados y pueden ser en casos extremos nulos.

Cajuste cita que " Los efectos del pH del desarrollo de las plantas, generalmente son indirectos ". Hay considerable evidencia de que la actividad del ion hidrógeno por sí misma, en el intervalo de pH entre 4 y 9, no es perjudicial para las plantas. En esto concuerdan multiples investigadores (Jackson 1967, Arnon 1942, Coleman 1958, etc.); aunque por otro lado tiene un efecto importante sobre la solubilidad de algunos de los nutrimentos esenciales para las plantas y sobre la actividad de muchos de los microorganismos que se encuentran en

suelo. A continuación se hacen algunas consideraciones acerca de los efectos del pH sobre el aprovechamiento de los elementos como nutrientes (16) (4) (3) (16).

Nitrógeno. - El pH del suelo parece no tener efectos considerables sobre el proceso de amonificación, aunque después del encalado la velocidad de formación de amonio puede aumentar temporalmente, aunque cabe mencionar que un incremento del pH favorece a la reacción. Un pH superior a 6.5 es importante para la fijación de nitrógeno por bacterias simbióticas.

Fósforo. - El efecto del pH en la disponibilidad de el P, es muy marcada. Una parte del fósforo (aproximadamente el 50 % en la capa arable) puede estar presente en la materia orgánica. En los suelos ácidos, el fósforo inorgánico nativo existirá, primordialmente en combinación con el Fe y el Al. La liberación del P en la materia orgánica es muy lenta, pero es más rápida en suelos neutros o ligeramente alcalinos que en los ácidos. El fósforo combinado con Fe y Al se vuelve más soluble cuando el pH se incrementa.

Potasio. - Puesto que el potasio forma compuestos insensibles al pH, éste tiene muy poco efecto sobre su aprovechamiento.

Calcio. - A valores bajos de pH, el contenido de calcio intercambiable puede ser pequeño debido a los efectos del lavado ácido, pero para fines agronómicos en el rango de pH entre 5 y 7.5 no se muestran problemas.

Hierro. - La disponibilidad del Fe, disminuye a medida que aumenta el pH. con frecuencia las deficiencias de este elemento se encuentran en los alcalinos.

Manganeso. - La disponibilidad de Mn es muy similar a la del hierro, - siendo alta en medios ácidos y baja en alcalinos. En suelos muy ácidos la concentración de este elemento puede ser tan elevada que pueden presentarse problemas de toxicidad.

Cobre y Zinc. - La química de estos elementos es tan similar que se les puede considerar conjuntamente la solubilidad de Cu y de Zn y por ende su disponibilidad será mayor mientras más ácido sea el suelo.

Podemos concluir de las citas anteriores que la química de cada elemento es diferente a la de los demás y en consecuencia la conducta de éstos a diferentes niveles de pH es muy particular. Así pues, el rango de pH óptimo para la disponibilidad de macro y micro nutrientes, fluctúa entre 6.5 y 7.5. De aquí la necesidad de elevar el pH de suelos ácidos para favorecer un medio adecuado a los cultivos que en ellos se instalen.

Sabemos que las medidas de acidéz (y alcalinidad) usualmente son hechas con un instrumento conocido como " potenciómetro ", tal como las medidas de temperatura se hacen con el termómetro. Transformar valores bajos de pH a kilos de cal necesarios para neutralizar una hectárea de suelo, presenta el mismo tipo de problema que transformar valores bajos de temperatura a kilos de calor necesarios para alcanzar una temperatura deseada; en ambos casos el problema, prácticamente es el mismo.

Como necesidad de encalado se entiende la cantidad de material corrector que se debe aplicar a un suelo para producir una elevación a un determinado valor de pH. El requerimiento de cal de un suelo puede obtenerse de varias maneras, a continuación mencionamos los

métodos más usuales. (16) (5) (8) (1) (13) (9).

1. - Muchas estaciones experimentales y laboratorias de análisis de suelos han determinado el requerimiento de cal en las series y tipos de suelos más importantes en las áreas que ellas cubren. Una vez que esto ha sido realizado, un conocimiento del pH y tipo de suelo harán posible una inmediata recomendación de la cantidad de cal por añadir.
2. - Obtener curvas de neutralización por medio de adición ascendente de $\text{Ca}(\text{OH})_2$ a muestras de suelo previamente preparadas.
3. - Aplicando cantidades ascendentes de NaOH 0.1 N a suelos preparados con HCl .
4. - Empleando una mezcla de sales de alto poder tampón con pH ajustado a 7.5.
5. - Por titulación de suspensiones suelo solución BaCl_2 - tea con HCl 0.2N hasta un pH de 5.1.
6. - Por medio de la " Insaturación de Bases " que consiste en determinar la concentración de cationes cambiabiles básicos y añadir la cantidad necesaria de alcali para saturar el complejo de intercambio.

Los requerimientos de cal obtenidos por los métodos antes citados suelen ser para fines prácticos iguales, aunque usualmente se utilizan los dos primeros con mayor frecuencia. El criterio para es-

coger tal o cual método debe ser seleccionado por la persona interesada en el trabajo de recuperación del suelo problema.

Como acabamos de ver, existen una gran cantidad de métodos para determinar las necesidades de cal, pero para hacer la recomendación adecuada de cantidad de caliza por aplicar, es necesario considerar los resultados de las curvas de titulación, la capacidad de intercambio catiónico de los suelos, las bases y acidéz cambiables, el porcentaje de saturación con base y el cultivo que se planea sembrar. Es decir, se deben considerar los diversos factores que tienen influencia sobre el complejo de la reacción del suelo.

Una vez determinado el requerimiento de cal del suelo problema, hay que decidir sobre el material de enmienda a utilizar; y al respecto podemos citar entre los materiales correctores más utilizados los siguientes:

1. - Carbonato de calcio (CaCO_3).

Forma parte de las rocas calizas con un porcentaje entre el 60 y 96 % (equivalente entre 24 y 38 % de CaO). El resto suele integrarse por carbonato de magnesio (MgCO_3), arena. Bajo condiciones específicas se forman calizas dolomíticas $[\text{Ca Mg}(\text{CO}_3)]_2$, que pueden tener hasta 40 % de MgCO_3 . Los iones de calcio y/o magnesio resultantes de la hidrólisis de los carbonatos reemplazan al H^+ y/o Al^{+3} del complejo de intercambio, resultando los cambios de pH y de las otras

características del suelo.

2. - Oxidos de cal (CaO)

Se obtienen calcinando los carbonatos antes descritos en hornos intermitentes o continuos. El producto en general se llama cal viva. El contenido de Ca y/o Mg aumenta considerablemente a través de este proceso, llegando de un 82 a 96 % de CaO.

La ventaja del uso de la cal viva según algunos investigadores (19) se debe a la mayor velocidad de la reacción de las partículas de cal con el complejo coloidal que con el carbonato original.

3. - Hidróxido de calcio $\text{Ca}(\text{OH})_2$

Se le denomina cal apagada y se obtiene mediante la hidratación de la cal viva. Generalmente tiene un contenido de hasta 95 % de CaO. El resto está formado por arenas y otras impurezas.

4. - Gallinaza

Sabemos bien que la gallinaza se ha considerado como abono orgánico desde hace mucho tiempo. Está compuesto de proporciones variables de estiércol de gallina, residuos de alimento, plumas y suelo. Investigaciones realizadas por Perkins demuestran que las adiciones de gallinaza incrementaron el pH del suelo. Estas variaciones en pH se atribuyen al amonio liberado durante el proceso.

de descomposición del estiercol, una vez que entra
en función la flora microbiana el amonio se oxida
a nitrato y el pH vuelve a su valor original.

III. - ANTECEDENTES

Debido a que los problemas que limitan la producción agrícola son múltiples y muy variados, las investigaciones hechas en la región han sido encaminadas a solucionar otro tipo de problemas diferentes al de la recuperación de suelos ácidos.

Santana (1975) en su estudio probó diferentes abonos orgánicos en un suelo ácido, el compost presentó ventajas sobre el resto ya que además del rendimiento mejoró las propiedades del suelo, aumentando el pH y la capacidad de intercambio catiónico. (18)

Sánchez (1978) evaluando el efecto de varios mejoradores inorgánicos y abonos orgánicos sobre algunas características del trigo concluyó que el mejorador que mostró incrementar menos el pH fue el carbonato de calcio y el que más lo elevó fue el óxido de calcio. De los abonos orgánicos probados el mejor resultó ser la gallinaza a una dosis de 40 ton/ha, lo cual representa el 1.0 % en peso de una hectárea de suelo a 0.30 m. (17)

Las investigaciones que se acaban de citar, fueron hechas en el estado de Jalisco por egresados de la Escuela de Agricultura de la Universidad de Guadalajara; y como se puede ver fueron tendientes a conocer mejor el fenómeno de suelos ácidos y a incrementar la eficiencia en las labores de corrección de suelos con este problema.

Investigaciones al respecto hechas en otros lugares se citan a continuación:

En 1959 E. L. Worthen y S. R. Aldrich (3), tuvieron experiencias en suelos típicos de Estados Unidos, y del resultado de dichas experiencias, recomiendan para elevar el pH de suelos ácidos a 6.5 las siguientes cantidades de cal:

Suelos con textura gruesa (arenas y migajones arenosos):

para pH de 6.1 a 6.4 se adicionaron de 0.6 a 2.5 ton/ha.

para pH de 5.6 a 6.0 se adicionaron de 2.5 a 5.0 ton/ha.

para pH de 5.5 o menores se adicionaron de 5.0 a 7.0 ton/ha.

Suelos con textura media (migajones limosos):

para pH de 6.1 a 6.4 se adicionaron de 1.2 a 5.0 ton/ha.

para pH de 6.0 a 5.6 se adicionaron de 5.0 a 7.0 ton/ha.

para pH de 5.5 o menores se adicionaron de 7.0 a 15.0 ton/ha.

Suelos con textura fina (migajones arcillosos):

para pH de 6.1 a 6.4 se adicionaron de 1.2 a 7.5 ton/ha.

para pH de 5.6 a 6.0 se adicionaron de 7.5 a 15.0 ton/ha.

para pH de 5.5 o menores se adicionaron de 15.0 ton/ha. en adelante.

En 1966 los investigadores Buckman y Brady (4) de la Universidad de Cornell en los Estados Unidos, hicieron algunos trabajos a éste respecto, y las necesidades de cal las relacionaron con la textura de los suelos, el reporte de las necesidades de cal de los suelos afectados por acidéz son:

NECESIDADES DE CAL	TIERRA ARENOSA	TIERRA LIMOSA
Moderada	1700-2300 Kg/ha.	2800-3900 Kg/ha.
Alta	2800-3900 Kg/ha.	5600-6700 kg/ha.

Según Demolón (1952), las necesidades de cal para elevar en una unidad el pH de los suelos ácidos, varía con su textura y según el reporte de dichas experiencias las necesidades de cal son:

Tierras Finas - de 3 a 5 ton/ha.

Tierras Francas - de 2 a 3 ton/ha.

Tierras Arenosas - de 1 a 2 ton/ha.

El investigador L. M. Thompson en 1965 (19), calculó las necesidades de cal para dos diferentes suelos, con diferente textura y diferentes valores de pH; uno cultivado de algodón y otro de maíz. Las cantidades reportadas por Thompson necesarias para neutralizar el suelo son:

1. - Suelo cultivado con maíz.

FRANCO-ARENOSO

pH de 6.0 - 1850 Kg/ha.

pH de 5.5 - 3700 Kg/ha.

pH de 5.0 - 5500 Kg/ha.

pH de 4.5 - 7400 Kg/ha.

FRANCO-ARCILLOSO

pH de 6.0 - 3700 Kg/ha.

pH de 5.5 - 7400 Kg/ha.

pH de 5.0 - 11100 Kg/ha.

pH de 4.5 - 14800 Kg/ha.

2. - Suelo cultivado de algodón.

FRANCO-ARENOSO

pH de 6.0 - 620 Kg/ha.

pH de 5.5 - 1250 Kg/ha.

pH de 5.0 - 2500 Kg/ha.

pH de 4.5 - 3700 Kg/ha.

FRANCO-ARCILLOSO

pH de 6.0 - 1250 Kg/ha.

pH de 5.5 - 2500 Kg/ha.

pH de 5.0 - 3700 Kg/ha.

pH de 4.5 - 5000 Kg/ha.

L.M. Turk (1971) (11) hace mención de las necesidades de cal en los suelos afectados por la acidéz y la correlación con

tura de los suelos; cabe hacer mención que éste autor utiliza unidades muy poco usuales en nuestro medio, como son los Bushels o los Acres, lo cual hace aún más difícil la interpretación de los resultados.

Moschler, Martens y Shear (12) en 1973 encontraron que la aplicación superficial de caliza, neutraliza más eficazmente que la incorporada, en cultivos de maíz durante 11 años consecutivos en campos cultivados con y sin labranza.

Es demasiado claro de las citas anteriores, que la efectividad de las recomendaciones antes mencionadas es muy dudosa y de muy difícil interpretación y aplicación en nuestros terrenos. Consideramos conveniente la generación de tecnología en nuestra región, tendiente a encontrar los mejores métodos y sustancias para la recuperación de nuestros suelos con problemas de acidéz. Sólo de ésta manera podremos resolver nuestros propios problemas, con nuestras propias características tanto físicas, químicas, biológicas, de clima, agua etc.



IV. - OBJETIVOS

Las metas que se pretenden alcanzar con la realización del presente trabajo son las siguientes:

1. - Conocer la influencia de la textura de los suelos en la necesidad de cal y recuperación de los mismos.

Para lo cual se utilizarán tres tipos de suelo con textura diferente y con problema de acidéz.

2. - Evaluar varios mejoradores y su eficacia en la recuperación de suelos con el problema.

Para la consecución de este objetivo se probarán tres mejoradores inorgánicos y un orgánico.

3. - Determinar la influencia de la profundidad de aplicación de los mejoradores en la corrección de los suelos afectados.

En este caso se evaluarán tres profundidades de aplicación.

4. - Medir la variación de la fertilidad de los suelos durante su recuperación.

Para esto se sembrará una planta que nos sirva de indicador de la eficiencia de cada uno de los tratamientos estudiados.

5. - Obtener recomendaciones generales que sirvan para normar el criterio a seguir en trabajos de recuperación de suelos ácidos.

Esto se pretende lograr evaluando las metodologías probadas.

V. - HIPOTESIS Y SUPUESTOS

Las hipótesis a probar en el presente trabajo de investigación son las siguientes:

1. - Debido a que la textura del suelo es un índice de la capacidad de intercambio catiónico, así como de la conductividad hidráulica: suelos con diferente textura tendrán diferente necesidad de mejorador: así como la distribución del mismo dentro del horizonte, será también diferente.
2. - La adición de sustancias de reacción alcalina a suelos con problemas de acidéz, tenderá a la neutralización de los iones ácidos, causando estos de la acidéz del suelo; consiguiendo con esto la neutralización del suelo afectado.
3. - La aplicación de los mejoradores a diferentes profundidades, traerá como consecuencia que la distribución del mismo sea diferente en cada caso, y debido a esto mayor o menor grado de neutralización del suelo.

Los supuestos en que estará basado este trabajo son:

1. - Los suelos en estudio son diferentes en su textura y pH, y por lo tanto diferente necesidad de cal para cada uno de ellos.
2. - Los mejoradores a utilizar son los que se pueden conseguir con mayor facilidad y con los que mejores resultados se han obtenido.
3. - La aplicación a diferente profundidad simulará las condiciones en que se incorporará el mejorador con los diferentes implementos agrícolas de mayor disponibilidad para los agricultores.

VI. - MATERIALES Y METODOS

1. - Los suelos.

a). - Localización de los sitios y descripción de los suelos en estudio.

Como se mencionó al principio de este trabajo, para la realización del mismo se utilizaron suelos del estado de Jalisco representativos de las zonas con mayor incidencia en el problema de acidéz: se seleccionaron tres sitios con lo cual se consiguió obtener un suelo representativo de textura: arcilla, franca y arenosa. A continuación se hace mención de la localización y la descripción físico-química de cada uno de los suelos que se seleccionaron para el experimento.

SUELO ARCILLO-ACIDO

Como representativo de este tipo se seleccionó el suelo del ejido denominado " El Saucillo ", el cual se localiza a la altura del kilometro 202 de la carretera Guadalajara-Zapotlanejo-La Piedad en el municipio de Zapotlanejo. Este suelo es típico de la zona de Los Altos, de color rojizo y pH bajo, en este suelo se cultiva maíz de temporal. En el cuadro #1 se muestran las características físico-químicas de este suelo.

SUELO FRANCO-ACIDO

Como representativo de este tipo se seleccionó suelo del poblado de Amatitan, el sitio se encuentra a la altura del kilometro 34 de la carretera Guadalajara-Tepic en el municipio de Amatitan. Este

suelo es típico de la zona de Arenal-Tequila, de color café y de pH bajo, en este suelo se cultiva maíz de temporal. En el cuadro # 1 se muestran las características físico-químicas de este suelo.

SUELO ARENO-ACIDO

El sitio que se eligió para obtener suelo de este tipo de textura fué el ejido de " La Venta " en el municipio de Zapopan, la muestra se tomo a la altura del Km 15.5 de la carretera Guadalajara -Nogales. Es suelo típico del Valle de Atemajac, derivado de cenizas volcánicas, de color gris claro y reacción ácida. En estos suelos se cultiva maíz de temporal. Las características físico-químicas de este suelo se encuentran resumidas en el cuadro # 1.

Es evidente del cuadro # 1 que lo ácido de los suelos en estudio debe estar sumamente influenciado por la insaturación del complejo de intercambio con cationes básicos.

Cabe citar aquí, que los métodos utilizados para la determinación de las anteriores características fueron las utilizadas por el Laboratorio de Agrología de la S.A.R.H. ubicado en Guadalajara.

b). - Toma de muestras y su preparación.

El procedimiento de la toma y preparación de las muestras fué el mismo para los tres suelos y consistió en tomar una capa de aproximadamente 30 cm. del terreno y transportarla al invernadero del Instituto de Botánica, donde se deshicieron los terrones y se pasó por un tamiz de 0.5 cm, con el fin de tener el suelo en buenas condiciones para la germinación de las plantas que ahí se instalarían más adelante.

Cuadro # 1. - DESCRIPCIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO - QUÍMICAS DE LOS SUELOS EN ESTUDIO.
U. DE G. E. A. G. (1978)

M U E S T R A	1	2	3
1. - Localización	" El Saucillo "	" Amatitan "	" La Venta "
2. - Densidad real (g/cc)	2.326	2.461	2.207
3. - Densidad aparente (g/cc)	1.22	1.31	1.45
4. - Capacidad de campo (%)	24.40	23.16	17.47
5. - P. M. P. (%)	12.18	11.90	9.46
6. - Punto de saturación (%)	48.85	40.30	34.20
7. - Arena (%)	39.82	39.82	71.82
8. - Limo (%)	20.54	25.64	21.64
9. - Arcilla (%)	39.64	34.54	6.54
10. - Textura	migajón arcilloso	mig. arcillo-arenoso	arena migajonosa
11. - pH (2:1)	5.4	4.7	5.0
12. - C. E. (milimhos/cm)	0.80	0.45	1.70
13. - Materia orgánica (%)	2.05	4.68	1.17
14. - Nitrógeno total (%)	0.176	0.117	0.061
15. - Fósforo (ppm)	0.21	0.42	1.19
16. - C. I. C. T. (meq/100 gr)	22.2	17.1	6.3
17. - Ca cambiante (meq/100 gr)	6.67	3.22	1.84
18. - Mg " " " "	4.83	2.53	0.69
19. - Na " " " "	0.35	0.40	0.28
20. - K " " " "	0.55	0.49	0.20
21. - Acidéz " " " "	9.80	10.46	3.29
22. - Porcentaje de saturación con base	55.85	38.83	47.77

Como mencionamos anteriormente, uno de los objetivos de éste estudio es conocer el efecto de la incorporación de mejoradores a diferente profundidad, para lo cual se incorporo a 3 profundidades diferentes: 0, 10 y 20 cm. La adición a 0 cm se realizó aplicando el mejorador sobre la superficie del suelo; la aplicación a 10 cm se hizo mezclando los 10 cm superficiales del suelo con el mejorador; cuando se trato de profundidad de aplicación a 20 cm, el mejorador se mezcló con los primeros 20 cm de suelo.

2. - Los mejoradores.

a). - Descripción de los materiales utilizados.

Dentro de los objetivos del presente trabajo, uno es evaluar la eficiencia de algunos materiales correctores de acidéz, los materiales que se evaluaron fueron:

1. - Carbonato de calcio (CaCO_3) con 95% de pureza.
2. - Oxido de calcio (CaO) con 54 % de pureza.
3. - Hidróxido de calcio (Ca(OH)_2) con 70% de pureza.
4. - Materia orgánica (Gallinaza)

b). - Determinación de las necesidades de mejorador para cada suelo en estudio.

Para la determinación de las necesidades de mejorador para cada caso, se siguió el criterio de saturar el 85% del complejo de intercambio con cationes alcalinos; o sea que se agrego la cantidad necesaria de base para elevar el porciento de saturación con bas-

inicial a uno deseado (85%) considerandose que a ese punto de saturación se alcanzaría la neutralización del suelo (pH 6.5 - 7.0).

1. - SUELO ARCILLOSO

C.I.C.T. = 22.2 meq/100 gr suelo

P.S.B. inicial = 55.85, correspondiente a 12.304

P.S.B. final = 85.00, correspondiente a 18.870

por lo tanto hay necesidad de 6.4713 meq de base por cada 100 gr de suelo.

1. -a. - CaCO₃

meq del CaCO₃ = 0.05

6.4713 X 0.05 = 0.32356 gr de CaCO₃ Q.P./100 gr suelo

0.32356 X 80 = 25.8852 gr de CaCO₃ Q.P./ 8 kg suelo

25.8852 ÷ 0.95 = 27.247 gr de CaCO₃ 80% / 8-kg suelo

2. -a. - CaO

meq del CaO = 0.028

6.4713 X 0.028 = 0.181196 gr de CaO Q.P./ 100 gr suelo

0.181196 X 80 = 14.4957 gr de CaO Q.P. / 8 kg suelo

14.4957 ÷ 54 = 26.8438 gr de CaO 54% / 8 kg suelo

3. -a. - Ca (OH)₂

meq Ca (OH)₂ = 0.037

6.4713 X 0.037 = 0.23943 gr de Ca(OH)₂ Q.P. /100 gr suelo

0.23943 X 80 = 19.155 gr de Ca(OH)₂ Q.P. / 8 kg de suelo

19.155 ÷ 0.70 = 27.364 gr de Ca(OH)₂ 70% / 8 kg de suelo

4. -a. - Gallinaza

La cantidad de materia orgánica que se --
adicionó en cada maceta, fué del 2 % sobre el peso del suelo que se --
utilizó, el cual fué de 8.0 kg por maceta; o sea que se adicionaron --
160 gr de gallinaza por cada unidad experimental.

2. - SUELO FRANCO

C.I.C.T. = 17.1 meq/100 gr de suelo

P.S.B. inicial = 38.83, correspondientes a 6.6399 meq

P.S.B. final = 85.00, correspondientes a 14.5350 meq

por lo tanto hay necesidad de agregar 7.8951 meq de base por cada 100
gr de suelo.

1. -b. - CaCO₃

meq CaCO₃ = 0.05

7.8951 X 0.05 = 0.39475 gr de CaCO₃ Q.P. / 100 gr suelo

0.39475 X 80 = 31.5804 gr de CaCO₃ Q.P. / 8 kg suelo

31.5804 ÷ 0.95 = 33.2420 gr de CaCO₃ 95% / 8 kg suelo

2. -b. - CaO

meq CaO = 0.028

7.8951 X 0.028 = 0.22106 gr de CaO Q.P./100 gr suelo

0.22106 X 80 = 17.6850 gr de CaO Q:P./ 8 kg suelo

17.6850 ÷ 0.54 = 32.750 gr de CaO 54%/ 8 kg suelo

3. -b. - Ca(OH)₂

meq Ca(OH)₂ = 0.037

7.8951 X 0.037 = 0.29212 gr de Ca(OH)₂ Q.P./100 gr suelo

0.29212 X 80 = 23.3699 gr de Ca(OH)₂ Q.P. / 8 kg suelo

23.3699 ÷ 0.70 = 33.385 gr de Ca(OH)₂ 70%/8 kg suelo

4. -b. - Gallinaza

$$8.0 \text{ kg} \times 0.02 = 0.160 \text{ kg gallinaza} / 8 \text{ kg suelo}$$

3. - SUELO ARENOSO

$$\text{C.I.C.T.} = 6.3 \text{ meq} / 100 \text{ gr suelo}$$

$$\text{P.S.B. inicial} = 47.77, \text{ correspondientes a } 3.0095$$

$$\text{P.S.B. final} = 85.00, \text{ correspondientes a } 5.3550$$

por lo tanto hay necesidad de 2.3455 meq base por cada 100 gr de suelo

1. -c. - CaCO₃

$$\text{meq CaCO}_3 = 0.05$$

$$2.3455 \times 0.05 = 0.11727 \text{ gr de CaCO}_3 \text{ q.p.} / 100 \text{ gr suelo}$$

$$0.11727 \times 80 = 9.3820 \text{ gr de CaCO}_3 \text{ Q.P.} / 8 \text{ kg suelo}$$

$$9.3820 \div 0.95 = \underline{9.8750 \text{ gr de CaCO}_3 \text{ 95\%} / 8 \text{ kg suelo}}$$

2. -c. - CaO

$$2.3455 \times 0.028 = 0.06567 \text{ gr de CaO Q.P.} / 100 \text{ gr suelo}$$

$$0.06567 \times 80 = 5.2339 \text{ gr de CaO Q.P.} / 8 \text{ kg suelo}$$

$$5.2339 \div 0.54 = \underline{9.7290 \text{ gr de CaO 54\%} / 8 \text{ kg suelo}}$$

3. -c. - Ca(OH)₂

$$\text{meq Ca(OH)}_2 = 0.037$$

$$2.3455 \times 0.037 = 0.08678 \text{ gr de Ca(OH)}_2 \text{ Q.P.} / 100 \text{ gr suelo}$$

$$0.08678 \times 80 = 6.94268 \text{ gr de Ca(OH)}_2 \text{ Q.P.} / 8 \text{ kg suelo}$$

$$6.94268 \div 0.70 = \underline{9.91811 \text{ gr de Ca(OH)}_2 \text{ 70\%} / 8 \text{ kg suelo}}$$

4. -c. - Gallinaza

$$8.0 \text{ kg} \times 0.02 = \underline{0.160 \text{ kg gallinaza} / 8 \text{ kg suelo}}$$

3. - Características del experimento.

El presente trabajo se llevó a cabo en el invernadero del Instituto de Botánica de la Universidad de Guadalajara, el cual se encuentra localizado en Las Agujas municipio de Zapopan, Jal.

Para la evaluación de los parámetros en estudio, se utilizó el diseño experimental de parcelas sub-divididas con cuatro repeticiones. La parcela grande estuvo formada por los diferentes tipos de suelo, la parcela mediana por los diferentes mejoradores y la parcela chica por la diferente profundidad de aplicación; o sea que los tratamientos del ensayo fueron:

T R A T A M I E N T O S		
PARCELA GRANDE SUELOS	PARCELA MEDIANA MEJORADORES	PARCELA CHICA PROFUNDIDAD
1. - Arcilla	1. - CaCO_3	1. - Superficial
2. - Franco	2. - CaO	2. - 10 cm
3. - Arena	3. - $\text{Ca}(\text{OH})_2$	3. - 20 cm
	4. - Gallinaza	

Cada bloque experimental estuvo formado por 36 macetas cilíndricas de 21 cm de diámetro y 35 cm de altura, las cuales contenían 8 kg de suelo problema con el tratamiento correspondiente.

Se sembró maíz como planta indicadora de la fertilidad del suelo así como de la eficacia de cada uno de los tratamientos en estudio. Esta operación se repitió por dos ocasiones cosechando el maíz a los 45 días de sembrado y volviendolo a sembrar una semana

después de la cosecha y cortándose nuevamente después de 45 días. A las plantas cosechadas se les midió la altura y fueron pesadas en seco; estas variables a su vez fueron las que se analizaron estadísticamente y nos sirvieron para hacer la evaluación de los tratamientos desde el punto de vista agronómico.

En el párrafo anterior mencionamos el criterio que se siguió para la evaluación de cada uno de los tratamientos considerando el aspecto de desarrollo de las plantas; con el fin de evaluar los tratamientos desde el punto de vista de modificación de algunas características químicas indicadoras de acidéz, fueron analizadas una repetición de cada uno de los suelos tratados. Los análisis efectuados fueron los de las características que podrían modificarse al incorporar los mejoradores en estudio, tal es el caso de: % N, P (ppm), pH % M.O., C.I.C.I. cationes cambiables y porcentaje de saturación con base.

La siembra del maíz se hizo en series en varias ocasiones y se regó a saturación, los riegos subsiguientes se daban cuando el suelo se encontraba entre el 15 y 20 % de humedad aprovechable, adicionándose la cantidad de agua para llevar el suelo a capacidad de campo. Las mediciones del contenido de humedad de los suelos se hicieron gravimétricamente (pesando 10 macetas de cada suelo) y las adiciones de agua fueron hechas volumétricamente (adicionando el volumen de agua necesario a cada maceta para llevar el suelo a capacidad de campo).

VII. - RESULTADOS Y DISCUSION

Como se mencionó en el capítulo anterior, para la presente discusión se utilizaron dos criterios diferentes puesto que los resultados obtenidos se evaluaron tanto desde el punto de vista agronómico, como del edafológico. Para el primero de los casos, los parámetros que se usaron fueron la altura y el peso de las plantas de maíz de las dos siembras realizadas, mientras que para el caso del enfoque edafológico se consideraron las modificaciones que sufrieron los suelos estudiados de algunas de sus características físico-químicas; en ambos casos, producto del efecto de los tratamientos probados.

Para hacer la evaluación de los tratamientos se estudió considerando el desarrollo de las plantas como índice de la efectividad de los mismos, los datos de peso seco y altura de las plantas en ambas siembras se analizaron estadísticamente, y en donde hubo niveles de significancia iguales o mayores al 5 % se hizo la separación de medias correspondiente con el fin de conocer cual o cuales de ellos habrían influido de manera significativa en el desarrollo del maíz.

Los resultados de la primer cosecha se muestran en los Cuadros 1 a 4 del Apéndice; de los cuales se desprende que las plantas tuvieron diferente desarrollo en cada uno de los suelos, habiendo sido más altas en los suelos arenoso y arcilloso que en el franco, mientras que las plantas que crecieron en el suelo de "La Venta" (arena) fueron significativamente más pesadas que las que se desarrollaron en los otros dos suelos; en resumen podemos decir que el maíz tuvo un

por desarrollo en el suelo arenoso en la primera parte del experimento.

Respecto al comportamiento de los mejoradores durante la primera siembra, se observó que en los tratamientos que contenían al mejorador orgánico, las plantas eran más vigorosas, más altas, más pesadas y de un verde más intenso que las que se desarrollaron en los tratamientos conteniendo correctores inorgánicos. En la separación de medias realizada (Cuadros 2 y 4 del Apéndice) se nota que esta diferencia en cuanto a altura y peso fué estadísticamente significativa, ya que las medias de los tratamientos con gallinaza estuvieron muy por encima de los promedios de los que contenían a los correctores minerales, debido probablemente a que el mejorador orgánico al ser descompuesto por la microflora y microfauna del suelo generó Amoníaco (NH_3), que al hidrolizarse se transformó a Hidróxido de Amonio (NH_4OH) el cual indujo a la neutralización de los iones ácidos, además que se liberaron una gran cantidad de nutrientes mismos que fueron aprovechados por las plantas; en resumen la gallinaza creó un medio más adecuado para que las plantas crecieran sin limitaciones.

Con el fin de detectar diferencias entre los materiales inorgánicos en estudio, se hizo un análisis de variación aparte sin considerar los tratamientos con gallinaza (Cuadro 9 del Apéndice) el cual denota la falta de significancia entre mejoradores, o sea que los tratamientos con CaCO_3 , $\text{Ca}(\text{OH})_2$ y CaO influyeron de manera similar en el crecimiento del maíz.

En cuanto a la interacción mejorador por suelo, la cual resultó también con un nivel de significancia mayor al 5 % se

desprende que el mejorador que indujo a mayores alturas y pesos en las plantas que se desarrollaron en cada uno de los tres suelos en estudio fué la gallinaza, aunque su influencia fué significativamente mayor sobre el maíz que creció en el suelo arenoso. La acción de los correctores inorgánicos no fué estadísticamente diferente entre sí ni en cada uno de los suelos, lo que nos hace pensar que al principio del proceso de recuperación de un suelo ácido, estos se comportan de manera similar.

La adición de los mejoradores a diferente profundidad no reportó ser significativa durante la primera parte del ensayo, sea que la aplicación de cualquiera de ellos a 0,10 o 20 cm trajo consigo los mismos efectos en relación al desarrollo de las plantas.

Resumiendo lo anterior, podemos asegurar que al principio de la recuperación de un suelo ácido, el mejorador que crea un medio más adecuado para el desarrollo de un cultivo es la gallinaza además que los suelos arenosos son más beneficiados por esta.

Los comentarios que se acaban de hacer son referentes a lo ocurrido en la primera parte del experimento, el efecto de los tratamientos en estudio para la segunda etapa del ensayo se presentan en los Cuadros 5 a 8 del Apéndice, donde se puede observar que en lo referente a altura solo dos de los factores estudiados mostraron niveles de significancia mayores al 5 % mientras que en el análisis de los datos para peso seco resultaron ser seis los factores estadísticamente significativos.

A diferencia de la primera etapa del trabajo en esta ocasión no hubo diferencia significativa entre suelos, aunque la media más alta para estos fué la del arenoso, siguiendole el arcilloso y el más bajo resulto ser el franco; es evidente que se sigue la misma tendencia mencionada al principio.

En lo referente a mejoradores, la gallinaza volvió a ser la que indujo a un mejor desarrollo de las plantas, ya que la media de los tratamientos que la contenían fué estadísticamente diferente a las demás. En cuanto a los mejoradores inorgánicos, tanto el hidróxido (Ca(OH)_2) como el óxido (CaO) de calcio fueron superiores al carbonato (CaCO_3), aunque la diferencia entre el segundo y el tercero no fué significativa. Con el fin de detectar más eficientemente las diferencias entre los correctores minerales probados, se hizo un análisis de variación y separación de medias sin tomar en cuenta los datos de la gallinaza (Cuadro 10 del Apéndice), el cual confirmó los comentarios hechos al respecto en este párrafo.

Se comento que en la primer cosecha realizada, las diferentes profundidades de aplicación de los mejoradores no influyeron significativamente en el desarrollo de las plantas siendo el comportamiento de las mismas diferente en la segunda cosecha, puesto que en esta ocasión el nivel de significancia para este factor fué superior al nivel establecido previamente (5 %). Al respecto podemos asegurar que las plantas que crecieron donde el mejorador se incorporó con los primeros 20 cm de suelo fueron más altas que las que se desarrollaron donde la aplicación fué con los primeros 10 cm o superficial; lo comentado en es

te párrafo es válido para los tres suelos estudiados, ya que la interacción no fué significativa.

Además de todo lo citado hasta aquí, es importante mencionar que las plantas tuvieron mejor desarrollo durante la segunda etapa del experimento, puesto que fueron un 60% más altas y un 50% más pesadas a pesar que ambas se desarrollaron por 45 días; sin duda lo anterior fué debido a que al transcurrir el tiempo los mejoradores neutralizaron al suelo y con esto se creó un medio más adecuado para el crecimiento de las mismas.

Resumiendo lo ocurrido en la segunda parte del ensayo, podemos decir que la gellanina indujo a un mejor desarrollo de las plantas, seguido por el $\text{Ca}(\text{OH})_2$, y el CaO y que la profundidad de aplicación que resultó ser la más eficiente fué de 20 cm.

Para hacer la discusión desde el punto de vista edafico, se consideraron como parámetros de diagnóstico de los tratamientos estudiados a el pH, los cationes alcalinos cambiabiles y al porcentaje de saturación con base (P.S.B.) finales, para cada uno de los suelos problema bajo cada tratamiento así como para el conjunto de los tres.

En los Cuadros 11 a 13 del Apéndice se muestran algunas de las propiedades físico-químicas de cada uno de los suelos estudiados después de haber estado sometidos a la acción de los mejoradores por un lapso de 150 días, en los cuales se puede observar que en uno de ellos incrementó su pH en relación al valor inicial, contenido de cationes alcalinos intercambiabiles, el P.S.B., y se modificaron algunas otras características directamente relacionadas con la fertilidad y con la reacción de los mismos.

Debido a que cada uno de los mejoradores actuó de diferente manera en cada suelo y a que estos últimos se comportaron también de diferente forma de acuerdo a la profundidad de aplicación, se agruparon los valores obtenidos por cada mejorador y profundidad dentro de cada suelo con el fin de detectar que tratamiento neutralizó en mayor medida a cada uno de ellos, resultados se muestran en los Cuadros 18 a 21 del Apéndice. Además, debido a que multiples investigadores de la ciencia del suelo (1) (8) (13) (16) (19) mencionan que el pH de los suelos está sumamente relacionado con el P.S.B., se corrieron las regresiones y correlaciones entre estos dos factores para cada suelo así como para el conjunto con el fin de conocer la medida de la relación entre estos parámetros para este caso en especial, además que se hizo el análisis de variación para cada una de las regresiones y así determinar la eficiencia de las mismas. A continuación se presentan los resultados obtenidos para cada uno de los suelos, y al final se hace un comentario considerandolos todos en conjunto.

10. Suelo arcilloso de " El Saucillo "

De los resultados del análisis físico-químico del suelo presentados en el Cuadro 11 del Apéndice, se desprende que cada uno de los mejoradores y profundidades de aplicación neutralizaron en diferente medida al mismo, habiendo sido el CaO el que llevó a un pH más alto cuando se mezcló con los primeros 20 cm de suelo (7.1), esto como correlaciona con lo asentado en el Cuadro 18 en el cual podemos ver que el óxido de calcio presentó el promedio de pH y P.S.B. más elevado (6.80 y 84.87 respectivamente), además que la profundidad

que reportó mayor eficiencia fué de 20 cm. De la regresión efectuada se desprende que estos dos factores están sumamente correlacionados ($r = 0.87$) y que la ecuación obtenida es muy eficiente para describir el fenómeno en este suelo (Cuadro 14 del Apéndice).

2o. Suelo franco de " Amatitán ".

Los datos resultantes del análisis de laboratorio practicado a este suelo, nos hacen concluir lo asentado en el comentario hecho para el suelo de " El Saucillo ", acerca de que cada mejorador y profundidad influyeron de manera diferente en la corrección de la acidez. En este caso el mejorador que llevó al suelo más cerca de la neutralidad fué el Ca(OH)_2 cuando se aplicó a 20 cm de profundidad ($\text{pH} = 6.7$), lo cual concuerda con los resultados presentados en el Cuadro 19 del Apéndice, del que se desprende que el hidróxido de calcio presentó el promedio de pH y P.S.B. más altos (6.10 y 80.84 respectivamente). También en este caso la correlación entre estos dos parámetros fué buena ($r = 0.77$) y que la ecuación resultante que nos describe dicha relación es eficiente, pues la prueba de " F " resultó ser altamente significativa (Cuadro 15 del Apéndice).

3o. Suelo arenoso de " La Venta ".

Como en los dos casos anteriores, en este suelo también se observó diferencia en cuanto a mejoradores y profundidades de aplicación, lo cual se puede observar en el Cuadro 13 del Apéndice; en este suelo el mejorador que elevó el pH en mayor medida fué el CaO cuando se aplicó a 10 cm de profundidad ($\text{pH} = 6.8$), estos datos concuerdan con los del Cuadro 20 en el cual se observa que este material

presentó los valores de pH más cercanos a la neutralidad (promedio de 6.17) en comparación con los otros mejoradores, así como el P.S.B. más elevado (promedio de 84.17). La correlación entre los parámetros antes citados resultó ser muy alta ($r=.93$) y la prueba de " F " de la regresión indicó que la ecuación es sumamente eficiente por el alto nivel de significancia encontrado (Cuadro 16 del Apéndice).

Es importante señalar que en ninguno de los casos, la adición de gallinaza incrementó significativamente el porcentaje de materia orgánica, aunque si se observaron incrementos en el porciento de nitrógeno total así como en el fósforo aprovechable; también debemos mencionar que la proporción de cada uno de los cationes básicos cambiaron en relación a los demás fué la que cita la literatura, la cual fué:



El resumen de todos los resultados obtenidos se muestra en los Cuadros 17 y 21 del Apéndice, los cuales se pueden sintetizar de la siguiente manera: el mejorador que presentó el promedio de pH y P.S.B. más elevados fué el Ca(OH)_2 (6.32 y 81.12 respectivamente). por otro lado el material que mostró menos eficiencia para neutralizar el suelo fué el CaCO_3 , puesto que presentó los valores de pH y P.S.B. más bajos promedios del orden de 5.9 y 70.02 respectivamente; la profundidad de aplicación que resultó con medias de los parámetros aquí utilizados más altas fué la de 20 cm, siguiendole la de 10 cm y la menos eficiente fué la aplicación superficial. También podemos asegurar que el P.S.B. y el pH del suelo están mucho muy relacionados ($r=.803$), tal como lo demuestra la regresión realizada con las 36 observaciones.

VIII. - CONCLUSIONES

En función de los resultados obtenidos del presente trabajo de investigación podemos decir que:

- I. - La textura de los suelos está sumamente relacionada con las necesidades de cal de los mismos, así como en el lapso de tiempo que se requiere para neutralizarlo, puesto que a mayor contenido de arcillas el requerimiento de base es mayor, y por ende la velocidad de reacción es también más grande; los suelos arenosos a pesar de tener requerimientos de cal más bajos necesitan más tiempo para su neutralización.
- II. - Desde el punto de vista agronómico el mejorador que reportó más eficiencia fué la gallinaza, ya que las plantas que se desarrollaron donde ésta se encontraba fueron más altas, más verdes y más vigorosas. Considerando el aspecto edáfico el material que indujo a un mayor grado de neutralidad a los suelos en estudio fué la cal apagada ($\text{Ca}(\text{OH})_2$), quizá porque este material es más soluble que los otros (CaCO_3 y CaO) y en consecuencia hay una mayor abundancia del ión Ca^{++} que desplaza a los iones ácidos del complejo de intercambio.
- III. - Para los suelos con altos contenidos de arcilla, la profundidad de aplicación que reportó los mejores resultados fué la de 20 cm, mientras que para los suelos arenosos el mezclar el mejorador con los primeros 10 cm indujo al máximo grado de neutralización.

alcanzado por ese suelo, debido a que en los suelos arenosos la circulación del agua es más eficiente que en los arcillosos, por ende la distribución del mejorador.

IV. - Se notó un incremento en el porcentaje de nitrógeno total, y fósforo aprovechable a medida que el suelo se neutralizó.

V. - Se puede asegurar que el P.S.B. es un buen índice de las necesidades de base de un suelo ácido, y que con valores de P.S.B. entre 80 y 90 se alcanza el rango de neutralidad (pH entre 6.5 y 7.5) óptimo para el buen desarrollo de la gran mayoría de los cultivos.



ESCUELA DE AGRICULTURA
BIBLIOTECA

IX. - LITERATURA CONSULTADA

1. - BEAR, F. E. Química de suelos. 1a. Edición. Ediciones Interciencia. Madrid, España. 1963.
2. - BELVINS, R. L. ET AL. Effect on lime applications on no-tillage and conventionally tilled corn. *Agronomy Journal* 70:322-326, 1978.
3. - BLACK, C. A. Soil-plant relationships. 2nd. Edition. John Wiley and Sons. New York. 1968.
4. - BUCKMAN, H. O. AND BRADY, N. C. The nature and properties of soils. 6th. Edition. MacMillan Co., New York. 1966.
5. - CAJUSTE, L. J. Química de suelos con un enfoque agrícola. 1er. Edición. Editorial C. P., Chapingo, México. 1977.
6. - COCHRAN, W. G. Y COX, G. M. Diseños experimentales. 1er. Edición. Editorial Trillas. México. 1976.
7. - DUHNE, C. ET AL. Química general y orgánica. 1er. Edición. Mc-Graw-Hill Book Co., México. 1972.
8. - FASSBENDER, H. W. Química de suelos; con énfasis en suelos de América Latina. IICA. Turrialba, Costa Rica. 1975.
9. - JENNY, H. Reflections on the soil acidity merry-go-round. *S.S.S. A. Procc.* 25:428-432, 1961.
10. - KAUFFMAN, M. D. AND GARDNER, F. H. Segmental liming of the soil and its effect on the growth of wheat. *Agronomy Journal* 70:331-336, 1978.
11. - MILLAR, C.E. ET AL. Fundamentos de la ciencia del suelo. 1er. Edición. CECOSA. México. 1975.
12. - MOSCHLER, W. W. ET AL. Residual soil fertility in corn grown in fields with conventionally tillage and no-tillage methods. *Agronomy Journal* 67:45-48, 1975.
13. - PRATT, P. F. AND ALVAHYDO, R. Cation exchange characteristics of soils of Sao Paulo. I.R.I. Research Institute. Sao Paulo. Brasil. Report No. 31, 20 p. 1966.

14. - ROBINSON, G. W. Los suelos. 2a. Edición. Editorial Omega. Madrid, España. 1960.
15. - RORISON, I. H. Ecological aspects of the mineral nutrition of plants. Blackwell Scientific Publications. Oxford, England. 1968.
16. - RUSSELL, E. W. Soil conditions and plant growth. 9 th Edition. Longmans, Green Co. and L.T.D. England. 1961.
17. - SANCHEZ, S. F. Efecto de varios mejoradores de suelo y abonos orgánicos sobre las características del cultivo del trigo bajo condiciones de invernadero. Tesis Profesional. Escuela de Agricultura. Universidad de Guadalajara, Guadalajara, México.
18. - SANTANA, P. C. A. El estiercol: fertilizante y mejorador del suelo. Tesis Profesional. Escuela de Agricultura. Universidad de Guadalajara. Guadalajara, México. 1975.
19. - TISDALE, S.L. Y NELSON, W. L. Fertilidad de suelos y fertilizantes. Editorial Montaner y Simón. Barcelona, España. 1966.
20. - WOOD, J. H. ET AL. Química general. Ediciones Harla. México. 1974.



ESCUELA DE AGRICULTURA
BIBLIOTECA

X. - A P E N D I C E

C L A V E S

I. - SUELOS

R = Arcilloso

C = Franco

A = Arenoso

II. - MEJORADORES

1 = Carbonato de Calcio CaCO_3

2 = Oxido de Calcio CaO

3 = Hidróxido de Calcio Ca(OH)_2

4 = Materia Orgánica Gallinaza

III. - PROFUNDIDADES

a = Superficial

b = 10 cm

c = 20 cm

CUADRO NO. 1 - ALTURA DE PLANTAS DE LA PRIMER COSECHA.
U. DE G., E.A.G., SUELOS. 1978.

Suelo	Mejorador	Profundidad cm	I	II	III	IV	Totales	\bar{x}
ARCILLOSOS	CaCO ₃	0	64.10	80.20	75.30	61.10	280.90	70.2250
		10	65.50	72.20	53.10	61.90	252.70	63.1750
		20	84.20	74.20	66.60	67.10	292.10	73.0250
			213.80	226.60	195.20	190.10	825.70	68.8000
	CaO	0	74.10	75.60	86.30	74.60	310.60	77.6500
		10	84.70	78.46	84.40	66.30	313.86	78.4650
		20	69.60	76.30	60.60	68.83	275.33	68.8325
			228.40	230.36	231.30	209.73	899.79	74.9725
	Ca(OH) ₂	0	84.30	68.60	68.00	58.30	279.20	69.8000
		10	69.20	87.10	69.40	50.80	276.50	69.1250
		20	78.10	69.40	64.90	50.00	262.40	65.6000
			231.60	225.10	202.30	159.10	818.10	68.1750
	Gallinaza	0	116.70	118.40	88.00	89.10	412.20	103.0500
		10	130.80	128.40	114.10	116.70	490.00	122.5000
		20	125.40	112.60	102.30	94.60	434.90	108.7250
			372.90	359.40	304.40	300.40	1337.10	111.4250
			1046.70	1041.46	933.20	859.33	3880.69	80.8175
	FRANCOS	CaCO ₃	0	44.40	52.80	57.27	74.50	228.97
10			51.20	53.20	52.40	62.40	219.20	54.8000
20			65.80	68.74	78.20	62.20	274.94	68.7350
			161.40	174.74	187.87	199.10	723.11	61.9258
CaO		0	56.20	60.40	42.00	52.60	211.20	52.8000
		10	77.00	77.20	69.70	54.90	278.80	69.7000
		20	76.10	65.40	54.50	65.60	261.60	65.4000
			209.30	203.00	166.20	173.10	751.60	62.8000
Ca(OH) ₂		0	67.60	64.60	42.90	51.00	226.10	56.5250
		10	51.40	48.30	71.90	61.40	233.00	58.2500
		20	76.40	75.40	60.60	45.40	257.80	64.4500
			195.40	188.30	175.40	157.80	716.90	59.7417
Gallinaza		0	73.00	97.80	104.10	112.00	386.90	96.7250
		10	87.00	85.30	118.40	97.80	388.50	97.1250
		20	52.50	117.80	129.80	92.80	392.90	98.2250
			212.50	300.90	352.30	302.60	1168.30	97.3500
			778.60	866.94	881.77	832.60	3359.84	69.7500
ARENOSOS		CaCO ₃	0	62.60	56.40	77.40	93.60	290.00
	10		69.00	84.60	77.10	57.30	288.00	72.0000
	20		65.20	79.40	79.10	75.80	299.50	74.8750
			196.80	220.40	233.60	226.70	877.50	73.1250
	CaO	0	57.70	64.30	58.40	63.20	243.60	60.9000
		10	53.50	75.80	78.50	58.00	265.80	66.4500
		20	62.20	78.90	69.30	52.20	262.60	65.6500
			173.40	219.00	206.20	173.40	772.00	64.3333
	Ca(OH) ₂	0	74.00	72.00	72.30	71.00	289.30	72.3250
		10	54.60	79.80	76.50	66.90	277.80	69.4500
		20	74.00	76.30	69.00	63.50	282.80	70.7000
			202.60	228.10	217.80	201.40	849.90	70.8250
	Gallinaza	0	134.90	157.00	133.40	127.50	552.80	138.2000
		10	116.40	117.20	134.10	128.00	495.70	123.9250
		20	127.10	125.30	151.80	106.40	510.60	127.6500
			378.40	399.50	419.30	361.90	1559.10	127.0750
			951.20	1067.00	1076.90	963.40	4058.50	84.3500
			2776.50	2975.40	2891.87	2655.33	11299.10	74.4000

CUADRO No. 2 ANALISIS DE VARIANZA Y SEPARACION DE MEDIAS PARA LA ALTURA DE PLANTAS DE LA 1ER. COSECHA. U. DE G. E.A.G. SUELOS 1978.

F. V.	G. L.	S. C.	C. M.	F. c.	F. r.	
					05	01
REPETICION	3	1617.5538	539.1846	1.56 NS	4.76	9.78
SUELO	2	5382.2637	2741.1318	7.94 *	5.14	10.92
Ea	6	2071.8000	345.3000			
MEJORADOR	3	56952.5720	18984.1900	100.00 **	2.96	4.60
M X S	6	3828.7001	638.11668	3.36 *	2.46	3.56
E b	27	5125.6587	189.83921			
PROFUNDIDAD	2	101.0970	50.54850	0.489 NS	3.13	4.92
P X S	4	700.8724	175.21810	1.69 NS	2.50	3.60
P X M	6	816.7876	136.13126	1.31 NS	2.23	3.07
P X S X M	12	1406.6499	117.22082	1.13 NS	1.89	2.45
E c	72	7441.6861	103.3567			
TOTAL	143	85545.640				

C. V. = 23.68 %

C.V. = 17.56 %

C.V. = 12.96 %

Debido a que el diseño utilizado tiene dividido el error experimental en tres fracciones, la distribución entre la diferencia de medias no sigue la distribución de t de student; el nivel de significancia se obtiene de acuerdo a la técnica propuesta por Cochran y Cox (p. 126).

$$t' = \frac{W_a T_a + W_b T_b + W_c T_c}{W_a + W_b + W_c} \quad \text{de donde: } W_a = \frac{CME_a}{r}$$

$$W_b = \frac{CME_b}{r}$$

$$W_c = \frac{CME_c}{r}$$

$$t' = \frac{(9.29)(2.447) + (47.4598)(2.052) + (25.839)(1.95996)}{9.29 + 47.4598 + 25.839}$$

$$t' = 2.067$$

10. Separación de medias de suelos:

$$DMS = t'x \sqrt{2Ea/r. m. p.}$$

$$DMS = 2.067 x \sqrt{2(345.3)/4x3x4} = 7.84$$

$$\bar{X} \text{ Franco} = 69.9966 \quad a$$

$$\bar{X} \text{ Arcilla} = 80.8477 \quad b$$

$$\bar{X} \text{ Arena} = 84.5520 \quad b$$

NOTA: Los tratamientos con la misma letra no son estadísticamente diferentes al .05 de probabilidad.

2o. Separación de medias de mejoradores

$$DMS = t' \times \sqrt{2Eb / r.s.p.}$$

$$DMS = 2.067 \times \sqrt{2(189.83921) / 4 \times 3 \times 3} = 6.7127$$

$$\bar{X} \text{ Gallinaza} = 112.9020 \quad a$$

$$\bar{X} \text{ CaCO}_3 = 67.3970 \quad b$$

$$\bar{X} \text{ CaO} = 67.3160 \quad b$$

$$\bar{X} \text{ Ca(OH)}_2 = 66.2472 \quad b$$

3o. Separación de medias de la interacción (MXS)

3a. Comparación tipo: (S.Mo - S.M₁)

$$DMS = t' \times \sqrt{2Eb / r.p.}$$

$$DMS = 2.067 \times \sqrt{2(189.83921) / 4 \times 3} = 11.6267$$

ARENA	FRANCO	ARCILLA
Gallinaza = 129.925 a	Gallinaza = 111.425 a	Gallinaza = 97.3583 c
CaCO ₃ = 73.125 b	CaO = 74.9825 b	CaO = 62.6333 a
Ca(OH) ₂ = 70.825 b	CaCO ₃ = 68.8073 b	CaCO ₃ = 60.2591 b
CaO = 64.333 b	Ca(OH) ₂ = 68.1750 b	Ca(OH) ₂ = 59.7416 a

3b. Comparación tipo: (S₁ M₁ - S. M₁)

$$DMS = t' \times \sqrt{2(M-1)Eb + Ea / r.m.p.}$$

$$DMS = 2.067 \times \sqrt{2(3)(129.8391) + 345.3 / 4 \times 4 \times 3} = 11.4944$$

<u>Gallinaza</u>	<u>CaCO₃</u>	<u>Ca(OH)₂</u>	<u>CaO</u>
A = 129.925 a	A = 73.125 a	A = 70.825 a	C = 74.9825 a
C = 111.425 b	C = 68.8033 ab	C = 68.175 a	R = 64.3333 b
R = 97.3583 c	R = 60.2591 b	R = 59.7416 a	A = 62.6333 a

CUADRO No. 3 PESO EN SECO DE LAS PLANTAS DE MAIZ DE LA IER. COSECHA. U. DE G., E.A.G. SUELOS, 1978

Suelo	Mejorador	Profundidad cm	I	II	III	IV	Totales	X
ARCILLOSO	CaCO ₃	0	1.00	1.65	0.97	0.73	4.350	1.0875
		10	0.80	1.80	1.60	0.70	4.90	1.225
		20	0.90	3.30	3.15	1.20	8.55	2.1375
			2.70	6.75	5.72	2.63	17.80	4.5375
	CaO	0	1.55	1.75	2.45	1.30	7.05	1.7625
		10	1.10	5.10	2.60	0.77	9.57	2.3925
		20	1.50	1.58	2.35	1.81	7.24	1.8100
			4.15	8.43	7.40	3.88	23.86	6.0050
	Ca(OH) ₂	0	0.80	3.60	2.50	1.15	8.05	2.0125
		10	1.30	3.70	1.30	2.10	8.40	2.1000
		20	1.05	3.20	2.00	2.08	8.33	2.0825
			3.15	10.50	5.80	5.33	24.78	6.1950
	Gallinaza	0	9.00	20.90	16.30	3.30	49.50	12.3750
		10	5.90	26.19	19.63	8.70	60.42	15.1050
		20	7.15	9.30	7.10	3.60	27.15	6.7875
		22.05	56.39	43.03	15.60	137.07	34.2675	
		32.05	82.07	61.95	27.44	203.51	51.3775	
FRANCO	CaCO ₃	0	0.72	0.88	0.78	0.76	3.14	0.7850
		10	0.88	1.38	1.30	0.87	4.33	1.0825
		20	2.03	2.34	2.04	1.66	8.07	2.0175
			3.63	4.60	4.02	3.29	15.54	3.8850
	CaO	0	1.37	1.69	2.38	1.34	6.78	1.6950
		10	1.35	1.73	1.58	0.75	5.41	1.3525
		20	2.70	2.74	3.36	2.07	10.87	2.7175
			5.42	6.16	7.32	4.16	23.06	5.7650
	Ca(OH) ₂	0	0.58	2.83	1.40	0.88	5.69	1.4225
		10	0.71	1.67	1.04	0.90	4.32	1.0800
		20	3.03	4.40	3.48	2.73	13.64	3.4100
			4.32	8.90	5.92	4.51	23.65	5.9125
	Gallinaza	0	14.87	17.16	16.22	16.65	64.90	16.2225
		10	8.87	11.60	11.28	8.48	40.23	10.0575
		20	9.90	20.57	14.29	9.40	54.16	13.5400
		33.64	49.33	41.79	34.53	159.29	40.2200	
		47.01	68.99	59.05	46.49	221.54	55.3825	
ARENOSO	CaCO ₃	0	0.90	0.80	2.40	3.59	7.69	1.9225
		10	1.70	3.50	1.80	1.00	8.00	2.0000
		20	2.10	3.05	2.90	2.68	10.73	2.6825
			4.70	7.35	7.10	7.27	26.42	6.6050
	CaO	0	1.10	1.60	1.40	1.70	5.80	1.4500
		10	1.10	2.50	1.98	1.65	7.23	1.8075
		20	1.10	2.60	1.30	2.60	7.60	1.9000
			3.30	6.70	4.68	5.95	20.63	5.1575
	Ca(OH) ₂	0	1.05	2.06	1.80	2.00	6.91	1.7275
		10	1.30	2.50	1.99	1.25	7.04	1.7600
		20	2.60	3.80	1.60	2.00	10.00	2.5000
			4.95	8.36	5.39	5.25	23.95	6.0075
	Gallinaza	0	29.50	34.97	20.80	12.10	97.37	24.3425
		10	22.50	21.47	22.37	14.80	81.14	20.2850
		20	22.00	15.47	52.80	12.10	102.37	25.5925
		74.00	71.91	95.97	39.00	250.88	63.2200	
		86.95	94.32	113.14	57.47	351.88	87.9700	
		166.01	245.38	234.14	131.40	776.93	194.2325	

CUADRO No. 4 ANALISIS DE VARIANZA Y SEPARACION DE MEDIAS PARA LOS PESOS EN SECO DE LAS PLANTAS DE MAIZ DE LA 1ER. COSECHA. U. DE G. E.A.G. SUELOS 1978.

F. V.	G. L.	S. C.	C. M.	F. c.	F. r.	
					05	01
REPETICION	3	248.69745	82.89915	6.16 *	4.76	9.78
SUELO	2	273.10594	136.55297	10.15 *	5.14	10.92
Ea	6	80.66048	13.443413			
MEJORADOR	3	5435.3912	1811.7970	73.82 **	2.96	4.60
M X S	6	731.78283	121.9638	4.96 **	2.46	3.56
Eb	27	662.6071	24.541003			
PROFUNDIDAD	2	10.132839	5.0664195	0.36 NS	3.13	4.92
P X S	4	82.386764	20.596691	1.48 NS	2.50	3.60
P X M	6	53.201636	8.8669393	0.63 NS	2.23	3.07
P X S X M	12	163.16886	13.597405	0.97 NS	1.89	2.15
Ec	72	1001.39260	13.90823			
TOTAL	143	8742.5276				

C. V. = 67.95 %

C. V. = 91.81 %

C. V. = 69.12 %

Cálculo del nivel de significancia: t'

$$t' = \frac{(3.361)(2.447) + (6.13525)(2.052) + (3.447)(1.95996)}{3.361 + 6.13525 + 3.447} = 2.134$$

1o. Diferencia entre dos medias de suelo:

$$DMS = t' \times \sqrt{2Ea/r.m.p.}$$

$$DMS = 2.134 \times \sqrt{2(13.443)/4 \times 4 \times 3} = 1.5971$$

Arena = 7.3308 a

Franco = 4.6154 b

Arcilla = 4.2397 b

2o. Diferencia entre medias de mejorador

$$DMS = t' \times \sqrt{2Eb/r.s.p.}$$

$$DMS = 2.134 \times \sqrt{2(24.541)/4 \times 3 \times 3} = 4.316$$

\bar{X} CaCO₃ = 1.6479 a

\bar{X} CaO = 1.87633 a

\bar{X} Ca(OH)₂ = 2.0105 a

\bar{X} Gallinaza = 16.0344 b

3o. Diferencia de medias de la interacción (MXS)

3a. Comparación tipo: (S.M₁ - S.M.)

$$DMS = t' \times \sqrt{2Eb/r.p.}$$

$$DMS = 2.134 \times \sqrt{2(24.541)/4 \times 3} = 4.3158$$

NOTA: Los tratamientos con la misma letra no son estadísticamente diferentes al .05 de probabilidad.

ARENA		FRANCO		ARCILLA	
Gallinaza	- 23.4066 a	Gallinaza	- 13.2741 a	Gallinaza	- 11.4225 a
CaCO	- 2.2016 b	Ca(OH) ₂	- 1.9708 b	Ca(OH) ₂	- 2.0650 b
Ca(OH) ₂	- 1.9958 b	CaO	- 1.9216 b	CaO	- 1.9883 b
CaO	- 1.7191 b	CaCO ₃	- 1.2950 b	CaCO ₃	- 1.4833 b

3b. Comparación tipo: (S₁M₁ - S.M₁)

$$DMS = t' \times \sqrt{2(M-1)(Eb)+Ea/r. m. p.}$$

$$DMS = 2.134 \times \sqrt{2(3)(24.541)+(13.4434)/4 \times 4 \times 3} = 3.905$$

CaCO ₃		CaO		Ca(OH) ₂		Gallinaza	
A	- 2.2016 a	R	- 1.9883 a	R	- 2.0650 a	A	- 23.4066 a
R	- 1.4833 a	C	- 1.9216 a	A	- 1.9958 a	C	- 13.2741 b
C	- 1.2950 a	A	- 1.7191 a	C	- 1.9708 a	R	- 11.4225 b

CUADRO No. 5 ALTURA DE LAS PLANTAS DE LA 2A. COSECHA.
U. DE G., E.A.G., SUELOS. 1978.

Suelo	Mejorador	Profundidad cm	I	II	III	IV	Totales	X
ARCILOS	CaCO ₃	0	91	105	119	83	398.00	99.50
		10	138	150.5	124	137.5	550.00	137.50
		20	119.8	149	127.3	118	514.10	128.525
			348.8	404.50	370.3	338.5	1462.1	121.841
	CaO	0	100	122	136	104.4	462.4	115.60
		10	139	160.4	127.4	117.3	544.1	136.025
		20	114.4	147.2	135.2	86.7	483.1	120.775
			353.4	429.6	398.6	308.5	1490.1	124.175
	Ca(OH) ₂	0	123	137	121	116	497.0	124.25
		10	133	105	151.8	97	486.8	121.70
		20	137.4	160.4	101.7	85.6	485.1	121.275
			393.4	402.4	374.5	298.6	1468.9	122.75
Gallinaza	0	151	163	142	115	571.0	142.75	
	10	140	163	157	141	601.0	150.25	
	20	149.4	148.2	118.6	116.3	532.5	133.125	
		440.4	474.2	417.6	372.3	1704.5	142.041	
		1536.0	1710.7	1561.0	1317.9	6125.6	121.717	
FRANCO	CaCO ₃	0	74.4	98.6	109.5	57.2	339.7	84.925
		10	112.2	74.5	138.1	88.8	413.6	103.40
		20	110.9	148.7	127.1	107.8	494.5	123.625
			297.5	321.8	374.7	253.8	1247.8	107.975
	CaO	0	97.3	116.1	131.4	92.3	437.10	109.275
		10	93.6	110	87.3	77.1	368.0	92.0
		20	135.9	162.5	132.7	128.4	559.5	139.875
			326.8	388.6	351.4	297.8	1364.6	107.7
	Ca(OH) ₂	0	97.3	135	135.4	95.9	463.60	115.90
		10	67.2	116.9	131.5	85.7	401.30	100.325
		20	151.1	140.4	134.7	121.9	548.10	137.025
			315.6	392.3	401.6	303.5	1413.0	117.75
Gallinaza	0	128	142.7	124.5	116.8	512.0	128.0	
	10	129.2	172.7	142.8	138.4	583.1	145.775	
	20	107.7	130.4	120.8	119.7	478.6	119.275	
		364.9	445.8	388.1	374.9	1573.7	131.041	
		1304.8	1548.5	1515.8	1230.0	5599.1	116.54	
ARENOSO	CaCO ₃	0	96.5	114.7	121.9	96.9	430.0	107.75
		10	127.2	128.4	115.5	79	450.1	112.525
		20	125	121.6	97.3	128.2	472.1	108.025
			348.7	364.7	334.7	304.1	1352.2	112.575
	CaO	0	139	118	124.2	112.4	493.60	123.40
		10	141.6	123.1	140.4	143.4	548.50	137.125
		20	122.8	150	137.2	156.6	566.6	141.525
			403.4	391.1	401.8	412.4	1608.7	154.025
	Ca(OH) ₂	0	118	123	137.3	135.9	514.2	128.55
		10	105.6	132.2	152	156.1	545.9	136.475
		20	117.7	152.9	157.5	134.3	562.4	140.575
			341.3	408.1	446.8	426.3	1622.5	135.075
Gallinaza	0	143.9	152.5	93.2	151.8	541.4	135.075	
	10	120.9	176.1	148.1	148.1	593.20	147.575	
	20	124.2	158.7	143.2	144.2	570.3	142.575	
		389.0	487.3	384.5	444.1	1704.9	142.075	
		1482.4	1651.2	1567.8	1586.9	6288.3	155.725	
		4323.2	4910.4	4644.6	4134.8	18013.0	155.725	

CUADRO No. 6 ANALISIS DE VARIANZA Y SEPARACION DE MEDIAS DE LAS ALTURAS DE PLANTAS DE LA 2A. COSECHA. U. DE G. E.A.G., SUELOS.1978.

F. V.	G. L.	S. C.	C. M.	F. c.	F. r.		
					05	01	
REPETICION	3	9831.305	3277.1016	4.85 *	4.76	9.78	
SUELO	2	5407.504	2703.752	4.004 NS	5.14	10.92	
Ea	6	4051.464	675.244				C.V. = 20.77 %
MEJORADOR	3	11846.148	3948.716	15.3145**	2.96	4.60	
M X S	6	1904.528	317.42133	1.23 NS	2.46	3.56	
Eb	27	6961.711	257.84114				C.V. = 12.84 %
PROFUNDIDAD	2	3918.96	1959.48	4.23 *	3.13	4.92	
P X S	4	3658.645	914.66125	1.977 NS	2.50	3.60	
P X M	6	5465.049	910.8415	1.9692 NS	2.23	3.07	
P X S X M	12	4921.058	410.08816	0.8866 NS	1.89	2.45	
Ec	72	33302.372	462.53294				C.V. = 17.19 %
TOTAL	143	91268.69					

Cálculo del nivel de significancia: t'

$$t' = \frac{W1T1 + W2T2 + W3T3}{W1 + W2 + W3}$$

$$t' = \frac{(168.811)(2.447) + (64.461)(2.052) + (115.6332)(1.95996)}{168.811 + 64.461 + 115.6332} = 2.213$$

1o. Separación de medias de mejorador

$$DMS = t' \times \sqrt{2Eb/r.s.p.}$$

$$DMS = 2.213 \times \sqrt{2(257.84114)/4 \times 3 \times 3} = 8.375$$

$$\text{Gallinaza} = 138.419 \quad a$$

$$\text{Ca(OH)}_2 = 125.120 \quad b$$

$$\text{CaO} = 121.060 \quad bc$$

$$\text{CaCO}_3 = 112.830 \quad c$$

2o. Separación de medias de profundidad

$$DMS = t' \times \sqrt{2Ec/r.s.m.}$$

$$DMS = 2.213 \times \sqrt{2(462.53294)/4 \times 3 \times 4} = 9.715$$

$$A \ 20 \text{ cm} = 129.7271 \quad a$$

$$A \ 10 \text{ cm} = 126.7833 \quad ab$$

$$\text{Superficial} = 117.9160 \quad b$$

NOTA: Los tratamientos con la misma letra no son estadísticamente diferentes al .05 de probabilidad.

CUADRO No. 7 PESO EN SECO DE LAS PLANTAS DE MAIZ DE LA 2A. COSECHA U. DE G., E.A.G. SUELOS 1978.

Suelo	Mejorador	Profundidad cm	I	II	III	IV	Totales
ARCILLOSOS	CaCO ₃	0	1.60	3.80	2.55	1.30	9.25
		10	2.69	3.75	3.65	3.36	13.45
		20	2.25	3.30	7.90	3.50	16.95
			6.54	10.85	14.10	8.16	39.65
	CaO	0	2.70	4.65	5.00	2.45	14.80
		10	3.90	2.40	6.45	3.69	16.44
		20	8.80	4.05	4.00	4.00	20.85
			15.4	11.10	15.45	10.14	52.09
	Ca(OH) ₂	0	7.25	3.70	3.25	2.90	17.10
		10	6.30	4.50	2.00	3.50	16.30
		20	2.50	10.00	11.10	2.15	25.75
			16.05	18.20	16.35	8.55	59.15
	Gallinaza	0	7.70	6.89	8.05	7.80	30.44
		10	19.90	11.45	11.25	6.35	48.95
		20	2.30	9.20	3.80	6.70	22.00
			29.90	27.54	23.10	20.85	101.39
			67.89	67.69	69.00	47.70	252.28
	FRANCOS	CaCO ₃	0	2.75	3.20	2.70	2.30
10			3.20	2.05	3.70	3.90	12.85
20			4.75	4.90	3.40	5.90	18.95
			10.70	10.15	9.80	12.10	42.75
CaO		0	2.25	2.60	5.20	2.00	12.05
		10	1.25	0.85	1.60	0.95	4.65
		20	4.65	6.10	13.00	4.30	28.05
			8.15	9.55	19.80	7.25	44.75
Ca(OH) ₂		0	3.50	2.80	2.90	1.60	10.80
		10	4.45	2.90	4.50	4.90	16.75
		20	4.90	6.10	4.05	4.20	19.25
			12.85	11.80	11.45	10.70	46.80
Gallinaza		0	5.05	8.00	2.90	4.20	20.15
		10	8.20	23.20	10.45	10.75	52.60
		20	6.50	4.40	9.15	5.90	25.95
			19.75	35.60	22.50	20.85	98.70
			51.45	67.10	63.55	50.90	233.00
ARENOSOS		CaCO ₃	0	1.70	4.85	1.70	3.80
	10		2.90	3.75	1.25	2.10	10.00
	20		6.40	5.80	3.35	3.20	18.75
			11.00	14.40	6.30	9.10	40.80
	CaO	0	4.20	2.90	2.75	1.90	11.75
		10	6.15	5.20	5.35	4.20	20.90
		20	11.29	12.50	6.15	6.95	36.89
			21.64	20.60	14.25	13.05	69.54
	Ca(OH) ₂	0	2.90	3.80	4.00	3.80	14.50
		10	6.15	5.20	5.35	4.20	20.90
		20	5.60	7.25	10.60	8.30	31.75
			14.65	16.25	19.95	16.30	67.15
	Gallinaza	0	7.05	7.10	7.20	8.10	29.45
		10	6.80	15.65	9.70	8.45	40.60
		20	10.10	16.70	29.00	22.10	77.90
			23.95	39.45	45.90	38.65	147.95
			71.24	90.70	86.40	77.10	325.44
			190.58	225.49	218.95	175.70	810.72

CUADRO No. 8 ANALISIS DE VARIACION Y SEPARACION DE MEDIAS DE LOS PESOS EN SECO DE LAS PLANTAS DE MAIZ DE LA 2A. COSECHA. U. DE G., - E.A.G., SUELOS. 1978.

F. V.	G. L.	S. C.	C. M.	F. c.	F. r.	
					05	01
REPETICION	3	46.09276111	15.3642537	5.45 *	4.76	9.78
SUELO	2	99.09206666	49.5460333	17.59 **	5.14	10.92
Ea	6	16.89497223	2.8158287			
MEJORADOR	3	823.3129556	274.4376519	36.56 *	2.96	4.60
M X S	6	73.65611107	12.27601851	1.63 NS	2.46	3.56
Eb	27	202.6552	7.50574814			
PROFUNDIDAD	2	234.1326042	117.066302	15.49 **	3.13	4.92
P X S	4	158.5793416	39.64483	5.24 **	2.50	3.60
P X M	6	128.8334069	21.47223448	2.84 **	2.23	3.07
P X S X M	12	290.307864	24.192322	3.20 **	1.89	2.45
Ec	72	543.7971163	7.55273772			
TOTAL	143	2617.3544				

C. V. = 29.80 %

C. V. = 48.66 %

C. V. = 48.81 %

Cálculo del nivel de significancia t'

$$t' = \frac{W_1 T_1 + W_2 T_2 + W_3 T_3}{W_1 + W_2 + W_3}$$

$$t' = \frac{(0.7039571)(2.447) + (1.876437)(2.052) + (1.8881844)(1.95996)}{0.7039571 + 1.876437 + 1.8881844}$$

1o. Separación de medias entre suelos:

$$DMS = t' \times \sqrt{2CMEa/r. m. p.}$$

$$DMS = 2.075 \times \sqrt{2(2.8158287)/4 \times 4 \times 3} = 0.71075$$

ARENA = 6.7800 a

ARCILLA = 5.2558 ab

FRANCO = 4.8541 b

2o. Separación de medias entre mejoradores:

$$DMS = t' \times \sqrt{2CMEb/ r. s. p.}$$

$$DMS = 2.075 \times \sqrt{2(7.50574814)/4 \times 3 \times 3} = 1.3399$$

GALLINAZA = 9.6677 a

Ca(OH)₂ = 4.8083 b

CaO = 4.6216 b

CaCO₃ = 3.4222 b

3o. Separación de medias entre profundidades:

$$DMS = t' \times \sqrt{2CMEc/r. s. m.}$$

$$DMS = 2.075 \times \sqrt{2(7.55273772)/4 \times 3 \times 4} = 1.1640$$

A 20 cm = 7.146 a

A 10 cm = 5.716 b

Superficial = 4.027 c

4o. Separación de medias de la interacción P X S

4.1 Comparación tipo: (S1 P1 - S1 P.)

$$DMS = t' \times \sqrt{2Ec / rm}$$

$$DMS = 2.075 \times \sqrt{2(7.552) / 4 \times 4} = 2.016$$

S U E L O						PROFUNDIDAD
<u>ARENA</u>		<u>LIMO</u>		<u>ARCILLA</u>		
4.2343	a	3.3719	a	4.4744	a	Superficial
5.7750	a	5.4281	b	5.9463	a	10 cm
10.3306	b	5.7625	b	5.3469	a	20 cm

4.2 Comparación tipo : (S1 P1 - S. P1)

$$DMS = t' \times \sqrt{2 [(p - 1) Ec + Ea] / r m p}$$

$$DMS = 1.4276$$

P R O F U N D I D A D

<u>SUPERFICIAL</u>		<u>10 CENTIMETROS</u>		<u>20 CENTIMETROS</u>	
3.3719	C a	5.4281	C a	5.3469	R a
4.2343	A ab	5.7750	A a	5.7625	C a
4.4744	R b	5.9463	R a	10.3306	A b

5o. Separación de medias de la interacción P X M

5.1 Comparación tipo: (P1M1 - P1M.)

$$DMS = t' \times \sqrt{2 (P - 1) Ec + Eb / r s p}$$

$$DMS = 2.1739$$

MEJORADOR	P R O F U N D I D A D		
	Superficial	10 cm	20 cm
CaCO ₃	2.6875 a	3.025 a	4.5542 a
CaO	2.4125 a	3.4992 a	7.1492 b
Ca(OH) ₂	3.5333 a	4.4958 a	6.3958 c
Gallinaza	6.6700 b	11.8458 b	10.4875 d

5.2 Comparación tipo: (P₁M₁ - P.M₁)

$$DMS = t \times \sqrt{2Ec/r.s}$$

$$DMS = 2.6120$$

PROFUNDIDAD	M E J O R A D O R E S			
	CaCO ₃	CaO	Ca(OH) ₂	Gallinaza
Superficial	2.6875 a	2.4125 a	3.5333 a	6.6700 a
10 cm	3.025 a	3.4992 a	4.4958 a	11.8458 b
20 cm	4.5542 a	7.1492 b	6.3958 b	10.4875 b

60. Separación entre medias de la interacción P X S X M

6.1 Comparación tipo: (S₁M₁P₁ - S₁M₁P.)

$$DMS = t' \times \sqrt{2 Ec/ r} = 4.0323$$

	A ₁	A ₂	A ₃	A ₄
Superficial	3.0125 a	2.9375 a	3.6250 a	7.3625 a
10 cm	2.5000 a	5.2250 ab	5.2250 ab	10.1500 a
20 cm	4.6875 a	9.2225 b	7.9375 b	19.4750 b

	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄
Superficial	2.7375 a	3.0125 ba	2.7000 a	5.0375 a
10 cm	3.2125 a	1.1625 a	4.1875 a	13.1500 b
20 cm	4.7375 a	7.0125 b	4.8125 a	6.4875 a

	R ₁	R ₂	R ₃	R ₄
Superficial	2.3125 a	3.7000 a	4.2750 a	7.6100 a
10 cm	3.3625 a	4.1100 a	4.0750 a	12.2375 b
20 cm	4.2375 a	5.2125 a	6.4375 a	5.5000 a

6.2 Comparación tipo: $S_1 M_1 P_1 - S_1 M. P_1$

$$DMS = t' \times \sqrt{2(c-1) \frac{E_c + E_b}{r.c}} = 3.428$$

	A 0 cm	A 10 cm	A 20 cm
CaCO ₃	3.0125 a	2.5000 a	4.6875 a
CaO	2.9375 a	5.2250 a	9.2225 b
Ca(OH) ₂	3.6250 a	5.2250 a	7.9375 ab
Gallinaza	7.3625 b	10.1500 b	19.4750 c

	C 0 cm	C 10 cm	C 20 cm
CaCO ₃	2.7375 a	3.2125 a	4.7375 a
CaO	3.0125 a	1.1625 a	7.0125 a
Ca(OH) ₂	2.7000 a	4.1875 a	4.8125 a
Gallinaza	5.0375 a	13.1500 b	6.4875 a

	R 0 cm	R 10 cm	R 20 cm
CaCO ₃	2.3125 a	3.3625 a	4.2375 a
CaO	3.7000 ab	4.1100 a	5.2125 a
Ca(OH) ₂	4.2750 ab	4.0750 a	6.4375 a
Gallinaza	7.6100 b	12.2375 b	5.5000 a

Comparación tipo (S₁M₁P₁ - S.M₁P₁)

$$DMS = t' \times \sqrt{2 \frac{B(c-1) Ec + (B-1) Eb + Ea}{r. b. c.}}$$

$$DMS = 3.621$$

	1 0cm	1 10cm	1 20 cm
Arcilla	2.3125 a	3.3625 a	4.2375 a
Franco	2.7375 a	3.2125 a	4.7375 a
Arena	3.0125 a	2.5000 a	4.6875 a

	2 0 cm	2 10 cm	2 20 cm
Arcilla	3.7000 a	4.1100 ab	5.2125 a
Franco	3.0125 a	1.1625 a	7.0125 ab
Arena	2.9375 a	5.2250 b	9.2250 b

	3 0 cm	3 10 cm	3 20 cm
Arcilla	4.2725 a	2.7000 a	3.6250 a
Franco	4.075 a	4.1875 a	5.2250 ab
Arena	6.4375 a	4.8125 a	7.9375 b

	4 0 cm	4 10 cm	4 20 cm
Arcilla	7.6100 a	12.2375 a	5.5000 a
Franco	5.0375 a	13.1500 a	6.4875 a
Arena	7.3625 a	10.1500 a	19.4750 b

CUADRO No. 9 ANALISIS DE VARIACION PARA LAS ALTURAS DE LAS PLANTAS DE LA PRIMER SIEMBRA-DESARROLLADAS EN LOS SUELOS TRATADOS CON MEJORADORES INORGANICOS. U. DE G., E.A.G., SUELOS. 1978.

F. V.	G.L.	S.C.	C. M.	F. c.	F. r.	
					05	01
REPETICION	3	620.443744	206.8145813	0.97002 NS	4.76	9.78
SUELO	2	1762.490905	881.2454525	4.13331 NS	5.14	10.92
Ea	6	1279.232695	213.2054492			
MEJORADOR	2	29.674072	14.837036	0.175616NS	3.55	6.01
M X S	4	1145.637439	286.4093598	3.39003 *	2.93	4.58
Eb	18	1520.742045	84.485669			
PROFUNDIDAD	2	167.057383	83.5286915	0.8759 NS	3.17	5.01
P X S	4	889.217862	222.3044655	2.33137NS	2.54	3.68
P X M	4	696.350528	174.087632	1.8257139NS	2.54	3.68
P X S X M	8	29.004461	3.625557	0.03802 NS	2.11	2.85
Ec	54	5149.071766	95.35318085			
TOTAL	107	13288.9223				

C.V. = 21.79 %

C.V. = 13.72 %

C.V. = 14.58 %

CUADRO No. 10 ANALISIS DE VARIACION PARA LAS ALTURAS DE LAS PLANTAS DE LA SEGUNDA SIEMBRA DESARROLLADAS EN LOS SUELOS TRATADOS CON MEJORADORES INORGANICOS. U. DE G., E.A.G., SUELOS. 1978.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F. c.	F. r.	
					05	01
REPETICION	3	7936.509	2645.503	4.98 *	4.76	9.78
SUELO	2	4576.2701	2288.13505	4.31 NS	5.14	10.92
Ea	6	3184.0565	530.67609			
MEJORADOR	2	3317.4073	1658.7036	7.11 **	3.55	6.01
M X S	4	1782.3282	445.58205	1.91 NS	2.93	4.58
Eb	18	4198.3044	233.2391			
PROFUNDIDAD	2	5924.4184	2962.2092	10.91 **	3.17	5.01
P X S	4	5920.37878	1480.0946	5.45 **	2.54	3.68
P X M	4	1824.89656	456.2241	1.68 NS	2.54	3.68
P X S X M	8	2064.81455	258.1018	0.95 NS	2.11	2.85
Ec	54	14652.36501	271.34009			
TOTAL	107					

C.V. = 19.09 %

C.V. = 12.65 %

C.V. = 13.55

Cálculo del nivel de significancia

$$t' = \frac{(132.67 \times 2.447) + (58.31 \times 2.101) + (67.84 \times 1.95996)}{132.67 + 58.31 + 67.84}$$

$$t' = 2.241$$

1o. Separación de medias de mejoradores

$$DMS = t' \times \sqrt{2CMEb / r.s.p.}$$

$$DMS = 2.241 \times \sqrt{2(233.2391) / 4 \times 3 \times 3} = 8.067$$

1. - Ca(OH)_2 = 125.1200 a
2. - CaO = 121.0633 a
3. - CaCO_3 = 112.8333 b

2o. Separación de medias de profundidad

$$DMS = t' \times \sqrt{2CMEc / r.s.m.}$$

$$DMS = 2.241 \times \sqrt{2(271.34009) / 4 \times 3 \times 4} = 7.535$$

1. - 0 cm = 112.051 a
2. - 10 cm = 119.682 b
3. - 20 cm = 130.168 c

CUADRO No. 11 CARACTERISTICAS FISICO-QUIMICAS DEL SUELO DE " EL SAUCILLO " BAJO CADA TRATAMIENTO PROBADO. U. DE G., E. A. G., SUELOS. 1978.

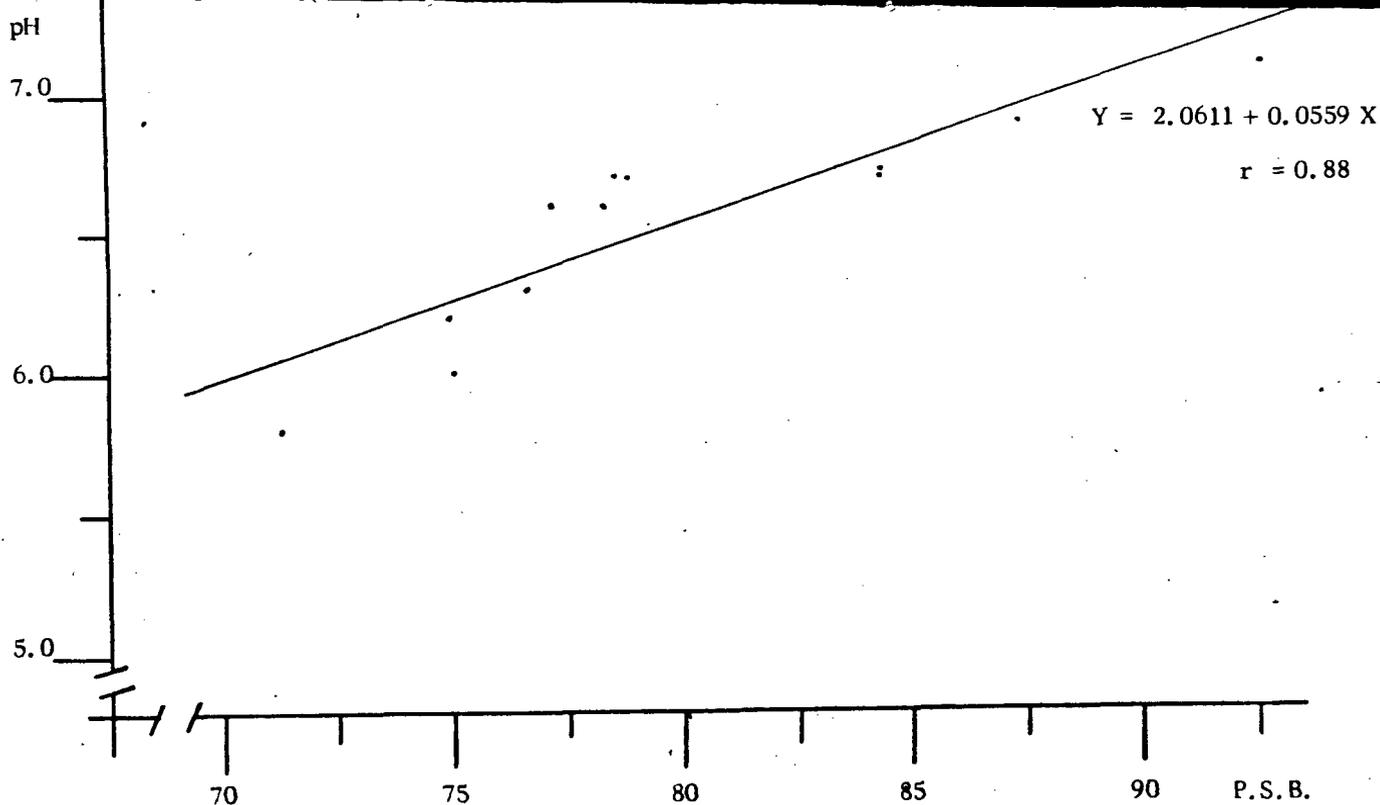
No.	Suelo	Mejorador	Profundidad.	pH 2:1	Cationes Cambiables(meq/100gr)				C. I. C. (meq/100gr)	P. S. B.	%M. O.	% N	ppm p	pH Saturación.
					Ca	Mg	Na	K						
1	Arcilloso	CaCO ₃	0 cm	6.3	9.307	4.653	0.248	2.792	22.2	76.58	2.79	0.17	18.9	6.6
2	"	"	10 cm	6.7	10.548	3.723	0.372	2.792	22.2	78.53	2.44	0.17	4.5	7.3
3	"	"	20 cm	5.8	10.858	1.861	0.372	2.703	22.2	71.27	3.07	0.19	52.03	6.7
4	"	CaO	0 cm	6.7	12.030	2.172	0.745	2.703	22.2	84.12	2.64	0.17	9.1	7.1
5	"	"	10 cm	6.6	9.927	4.343	0.620	2.482	22.2	78.25	2.86	0.17	2.6	7.3
6	"	"	20 cm	7.1	12.409	4.343	0.620	3.102	22.2	92.23	2.58	0.17	6.4	7.1
7	"	Ca(OH) ₂	0 cm	6.9	12.409	3.723	0.620	2.606	22.2	87.20	2.64	0.17	2.0	7.5
8	"	"	10 cm	6.7	9.309	3.723	0.372	5.274	22.2	84.14	2.86	0.18	2.6	7.3
9	"	"	20 cm	6.7	10.238	3.785	0.372	3.102	22.2	78.82	2.37	0.17	1.9	7.0
10	"	Gallinaza	0 cm	6.2	7.446	4.343	0.248	4.591	22.2	74.90	3.28	0.20	19.2	7.0
11	"	"	10 cm	6.0	7.444	4.345	0.245	4.594	22.2	74.90	2.53	0.17	4.7	7.0
12	"	"	20 cm	6.6	6.205	6.205	0.745	3.350	22.2	77.14	2.79	0.18	4.8	6.5

CUADRO No. 11 CARACTERISTICAS FISICO-QUIMICAS DEL SUELO DE " LA VENTA " BAJO CADA TRATAMIENTO PROBA-
DO. U. DE G., E. A. G., SUELOS. 1978.

No.	Suelo	Mejorador.	Profun- didad	pH 2:1	Cationes Cambiables (meq/100gr)				C. I. C. (meq/ 100gr)	P. S. B.	%M. O	% N	ppm p	pH Saturación.
					Ca	Mg	Na	K						
25	Arenoso	CaCO ₃	0 cm	5.2	1.583	1.187	0.158	0.871	6.3	60.30	1.12	0.07	153.7	6.7
26	"	"	10 cm	5.9	2.612	0.871	0.317	0.871	6.3	74.01	1.25	0.08	234.1	6.7
27	"	"	20 cm	5.5	1.979	0.950	0.317	0.791	6.3	64.07	1.39	0.08	120.6	6.8
28	"	CaO	0 cm	6.0	2.770	1.266	0.317	0.871	6.3	82.92	1.12	0.06	27.4	7.0
29	"	"	10 cm	6.8	3.957	0.871	0.158	0.871	6.3	92.97	1.05	0.06	70.9	7.1
30	"	"	20 cm	5.7	2.374	1.187	0.475	0.791	6.3	76.63	1.19	0.07	42.6	6.5
31	"	Ca(OH) ₂	0 cm	5.7	1.979	1.266	0.475	0.871	6.3	72.86	1.25	0.07	67.2	6.7
32	"	"	10 cm	6.3	3.166	0.791	0.158	0.871	6.3	79.14	1.36	0.07	18.0	7.0
33	"	"	20 cm	6.3	3.008	0.95	0.475	0.950	6.3	85.43	1.19	0.08	52.0	6.8
34	"	Callinaza	0 cm	5.5	1.583	1.266	0.158	0.950	6.3	62.81	1.25	0.08	80.4	6.6
35	"	"	10 cm	6.0	2.770	1.345	0.158	0.791	6.3	80.40	1.46	0.10	56.8	7.0
36	"	"	20 cm	6.0	2.374	1.266	0.475	0.916	6.3	79.86	1.19	0.07	54.4	6.7

CUADRO No. 12 CARACTERISTICAS FISICO-QUIMICAS DEL SUELO DE " AMATITAN " BAJO CADA TRATAMIENTO PROBA-
DO. U. DE G., E. A. G., SUELOS. 1978.

No.	Suelo	Mejorador	Profun- didad.	pH 2:1	Cationes Cambiables (meq/100gr)				C.I.C. (meq/ 100gr)	P. S. B.	% M. O	% N	ppm p	pH Saturación
					Ca	Mg	Na	K						
13	Franco	CaCO ₃	0 cm	5.2	5.293	0.996	0.125	2.802	17.1	53.90	1.88	0.13	22.7	6.3
14	"	"	10 cm	6.2	9.341	1.744	0.249	2.242	17.1	79.39	1.95	0.14	61.5	7.1
15	"	"	20 cm	6.3	8.095	1.370	0.374	2.491	17.1	72.11	1.74	0.12	42.1	7.3
16	"	CaO	0 cm	5.4	7.473	0.934	0.125	2.491	17.1	64.46	1.74	0.13	3.7	6.7
17	"	"	10 cm	5.9	7.473	2.491	0.125	2.802	17.1	75.38	1.67	0.13	4.7	7.0
18	"	"	20 cm	6.2	8.718	2.055	0.249	2.117	17.1	76.84	1.67	0.13	2.7	7.2
19	"	Ca(OH) ₂	0 cm	5.6	7.473	1.495	0.374	2.491	17.1	69.19	1.88	0.12	4.0	6.9
20	"	"	10 cm	6.0	8.718	2.055	0.125	2.366	17.1	77.57	1.81	0.12	5.2	7.1
21	"	"	20 cm	6.7	10.899	2.989	0.249	2.242	17.1	95.77	1.81	0.13	6.6	7.2
22	"	Gallinaza	0 cm	5.2	6.227	1.245	0.374	4.982	17.1	75.02	2.02	0.14	3.7	7.1
23	"	"	10 cm	5.6	7.473	2.740	0.249	2.553	17.1	76.11	2.02	0.14	4.3	7.0
24	"	"	20 cm	6.1	7.473	1.744	0.374	4.982	17.1	85.22	1.53	0.14	5.1	7.3



GRAFICA No. 1 RELACION ENTRE LOS VALORES DE P.S.B. Y pH DEL SUELO DE " EL SAU-CILLO ". U. DE G., E.A.G., SUELOS. 1978.

CUADRO No. 14 ECUACION DE REGRESION, ANALISIS DE VARIANZA DE LA REGRESION Y CORRELACION ENTRE EL P.S.B. Y EL pH DEL SUELO DE " EL SAU CILLO ". U. DE G., E.A.G., SUELOS. 1978.

$$\hat{Y} = 2.0611 + .0559 X \quad r = 0.8833$$

F. V.	G. L.	S. C.	C. M.	F. c.	F. r.	
					05	01
REGRESION	1	1.218732	1.218732	35.45 **	4.96	10.04
DESVIACION	10	0.343768	0.0343768			
TOTAL	11	1.562500				

$$\bar{Y} \text{ pH} = 6.525$$

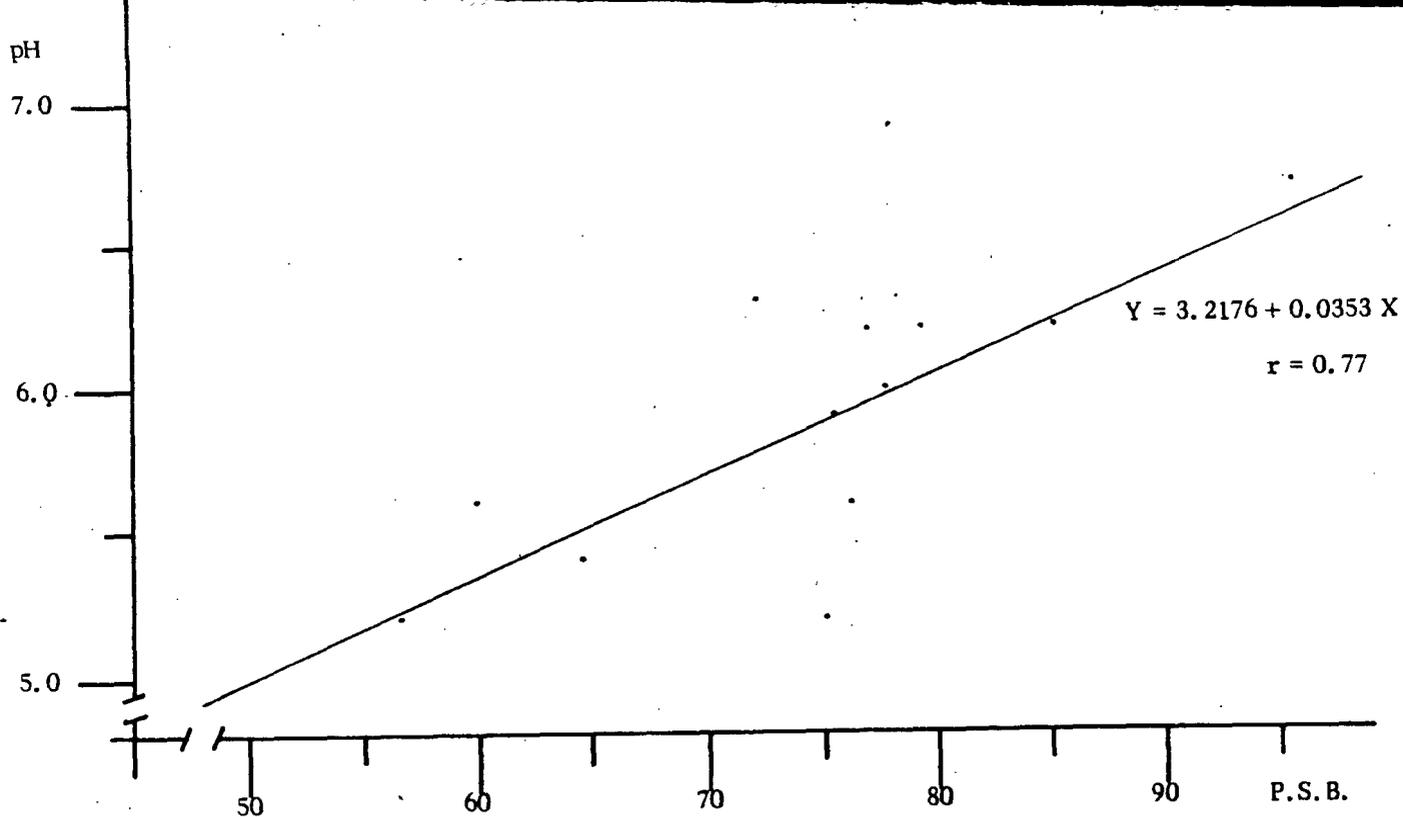
$$\delta \text{ pH} = 0.3769$$

$$\text{C.V. pH} = 5.77 \%$$

$$\bar{X} \text{ P.S.B.} = 79.84$$

$$\delta \text{ P.S.B.} = 5.9525$$

$$\text{C.V. P.S.B.} = 7.45 \%$$



GRAFICA NO. 2 RELACION ENTRE LOS VALORES DEL P.S.B. Y EL pH DEL SUELO DE "AMATITAN". U. DE G., E. A. G., SUELOS. 1978.

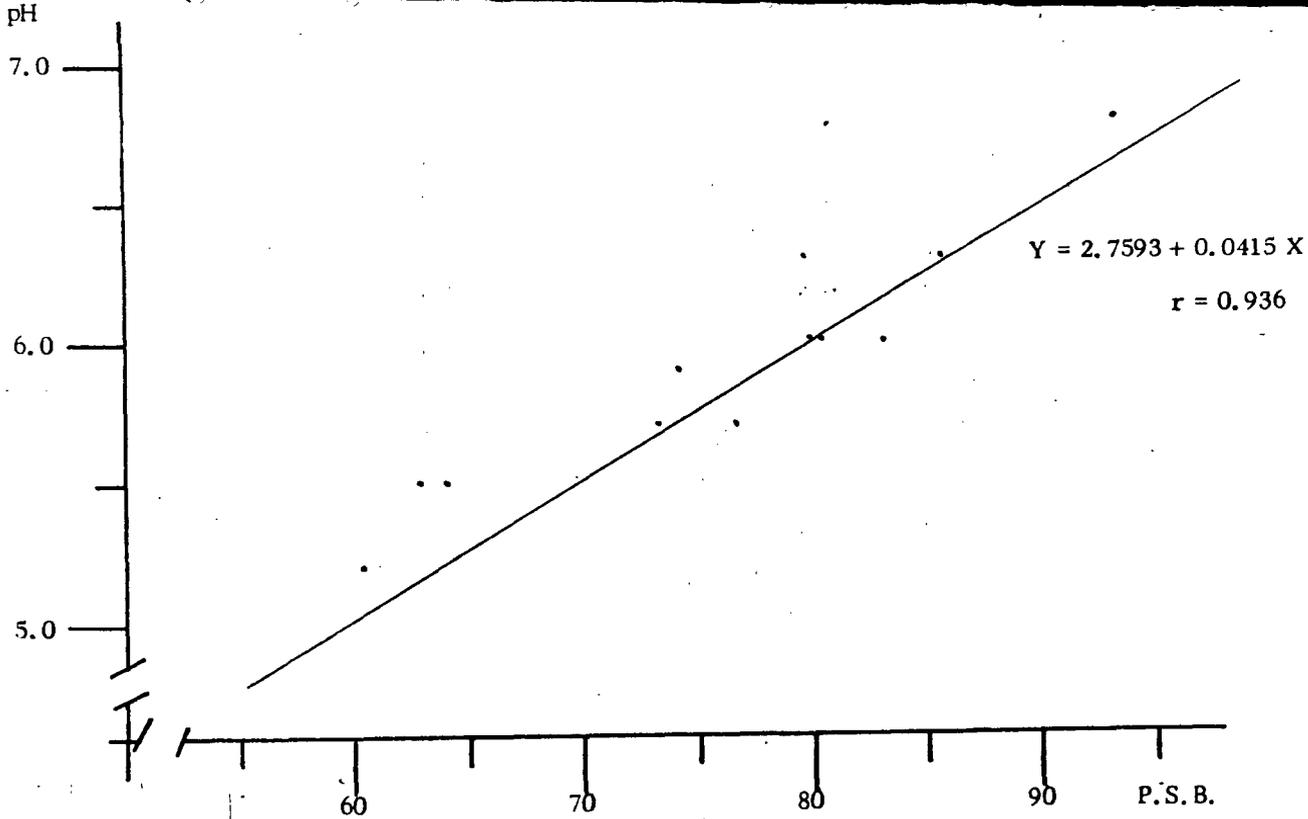
CUADRO No. 15 ECUACION DE REGRESION, ANALISIS DE VARIANZA DE LA REGRESION Y CORRELACION ENTRE EL P.S.B. Y EL pH DEL SUELO DE " AMATI TAN ". U. DE G., E.A.G., SUELOS. 1978.

$$\hat{Y} = 3.2176 + 0.0353 X \quad r = 0.7730$$

F. V.	G. L.	S. C.	C. M.	F. c.	F.	r.
					05	01
REGRESION	1	1.45006	1.45006	14.85 **	4.96	10.04
DESVIACION	10	0.97661	0.097661			
TOTAL	11	2.42667				

$$\bar{Y} \text{ pH} = 5.866 \quad \delta \text{ pH} = 0.4697 \quad \text{C. V. pH} = 8.01 \%$$

$$\bar{X} \text{ P.S.B.} = 75.08 \quad \delta \text{ P.S.B.} = 10.2904 \quad \text{C. V. P.S.B.} = 13.70 \%$$



GRAFICA No. 3 RELACION ENTRE LOS VALORES DEL P.S. B. Y EL pH DEL SUELO DE "LA VENTA". U. DE G., E.A.G., SUELOS. 1978.

CUADRO No. 16 ECUACION DE REGRESION, ANALISIS DE VARIANZA DE LA REGRESION Y CORRELACION ENTRE EL P.S.B. Y EL pH DEL SUELO DE " LA VEN TA ". U. DE G., E.A.G., SUELOS, 1978.

$$\hat{Y} = 2.7593 + .0415 X \quad r = 0.9360$$

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F. c.	F. r.	
					05	01
REGRESION	1	1.86162	1.86162	99.26 **	4.96	10.04
DESVIACION	10	0.18755	0.018755			
TOTAL	11	2.04917				

$$\bar{Y} \text{ pH} = 5.908$$

$$\delta \text{ pH} = 0.4316$$

$$\text{C.V. pH} = 7.30 \%$$

$$\bar{X} \text{ P.S.B.} = 75.95$$

$$\delta \text{ P.S.B.} = 9.7509$$

$$\text{C.V. P.S.B.} = 12.84 \%$$

CUADRO No. 17 ECUACION DE REGRESION, ANALISIS DE VARIANZA DE LA REGRESION Y CORRELACION ENTRE EL P.S.B. Y EL pH DE LOS TRES SUELOS EN ESTUDIO. U. DE G., E.A.G., SUELOS. 1978.

$$\hat{Y} = 2.50924 + 0.04666 X \quad r = 0.803$$

F. V.	G. L.	S. C.	C. M.	F. c.	F. r.	
					05	01
REGRESION	1	5.9985	5.9985	61.77 **	4.96	7.44
DESVIACION	34	3.3015	0.0971			
TOTAL	35	9.3000				

$$\bar{Y} \text{ pH} = 6.10$$

$$\delta \text{ pH} = 0.5155$$

$$\text{C.V. pH} = 8.45 \%$$

$$\bar{X} \text{ P.S.B.} = 76.96$$

$$\delta \text{ P.S.B.} = 8.8718$$

$$\text{C.V. P.S.B.} = 11.53 \%$$

CUADRO No. 18 MEDIA, DESVIACION STANDARD Y COEFICIENTE DE VARIACION DEL P.S.B. Y EL pH PARA CADA MEJORADOR Y PROFUNDIDAD ESTUDIADAS EN EL SUELO DE " EL SAUCILLO ". U. DE G. - E.A.G., SUELOS. 1978.

MEJORADOR	P. S. B.			p H		
	\bar{X}	δ	C.V.	\bar{X}	δ	C.V.
CaCO ₃	75.46	3.76	4.98	6.27	0.45	7.19
CaO	84.87	7.02	8.27	6.80	0.26	3.89
Ca(OH) ₂	83.39	4.24	5.09	6.77	0.12	1.71
Gallinaza	75.65	1.29	1.71	6.27	0.31	4.87

PROFUNDIDAD	P.S.B.			p H		
	\bar{X}	δ	C.V.	\bar{X}	δ	C.V.
0 cm	80.70	5.90	7.32	6.53	0.33	5.06
10 cm	78.96	3.83	4.85	6.50	0.34	5.18
20 cm	79.87	8.86	11.09	6.55	0.54	8.32



ESCUELA DE AGRICULTURA
BIBLIOTECA

CUADRO No. 19 MEDIA, DESVIACION STANDARD Y COEFICIENTE DE VARIACION DEL P.S.B. Y EL pH PARA CADA MEJORADOR Y PROFUNDIDAD ESTUDIADA EN EL SUELO DE " AMATITAN ". U. DE G., E.A.G., SUELOS. 1978.

MEJORADOR	P. S. B.			p H		
	\bar{X}	σ	C.V.	\bar{X}	σ	C.V.
CaCO ₃	68.47	13.13	19.18	5.90	0.61	10.31
CaO	72.23	6.77	9.37	5.83	0.40	6.93
Ca(OH) ₂	80.84	13.59	16.81	6.10	0.56	9.13
Gallinaza	78.78	5.60	7.11	5.63	0.45	8.01

PROFUNDIDAD	P. S. B.			p H		
	\bar{X}	σ	C.V.	\bar{X}	σ	C.V.
0 cm	65.64	8.94	13.62	5.35	0.19	3.58
10 cm	77.11	1.77	2.30	5.93	0.25	4.22
20 cm	82.49	10.38	12.59	6.33	0.26	4.15

CUADRO No. 20 MEDIA, DESVIACION STANDARD Y COEFICIENTE DE VARIACION DEL P.S.B. Y EL pH PARA CADA MEJORADOR Y PROFUNDIDAD ESTUDIADA EN EL SUELO DE " LA VENTA ". U. DE G., E.A.G., SUELOS. 1978.

MEJORADOR	P. S. B.			p H		
	\bar{X}	σ	C.V.	\bar{X}	σ	C.V.
CaCO ₃	66.13	7.08	10.71	5.53	0.35	6.35
CaO	84.17	8.24	9.79	6.17	0.57	9.22
Ca(OH) ₂	79.14	6.29	7.94	6.10	0.35	5.68
Gallinaza	74.36	10.00	13.45	5.83	0.29	4.95

PROFUNDIDAD	P. S. B.			p H		
	\bar{X}	σ	C.V.	\bar{X}	σ	C.V.
0 cm	72.03	11.33	15.73	5.60	0.34	6.01
10 cm	81.63	8.05	9.86	6.25	0.40	6.47
20 cm	76.50	9.05	11.83	5.88	0.35	5.96

29h.

CUADRO No. 21 MEDIA, DESVIACION STANDARD Y COEFICIENTE DE VARIACION DEL P.S.B. Y EL pH PARA CADA MEJORADOR Y PROFUNDIDAD ESTUDIADA DE LOS TRES SUELOS EN ESTUDIO. U. DE G., E. A.G., SUELOS. 1978.

MEJORADOR	P. S. B.			p H		
	\bar{X}	δ	C.V.	\bar{X}	δ	C.V.
CaCO ₃	70.02	8.77	12.52	5.90	0.52	8.89
CaO	80.42	8.87	11.03	6.27	0.57	9.02
Ca(OH) ₂	81.12	8.00	9.86	6.32	0.47	7.45
Gallinaza	76.26	6.10	7.99	5.91	0.42	7.05

PROFUNDIDAD	P. S. B.			p H		
	\bar{X}	δ	C.V.	\bar{X}	δ	C.V.
0 cm	72.02	10.23	14.20	5.83	0.59	10.14
10 cm	79.23	5.13	6.47	6.23	0.39	6.28
20 cm	79.62	8.93	11.21	6.25	0.47	7.49