



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO

FACULTAD DE CIENCIAS
DIVISION DE ESTUDIOS DE POSGRADO

"EFECTO DE LA MATERIA ORGANICA EN SUELOS DE
CHINAMPA DE XOCHIMILCO, MEXICO, D.F."

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL GRADO ACADEMICO DE:
MAESTRO EN CIENCIAS (BIOLOGIA)

P R E S E N T A :

JESUS EDUARDO CELADA TORNEL

DIRECTOR Y CODIRECTORA DE TESIS:

M. en C. Nicolás Aguilera Herrera

y

Dra. Norma Eugenia García Calderón

MEXICO, D. F.

1993.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

INDICE

	Página
RESUMEN	1
I INTRODUCCION	3
II OBJETIVOS	6
III ANTECEDENTES HISTORICOS	7
1. Epoca prehispánica	9
2. Epoca colonial	13
3. Epoca contemporánea	16
IV MARCO TEORICO DE LA SALINIZACION Y SU SOLUCION	
1. Origen de la salinización y sodificación de los suelos	20
2. Clasificación de los suelos salinos y sódicos	23
2.1. Suelos salinos	24
2.2. Suelos sódicos	26
2.3. Suelos salino-sódicos	27
3. Respuesta de los cultivos en suelos salinos	28
4. La recuperación de los suelos con problemas de salinidad	35
5. La recuperación de los suelos salinos por métodos biológicos	39
5.1. Efectos de la vegetación sobre las propiedades del suelo	39
5.2. Efecto de la adición de la materia orgánica al suelo sobre sus propiedades físicas y químicas	41
5.3. Efectos de los cultivos y la materia orgánica sobre la humedad del suelo	46

5.4. Efecto combinado del establecimiento de vegetación y adiciones de materia orgánica sobre el sodio adsorbido del suelo	48
5.5. Funciones de la materia orgánica del suelo	49
5.6. Composición química de los residuos vegetales	52
5.7. Clasificación de las sustancias húmicas	53
5.8. Características de las sustancias húmicas	54
5.8.1. Contenido elemental	54
5.8.2. Grupos funcionales que contienen oxígeno	55
5.8.3. El estado coloidal	58
5.8.4. Peso molecular	59
5.8.5. Bases estructurales de las sustancias húmicas	62
5.8.6. Características morfológicas observadas en microscopía electrónica	64
5.8.7. Naturaleza ácida	65
5.8.8. Contribución de la materia orgánica a la capacidad de intercambio de cationes	65
5.8.9. Coagulación de las sustancias húmicas por polielectrolitos	67
5.8.10. Formación de complejos	67
5.9. Clasificación de los tipos de humus	73
5.10. Formación del humus	78

V VISION GENERAL DEL AREA DE ESTUDIO

1. Localización	83
2. Geología	83
3. Hidrología	86
4. Clima	89
5. Vegetación	89
6. Suelos	93

VI	DISERIO METODOLOGICO	
1.	Trabajo de campo	96
2.	Trabajo de invernadero	99
3.	Trabajo de laboratorio	103
VII	RESULTADOS Y DISCUSION	110
VIII	CONCUSIONES	142
IX	BIBLIOGRAFIA	144
X	ANEXO	152

RESUMEN

Se efectuó un experimento de invernadero con un suelo salino de chinampa de Xochimilco D. F. Los objetivos fueron los siguientes: 1) contribuir al estudio de los suelos de chinampa de Xochimilco, determinando sus propiedades físicas y químicas, así como el grado de contaminación salino-sódica de la zona de estudio. 2) conocer el comportamiento del suelo salino de chinampa a nivel de invernadero con el empleo de mejoradores orgánicos: estiércoles de bovino, ovino, porcino, y aviario, además de composta de basura, por medio de la evaluación de los efectos de los principales cationes de estos mejoradores en las plantas de coliflor Brassica oleracea var. botrytis. 3) extracción y fraccionamiento de las principales fracciones (AH y AF) de la materia orgánica del suelo de chinampa y así iniciar el conocimiento del tipo de humus de este suelo. 4) extracción y fraccionamiento de las principales fracciones orgánicas de los mejoradores.

El diseño experimental fué simple, con una distribución de los tratamientos en bloques al azar. Los resultados más sobresalientes fueron los siguientes: 1) el suelo de la chinampa estudiada presentó características salino-sódicas. 2) las variables que alcanzaron nivel de significancia estadística fueron el peso fresco, el número de hojas funcionales, y el área foliar. En todas estas variables fué al comparar los diferentes mejoradores orgánicos independientemente de las dosis que se emplearon. 3) las variables que alcanzaron alta significancia fueron la concentración de K^+ , las relaciones: Na^+/K^+ , K^+/Ca^{++} , K^+/Mg^{++} y $Ca^{++} + Mg^{++}/K^+$. En todas estas últimas variables fué al comparar tanto las diferentes dosis como al comparar los diferentes mejoradores orgánicos. 4) las mejores fuentes de materia orgánica fueron el estiércol de bovino y el estiércol de

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

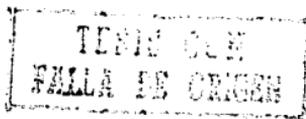
ovino para este suelo. 5) las dosis óptimas de estiércoles de ovino y de bovino fueron de 110 y de 180 ton/ha respectivamente. 6) la composta de basura es una buena fuente de materia orgánica, pero es necesario enriquecerla con nutrimentos.

I INTRODUCCION

Con el transcurso del tiempo, áreas eminentemente agrícolas de todos los continentes, han perdido su productividad, debido a la acumulación de sales en los suelos provocada por el mal uso y manejo de aguas, suelos y plantas en ellos (Aceves, 1981).

Los suelos con problemas de sales y / o sodio, se encuentran colindando con suelos normales o intercalados a lo largo de extensas fajas, o mas frecuentemente en manchones intrusivos por ciertas características topográficas. Se localizan en general, en regiones áridas y semiáridas del mundo, definidas entre las latitudes 56° Sur y 59° Norte y entre las longitudes 120° Oeste y 150° Este (Boyko, 1966). De los 220 millones de hectáreas bajo riego, en el mundo, casi la mitad están en condiciones inadecuadas para ser cultivadas debido a los problemas de ensalitramiento. Además, existen alrededor de 300 millones de hectáreas ensalitradas en todo el mundo que ocupan aproximadamente el 39% de la superficie total de las regiones áridas y semiáridas (Boyko, 1966). Sin embargo, los suelos salinos y/sódicos no se restringen a las regiones áridas y semiáridas; aparecen también en regiones húmedas (tropical y subtropical), principalmente en áreas adyacentes a las costas como lagos de agua salada, estuarios, ríos, arroyos, etc., y en lugares donde el manejo del agua de riego es inadecuado.

En México, los problemas de ensalitramiento han adquirido magnitud considerable, ya que cuando se inició el riego de grandes extensiones, el ensalitramiento, sus causas y efectos, no eran bien entendidos, y se le dió poca importancia al problema que representaba. Esto ha provocado que en la actualidad, el 33% de la superficie bajo riego, se encuentre afectada en mayor o



menor grado, disminuyendo notablemente la productividad de algunos distritos de riego y causando pérdidas económicas considerables al país (Aceves, 1981).

El problema del ensalitramiento en México, es de gran relevancia, ya que las zonas áridas y semiáridas ocupan el 75% del territorio nacional y la mayoría de los distritos de riego se ubica en estas zonas. Aproximadamente, de un 30 a 40% de las áreas bajo riego presenta este problema, que varía en grados de importancia (Martínez, 1964). Según Aceves (1981), existe un total aproximado de 4,300,000 hectáreas afectadas en todo el territorio nacional con este problema.

La necesidad de aumentar la producción de alimentos aprovechando de manera adecuada las inversiones cuantiosas realizadas en los distritos de riego y los recursos disponibles, hace indispensable la rehabilitación o recuperación de áreas cuyo problema reside en el ensalitramiento de sus suelos.

En particular el área de chinampas de Xochimilco también tiene este problema de ensalitramiento de sus canales y suelos, originado en parte por condiciones naturales como es la geoforma del lugar, es decir, la forma de una depresión con drenaje impedido que ha propiciado la acumulación de sales, producto del intemperismo de los minerales primarios de las rocas de las zonas altas; y a condiciones inducidas como son la desecación de grandes extensiones antes cubiertas con lagos, por la demanda creciente de agua potable de la región hacia la zona metropolitana y a su vez el empleo de aguas residuales de mala calidad para el riego de los canales. Todo esto ha contribuido a la salinización del lugar.

Las altas contaminaciones salinas no solo han disminuido la producción de alimentos, sino que además, amenazan con acabar con

el ambiente típico del sitio, que sería catastrófico para la misma Ciudad de México. En la actualidad, los terrenos que aún lo permiten, están siendo utilizados en cultivos de auto consumo para la gente de la región; así como para producción de flores que abastece el mercado de la Ciudad de México, actividad que necesita reactivarse intensivamente para dar una solución económica viable para resistir las presiones que lo tratan de extinguir (Lugo, 1984).

La importancia de la zona chinampera de Xochimilco radica en que es una zona con un alto valor cultural en el aspecto agrícola con mucha tradición histórica, además de su alta productividad pues se sabe que podían obtenerse varias cosechas al año dependiendo de la fertilidad del suelo, del manejo del mismo y del ciclo de vida de las plantas cultivadas; todo esto con el uso múltiple de sus recursos.

La fertilidad del suelo es de tomarse en cuenta pues se tenían altas productividades a pesar de no utilizarse maquinaria agrícola, semillas mejoradas, fertilizantes químicos, herbicidas, ni fungicidas (Bautista, 1988).

Es necesario plantear alternativas que eviten la desaparición de tan interesante ecosistema agrobiológico, el cual representa un valioso legado cultural de México que ha sido y puede volver a ser un importante centro de producción de alimentos y/o especies ornamentales, además de una reconocida zona turística y de recreación (Basurto, 1986).

Es interesante conocer en donde radica la fertilidad de los suelos de las chinampas, tanto en el aspecto físico como en el químico y en el biológico; en particular llama la atención, la constitución de los componentes orgánicos de estos suelos. Este conocimiento se inicia al extraer y obtener dos de las fracciones



orgánicas más importantes de la materia orgánica del suelo como son los ácidos fúlvicos y los ácidos húmicos - coloides orgánicos complejos - que determinan la dinámica de los ciclos edafoquímicos de algunos de los principales nutrientes y regulan las propiedades químicas y físicas de los suelos orgánicos.

II OBJETIVOS

- 1 - Determinar algunas propiedades básicas tanto físicas como químicas del suelo de chinampa y diagnosticar el suelo según el grado de contaminación salina de la zona de estudio.
- 2 - Determinar el comportamiento del suelo salino de las chinampas ante las adiciones de estiércoles y composta de basura.
- 3 - Caracterizar el tipo de humus de los suelos de chinampas por medio del estudio de las principales fracciones del mismo.

III ANTECEDENTES HISTORICOS

Las notables referencias que son explicadas por los códices y las crónicas acerca de la Cuenca de México nos hablan de los lagos asentados en estas latitudes, en donde el agua vino a ser el medio ineludible para la supervivencia de los pueblos que habitaron sus riberas y sus islotes. El idioma nahuatl incorporó palabras que ilustran la vida en una geografía tan singular, así se creó el vocablo "Anahuac" que fué como se le conoció a la región habitada por las tribus nahuatlacas en la Cuenca de México, expresando la idea de vida "junto al agua" o cerca de ella. (Sierra, 1984).

El Valle de México, en realidad es una cuenca endorreica rodeada por montañas, de donde las aguas de los ríos que bajaban de las vertientes realizaron inicialmente un proceso geológico de erosión, rellenando el fondo de la cuenca con el producto de desgaste del Período Cuaternario y originando así los extensos lagos de poca profundidad, que se encontraban desde Zumpango hasta Chalco, mismos que ayudaron al desarrollo de las poblaciones asentadas en la zona lacustre, pero que también causaron grandes calamidades por el constante azote de las inundaciones.

La ciudad de Xochimilco fué fundada en el año de 1194 de la Era Cristiana en una pequeña península de tierra firme en la ribera occidental del lago de Xochimilco, ubicado al pie de la Sierra del Chichinautzin. Las regiones occidental y sur de la ciudad eran pantanosas y hacia el suroeste, existían pequeñas "lagunas" lo que daba el aspecto de isla a la ciudad. Además el sitio estaba constituido por sedimentos de origen volcánico que formaban una zona potencialmente muy fértil y con abundancia de agua proveniente de los manantiales que brotaban al pie de la sierra. Posteriormente, los xochimilcas abrieron un ancho canal para quedar aislados de tierra firme y además comunicar las zonas

Segun Coe (1964), las evidencias mas antiguas de practicas agricolas en las chinampas se remontan a dos mil años como lo demuestran unas cabezas de barro cocido de 100 a 200 años D.C. del periodo Teotihuacan II que son tan antiguas como la ciudad del mismo nombre, además un tazón de ceramica fabricado entre los años 600 y 900 D.C. Tambien es significativo el que la orientacion de los canales de Xochimilco sea de 15 y 17 grados al este del norte verdadero, es decir, con igual direccion que la que tienen las calles de las ruinas de Teotihuacan.

Los aztecas llegaron a la Cuenca de México cuando los xochimilcas empezaban a tener cierto grado de florecimiento, estableciendose en un islote central del Lago de Texcoco y la fundación de su ciudad, Tenochtitlan, se situa hacia el año 1325 D.C.

Hacia 1428, los aztecas durante el reinado de Izcoatl (1427-1440), lograron derrotar a los tecpanecas a los cuales estuvieron sojuzgados desde que llegaron a la Cuenca de México, esta derrota fue en Azcapotzalco; posteriormente vencieron a los pueblos de Coyoacan, Xochimilco y Texcoco y así Tenochtitlan quedó en posesión de muchísimas tierras sumamente ricas, dentro de las cuales estaba Xochimilco.

Lo primero que ordeno Izcoatl al conquistar Xochimilco fue la construcción de una calzada que comunicara Xochimilco con Tenochtitlan que además de ser una comunicacion terrestre, fuera un dique para retener el agua salobre del Lago de Texcoco y aumentar la productividad de las chinampas convirtiendo a los xochimilcas en tributarios de los aztecas.

Los muros montañosos se encontraban cubiertos de vegetación y por sus vertientes se deslizaban pequeños rios:

TESIS CON
FALLA LE ORIGEN

aquella superficie fué escenario de un gran lago que fué llamado por los aztecas el "Lago de la Luna", que en temporada de lluvias cubría una cuarta parte de la Cuenca de México, mientras que en la época de sequía, ese cuerpo lacustre se dividía debido a la evaporación, dando lugar a la formación de seis lagos distintos: Zumpango, Xaltocan y San Cristobal en el norte, Texcoco en el centro y Xochimilco junto con Chalco en el sur. Dentro de los principales ríos de la Cuenca de México estaban el de Cuautitlan que cuando crecía por las lluvias, sus aguas se desbordaban vertiéndose en el Lago de Zumpango, el cual cuando era rekasado, se derramaba en el Lago de Xaltocán y este su vez daba origen al de San Cristobal, llegando finalmente las aguas al de Texcoco. Los lagos de Xochimilco y Chalco eran realmente un solo lago que posteriormente fueron divididos por una calzada artificial. Además tenemos que el de Texcoco era de agua salada y que en su centro tuvo una porción de agua dulce (Nacif y Amerlinck, 1983; Trejo, 1984).

1. EPOCA PREHISPANICA

El área de estudio, Xochimilco, fué poblada por una de las siete tribus nahuatlacas (xochimilcas, chalcas, aztecas, acolhuas, tlahuicas, tecpanecas, y huexotzincas (Acevedo, 1972).

Durante la dominación azteca Tenochtitlan fué creciendo al grado tal, que el islote no fué suficiente para la población, así que los mexicas, que aprendieron del xochimilca a construir las chinampas: rodearon el islote central de chinampas, colocadas sobre el lago: estas no solo servían para sembrar sino también para construir sobre ellas chozas de adobe o carrizo. Las chinampas alcanzaron una gran extensión unidas entre sí, sujetas con estacas o pilotes de madera y por las raíces de las plantas que las sujetaban en el fondo del lago que tenía poca

profundidad. Las calles fueron inicialmente de dos tipos. Unas tenían agua, en las que se transitaba por medio de canoas, daban hacia las espaldas de las casas y de las chinampas, en donde se sembraba, estas a su vez, estaban divididas por zanjas con agua, muy profundas y atravesadas por puentes; las otras calles eran de tierra y bastante angostas. Pasado algún tiempo todas ellas fueron cubiertas por piedras y se crearon unas calzadas mixtas, o sea, de tierra y agua, mismas que se conservaron después de la conquista española. (Nacif y Amerlinck, 1983).

Precisamente, fué entre los años 1400 y 1600 D.C. cuando la chinampería logró su máxima extensión y en vísperas de la conquista española, Xochimilco, bajo el control azteca, era un floreciente pueblo de chinampas con aproximadamente 25,000 habitantes formados por artesanos y agricultores que mantenían un activo comercio con la capital azteca. (Coe, 1964).

El arte de navegar debió irse perfeccionando conforme a las necesidades del pueblo y al grado de poderío que fué alcanzando. Al principio el pequeño "acalli" o canoa debió ser empleado en la pesca, después se empleó en el tráfico hacia la tierra firme. Con el aumento de la población, Tenochtitlan se convirtió en la gran metrópoli de un imperio, el número de los acalli por todas partes hubo de crecer en gran cuantía, como nos lo relatan respectivamente Alonso Suaro y Francisco Javier Clavigero "están alrededor de ella todos los días del año por el dicho lago sesenta o setenta mil canoas de las grandes en que mueven provisiones a la ciudad" y "eran tantos los canales de la ciudad que a cualquier barrio se podía ir por agua; lo cual contribuía a la hermosura de la población, al más fácil transporte de los viveres y demás cosas necesarias de la vida y a la defensa de los ciudadanos" (Sierra, 1984).

Entre los productos agrícolas necesarios y principales

de aquella época, se pueden mencionar: maíz, frijol, chile, calabaza, jitomate, tomate, huautli, chilchotl, alegría, chia, quelites y flores como el cempoalxochitl, mastuerzo. Además a Xochimilco llegaban frutas y productos varios de otras regiones (Lugo, 1984; Rojas, 1983)

El nivel de los lagos aparte de los beneficios enumerados en ocasiones constituyó una amenaza, ya que cuando sus desbordamientos provocaron decesos, inundaciones y perjuicios a las ciudades enclavadas en los islotes y en las orillas de los lagos de la cuenca, y así tenemos que durante el reinado de Moctezuma Ilhuicamina tuvo lugar la primera y terrible inundación de que se tenga memoria que azotó a México-Tenochtitlan, pues el lago de Texcoco al que habían dominado, arrasó con las casas y templos, en 1449, con las fuertes lluvias que hicieron subir el nivel de los lagos. La solución que dió Netzahualcoyotl, rey de Texcoco, fué el hacer una cerca de madera y piedra que detuviera la fuerza de las aguas antes de que llegaran a la ciudad; con la ayuda de los pueblos aliados se construyó el albarradon que comenzaba en Atzacocalco, al norte, y se dirigía en línea recta al sur hasta Iztapalapa, al pie del Cerro de la Estrella. Esta obra fué construída de piedra y barro, coronada con un muro de mampostería, mediante ella el lago quedó dividido en dos partes, la mayor al oriente conservó el nombre de Lago de Texcoco, con agua salada, y la menor al poniente, de agua dulce, ya que los lagos del sur vertían ahí sus aguas, y se llamó Lago de Mexico. El largo de esta fuerte estacada era de 16 kilómetros (Nacif y Amerlick, 1983).

Esta construcción no fué la única que se edificó para defender la ciudad en contra de las inundaciones, sino que se gestaron otras según se fueron necesitando, siendo algunos ejemplos las compuertas y diques para impedir la emanación de las aguas torrenciales del sur de Mexicaltzingo y Tlalbac, dividiendo

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

de aquella época, se pueden mencionar: maiz, frijol, chíle, calabaza, jitomate, tomate, huautli, chilchotl, alegría, chia, quelites y flores como el cempoalxochitl, mastuerzo. Además a Xochimilco llegaban frutas y productos varios de otras regiones (Lugo, 1984; Rojas, 1983)

El nivel de los lagos aparte de los beneficios enumerados en ocasiones constituyó una amenaza, ya que cuando sus desbordamientos provocaron decesos, inundaciones y perjuicios a las ciudades enclavadas en los islotes y en las orillas de los lagos de la cuenca, y así tenemos que durante el reinado de Moctezuma Ilhuicamina tuvo lugar la primera y terrible inundación de que se tenga memoria que azotó a México-Tenochtitlan, pues el lago de Texcoco al que habían dominado, arrasó con las casas y templos, en 1449, con las fuertes lluvias que hicieron subir el nivel de los lagos. La solución que dió Netzahualcoyotl, rey de Texcoco, fué el hacer una cerca de madera y piedra que detuviera la fuerza de las aguas antes de que llegaran a la ciudad; con la ayuda de los pueblos aliados se construyó el albarradón que comenzaba en Atzacocalco, al norte, y se dirigía en línea recta al sur hasta Iztapalapa, al pie del Cerro de la Estrella. Esta obra fué construida de piedra y barro, coronada con un muro de manpostería, mediante ella el lago quedó dividido en dos partes, la mayor al oriente conservó el nombre de Lago de Texcoco, con agua salada, y la menor al poniente, de agua dulce, ya que los lagos del sur vertían ahí sus aguas, y se llamo Lago de México. El largo de esta fuerte estacada era de 16 kilómctros (Nacif y Amerlick, 1983).

Esta construcción no fué la única que se edificó para defender la ciudad en contra de las inundaciones, sino que se gestaron otras según se fueron necesitando, siendo algunos ejemplos las compuertas y diques para impedir la emanación de las aguas torrenciales del sur de Mexicaitzingo y Tlahuac, dividiendo

el lago en dos, que son conocidos con los nombres de Chalco y Xochimilco. Aunque es necesario indicar que esas obras, causaron estragos en los pueblos de Chalco, Mixquic, Tuitlahuac, Xochimilco y Culhuacan, ya que los ojos de agua que brotaban en el fondo de esos lagos aumentaban su volumen al ser represadas las aguas y éstas ocuparon las partes bajas e inundaron los citados pueblos.

Las principales inundaciones en tiempo de los mexicas obligaron a tomar medios de defensa como el gran dique o albarradon de Netzahualcoyotl y los muchos canales o acequias que penetraban a la metrópoli para gobernar las aguas, dieron buenos resultados que evitaron mayores peligros. Pero al final, todos estos medios empleados no dieron una solución completa al problema del desagüe y las aguas no se expulsaron fuera de la cuenca, sino que quedaron represadas en depósitos mas o menos capaces de contenerlos; dejando a las infiltraciones en el subsuelo y a las vaporizaciones atmosféricas la disminución del volumen de los lagos.

2. EPOCA COLONIAL

Durante esta época los indigenas de Xochimilco siguieron conservando sus chinampas, pues conocian muy bien como cultivarlas y así podían pagar tributos reales a los españoles. en cambio estos se adueñaron de los terrenos mas despoblados que se convirtieron en haciendas y ranchos, algunos de los cuales se hicieron en Xochimilco (Lugo, 1984).

La población indígena mantuvo a su manera habitual el cultivo de sus chinampas desde el punto de vista agrícola y florístico y en cierto modo la agricultura de las chinampas fue mejorada, pues fueron introducidos nuevos cultivos traídos de

Europa como las lechugas, coles, zanahorias, rábanos, cebollas, trigo, cebada, betabel, habas, alcañafas, nabo, y dentro de las flores, los claveles y las espuelas de caballero (Coe, 1964 ; Rojas, 1983).

Xochimilco, representó durante la colonia un papel comercial como abastecedor de productos propios de la zona así como de productos de otros lugares, como fueron los de las zonas cálidas del sur del país para los mercados de la ciudad de la Nueva España.

La presencia de lagos causó constante admiración en quienes visitaron la capital de la Nueva España, y además de ello las canoas entrando y saliendo de la ciudad constituyeron una visión espectacular. La navegación tenía influencia decisiva en la existencia de sus habitantes, pues el número de las canoas nos da una plena idea de la importancia de la red fluvial en los años de la colonia. Gibson (cit. en Sierra, 1984), cita que en los años de la conquista el número total de canoas fluctuaba entre 100 y 200 mil ; estimaciones del siglo XVII expresan que entonces entraban a la ciudad de 70 a 150 canoas diarias y un registro del año de 1777 dió 26.246 cargas transportadas en canoas como una cifra anual de lo que llegó a la urbe en ese año. Sin embargo, la navegación en los proyectos y realizaciones coloniales siempre se mantuvo lateralmente a pesar de que algunas proposiciones quisieron disciplinar y organizar la navegación, nunca se le dió importancia habiendo sido el desagüe y la desecación de los lagos la primordial preocupación virreinal, con lo que la red fluvial desaparecía prácticamente. (Sierra, 1984).

Dentro de las inundaciones mas graves de la colonia, estan: la primera en 1553, la segunda en 1580, la tercera en 1604, la cuarta en 1607, en esta que fue muy abundante en lluvias, se iniciaron a finales del año las famosas obras de

Huehuetoca que durarían más de 30 años con Enrico Martínez a la cabeza de estas obras para el desagüe directo de la cuenca, que se concebía como el remedio definitivo para evitar las inundaciones. La quinta de las memorables inundaciones de la colonia, fué la que sucedió en 1629, iniciándose en el mes de julio; las obras de Huehuetoca ya contaban con 22 años de haberse comenzado pero con un gran problema, el material en donde se realizaron dichas obras era muy deleznable y esto con una gran avenida del río Cuautitlan, cerró la boca del desagüe de Huehuetoca y se rompió el dique de Coyotepec que impedía que el río entrara en la Lago de Zumpango y de allí sobre el de San Cristobal, hasta caer en el de Texcoco, operándose en unas cuantas horas la completa inundación de la ciudad. Más tarde, el día 20 de septiembre de ese mismo año con un copiosísimo aguacero desde la víspera hasta el día siguiente llovió con increíble fuerza durante 36 horas seguidas. Esta inundación duró cinco años, hasta 1634. (Ramirez, 1976).

El mes de septiembre de 1655 fué angustioso para los habitantes de la ciudad, la abundancia de lluvias que aunque culminó antes de cumplirse las 24 horas fué suficiente para desbordar los lagos sobre ella y todas las poblaciones ribereñas: de tal manera que durante más de tres días solo fué posible transitar a bordo de las rústicas embarcaciones. En el mes de octubre se celebró una junta entre el virrey Don Luis de Velasco y los regidores de la ciudad con el objeto de tomar medidas para que fuera menor el riesgo de las inundaciones, acordandose que por cuenta propia se construyera entre otras obras menores, un albarradón semejante al conocido en Tenochtitlan, pero más cerca de la ciudad, ubicado en la calzada de Tepeaquila (calzada de Guadalupe) hasta la de Iztapalapa que fué conocido después como "albarradón de San Lazaro". Sin embargo este problema se presentó periódicamente, algunos años con mayor incidencia que otros pero nunca dejó de crear momentos difíciles, los que fueron apoyo de

proyectos de desagüe y desecación de los lagos (Sierra, 1984).

3 EPOCA CONTEMPORANEA

Al finalizar la época colonial, el Lago de Xochimilco seguía conservando sus características físicas y manteniendo un desarrollado tráfico comercial por las vías acuáticas, lo que persistió hasta finales del siglo XIX. Este se caracterizó por una gran cantidad de proyectos de desagüe y desecación de los lagos de la Cuenca de México, a su vez, proyectos con fines de transporte, canalización y de irrigación. El Canal de Chalco era la vía más importante de comunicación en el sur de la cuenca, y para el transporte de los productos directamente hacia los mercados de la Ciudad de México fué el Canal de la Viga. Aurelio Almazán decía al respecto en 1867: "El canal de México a Chalco, tan interesante para el comercio entre estas poblaciones y en especial con gran parte de tierra caliente". "El canal parte de la orilla de la población de Chalco, cruza el lago de este nombre, pasando por el pueblo de Xico, después atraviesa el dique de Tlahuac que divide los lagos de Chalco y Xochimilco en el pueblo de Tlahuac, del pueblo continúa por el Lago de Xochimilco hasta su término en Tomatlan, en donde está construído el dique de "mas arriba", después sigue por la Acequia Real, pasando por los pueblos de Culhuacan y Mexicalcingo y a las orillas de San Juanico, Ixtacalco y Santa Anita, entrando a la ciudad por la garita de la Viga".

Todavía en 1856 el Lago de Chalco era surcado por numerosas embarcaciones, incluso por embarcaciones de vapor; en agosto del mismo año se terminó un canal llamado de Santa Martha, dirigido por el ingeniero Francisco de Garay que serviría para hacer el desagüe del Lago de Xochimilco al Lago de Texcoco, pero previno la conveniencia de que debía hacerse navegable.

Posteriormente, para continuar con el vaciamiento del Lago de Xochimilco, se construyó el Canal de Garay, comunicándolo con el de Santa Martha (Sierra, 1984).

En 1877, el ministro de Fomento, Vicente Riva Palacio consideró a Chalco uno de los mejores puertos interiores para el desarrollo del sistema fluvial. En marzo de 1877, se inició la formación de un canal entre Chalco y Tepexpan con ramal de San Isidro a la garita de San Lázaro. Además en noviembre de 1877 se firmó el contrato entre el ministro Riva Palacios y el señor Antonio Gilly para la apertura de un canal navegable entre México y Chalco; se comenzaría cerca del rastro de la ciudad o en el puente de Molinos, en el Paseo de la Viga y pasaría a orillas del pueblo de la Magdalena, se dirigiría cortando los potreros del sureste hasta encontrar el canal de Garay; de ahí se pasaría del canal de Texcoco al de Xochimilco y por el canal de San Lorenzo la ruta tomaría dirección entre Tlahuac, Xico y Chalco; se reservó a la empresa el derecho de navegar únicamente por vapor. (Sierra, 1984).

Las nuevas obras fueron estimuladas por los periódicos de la capital, surgió en importancia el interés puesto por el ministro Riva Palacio y el canal propuesto por Gilly tomó el nombre del funcionario; así mismo el proyecto incluyó un ramal de Chalco hasta Tepexpan con otro igual de Tecamachalco a la garita de San Lázaro.

La construcción del Canal de Ayotla (1895-1896) marcaría el fin del Lago de Xochimilco; dadas las necesidades de agua potable de la Ciudad de México, es decir, debido al descontrolado crecimiento urbano, requería que se le dotara de agua suficiente, siendo así, se planteó y construyó el gran acueducto de Xochimilco-México, con la consecuente captación del agua de los manantiales de las chinampas de Xochimilco

iniciandose su funcionamiento en 1913 o 1914: el agua era bombeada y llevada por gravedad por el acueducto hasta la estación Condesa. En 1940 la estación Condesa fué sustituida por la de Xotepingo (Trejo, 1984).

La captación de los manantiales aunada al inicio de la desecación de los lagos de Xochimilco y Chalco, también a principios del siglo XX, provocó un abatimiento progresivo del nivel de las aguas de los canales que regaban las chinampas. En 1948, el abatimiento de las aguas llegó a ser casi total, lo que provocó que algunos de los canales de Tlahuac y Mixquic se secaran totalmente, mientras que en otros lugares el nivel de las aguas descendió hasta un metro.

Como resultado de las protestas de los campesinos, las autoridades deciden reducir el bombeo de agua a la ciudad de México de $2.4 \text{ m}^3/\text{s}$ a $1.6 \text{ m}^3/\text{s}$, en el año de 1953. (Trejo, 1984).

Posteriormente, antes de 1960, se vuelve a aumentar el bombeo a la ciudad de México a la cantidad original de $2.4 \text{ m}^3/\text{s}$ lo que causa un nuevo abatimiento de las aguas que afectó tanto a las actividades agrícolas como a las turísticas.

La respuesta de las autoridades fué restituir parte del agua extraída por las aguas negras tratadas en la planta Xochimilco. En 1958, se construyó la primera etapa de la planta y en 1959 sin dejar de extraer el agua, se empieza a mandar $0.4 \text{ m}^3/\text{s}$ a los canales de Xochimilco y en 1967, se amplía la capacidad de la planta con el fin de enviar $1.25 \text{ m}^3/\text{s}$ y así se esperaba mantener el nivel del agua en los canales, lo que finalmente no se logro. Por ello, a partir de 1976, con la inauguración de la planta "Cerro de la Estrella" se dispone de otros $1.2 \text{ m}^3/\text{s}$ que benefician a los campesinos de Zapotitlan, Tlahuac y San Gregorio Atlapulco. (Trejo, 1984).

Estas aguas residuales provienen del Rio Churubusco y posteriormente a su tratamiento, llegan a los canales de Xochimilco por medio del Canal Nacional.

En las mencionadas plantas de aguas residuales se da un tratamiento primario a las mismas, el cual en forma muy esquemática consta de los siguientes pasos:

1) Sedimentación y decantación primaria para eliminar los desechos.

2) Aereación, para que desplieguen su actividad las bacterias aereobias, por medio de ventiladores que burbujan en las aguas.

3) Sedimentación y decantación secundaria para eliminar lodos biológicos.

4) Cloración al 1.5 mg/l.

El problema se agudiza puesto que, además de que el tratamiento que se da a las aguas no es completo, estas se conducen por canales a cielo abierto, por medio del Canal Nacional y el Canal de Garay que, al atravesar áreas de alta densidad de población así como zonas industriales, reciben descargas de drenaje, detritus, aguas con desechos industriales, abundante basura, etc. lo que quita todo valor al hecho de que hayan recibido algún tratamiento (Trejo, 1984).

La sobreexplotación hidráulica de la zona agoto el caudal de los manantiales y provocaron hundimientos diferenciales del sistema lacustre, reducción de los volúmenes de agua y desnivel de los terrenos, todo lo cual impide la recirculación del agua y convierte al sistema lacustre en una cuenca cerrada con unos cuantos canales que subsisten aun en la actualidad.

IV MARCO TEORICO DE LA SALINIZACION Y SU SOLUCION

1. ORIGEN DE LA SALINIZACION Y LA SODIFICACION DE LOS SUELOS

Los suelos salinos y sódicos deben su caracter particular al hecho de que contienen concentraciones excesivas, de sales solubles, sodio intercambiable o ambos. Las sales solubles producen efectos dañinos a las plantas, al aumentar el contenido de sal en la solución del suelo y el grado de saturación de los materiales intercambiables del mismo (arcillas y materia orgánica) con sodio intercambiable. Este último efecto se presenta cuando los constituyentes solubles son en su mayor parte sales de sodio cuya naturaleza es más permanente que el contenido salino de la solución del suelo, ya que el sodio intercambiable generalmente persiste después que las sales solubles se han eliminado (Richards, 1973).

"Suelo salino" es aquel que contiene sales solubles en tal concentración que alteran desfavorablemente su productividad. De igual manera, los "suelos sódicos" pueden definirse en términos del efecto del sodio intercambiable en su productividad. Según esto, los suelos alcalinos pueden o no contener un exceso de sales solubles. Posiblemente, el problema más común comprende a aquellos suelos que contienen un exceso de sales solubles, así como de sodio intercambiable y que según la terminología edáfica se denominan "suelos salino-sódicos".

El contenido de sales arriba del cual el crecimiento de las plantas es alterado, depende de ciertos factores, entre los cuales cabe mencionar la textura, la distribución de sales en el perfil, la composición de las sales y la especie vegetal. Con el objeto de distinguir los suelos salinos de los no salinos se han sugerido ciertos factores arbitrarios relativos a salinidad.

Kerney y Scofield (cit. en Richards, 1973), al discutir la selección de cultivos para suelos salinos, consideran que las plantas empiezan a ser afectadas de manera adversa en cuanto el contenido de sales en el suelo excede del 1%. Scofield considera un suelo salino si la solución extraída de una pasta saturada del suelo tiene una conductividad eléctrica de 4 mmhos/cm o mayor. Hasta ahora se considera el 15% de sodio intercambiable como el límite de separación entre los suelos no sódicos y los sódicos, esto es aceptado por el Laboratorio de Salinidad de los Estados Unidos (Richards, 1973).

Los minerales primarios de la corteza terrestre son la fuente principal de sales en los suelos. En orden de importancia, le siguen los océanos, donde se generan las llamadas "sales cíclicas". Otras fuentes son los volcanes, los microorganismos capaces de fijar o liberar nitrógeno y dióxido de carbono y finalmente los desechos industriales.

En adición al transporte atmosférico de sales, el movimiento de éstas se encuentra también ligado a los movimientos del agua. Una vez que las sales han sido introducidas en una determinada cuenca, la acumulación es factible si se presentan las siguientes condiciones naturales o inducidas (Richards, 1973):

Condiciones Naturales

- 1) Depresiones con drenaje impedido
- 2) Planicies con inundaciones periódicas.
- 3) Deltas de ríos.

Condiciones Inducidas

- 1) Infiltración en canales y uso excesivo de volúmenes de riego, que favorecen la elevación del manto freático.
- 2) Intrusión de aguas salinas por abatimiento de niveles en los acuíferos, debido al exceso de bombeo.
- 3) Empleo de aguas de mala calidad.
- 4) Deficiente manejo del agua de riego
- 5) Dosis excesivas de fertilización.

Cuando los mecanismos de acumulación de sales se producen por condiciones naturales, generalmente generan suelos con problemas de ensalitramiento debido a las deficiencias de drenaje superficial y/o subterráneo, ya que cuando las aguas no drenan de manera satisfactoria se encharcan o alcanzan altos niveles freáticos que al evaporarse o evapotranspirar acumulan sales disueltas en la parte superior del suelo.

Cuando los mecanismos son inducidos, la acumulación de sales representa un problema de importancia económica, ya que por lo regular se presenta en áreas agrícolas bajo riego, la causa es el mal manejo del agua.

Las sales solubles del suelo consisten principalmente en varias proporciones de cationes: sodio, calcio y magnesio, y de los aniones: cloruro y sulfato; el catión potasio y los aniones bicarbonato, carbonato y nitrato, se encuentran generalmente en cantidades menores.

Los iones bicarbonato se forman como consecuencia de la disolución del CO_2 en el agua. El CO_2 puede ser de origen atmosférico o biológico y el agua que contiene CO_2 es un activo agente químico interperizante que libera cantidades apreciables de aniones en forma de bicarbonato. Los iones carbonato y

bicarbonato estan relacionados entre sí, y la cantidad que hay de cada uno de ellos está en función del pH de la solución. Mayores cantidades de iones carbonato, sólo pueden presentarse para valores de pH de 9.5 o más altos.

El drenaje restringido es un factor que frecuentemente contribuye a la salinización de los suelos y que puede llevar consigo la presencia de una capa freática poco profunda o una baja permeabilidad del suelo.

2. CLASIFICACION DE LOS SUELOS SALINOS Y SODICOS

Con base en lo anterior la clasificación que se usa de una manera más amplia es la del Laboratorio de Salinidad del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos de Norteamérica (USDA) (Richards, 1973). Sus fundamentos se basan en tres criterios de diferenciación:

1. El contenido de sales solubles del suelo, medido con la conductividad eléctrica (C.E.) del extracto de saturación de una pasta saturada con agua destilada.
2. El porcentaje de sodio intercambiables (PSI), que proporciona el porcentaje relativo de sodio adsorbido en el complejo de intercambio del suelo.
3. El pH de una solución acuosa del suelo, es el logaritmo negativo de la actividad del ión hidrógeno.

Esta clasificación se sustenta más en las propiedades químicas cuantitativas del suelo que en las diferencias morfológicas del mismo y por ello es de gran utilidad en el diagnóstico y tratamiento de los suelos con salinidad o

sodicidad.

Los suelos se clasifican en tres categorías:

1. Suelos salinos.
2. Suelos sódicos.
3. Suelos salino-sódicos.

2.1. SUELOS SALINOS

Son aquellos que contienen en la zona radicular una concentración de sales disueltas en la solución del suelo suficientemente alta para restringir el desarrollo de los cultivos; la reacción de estos suelos va de neutra a ligeramente alcalina. El pH puede variar entre 7 y menos de 8.5 El PSI se mantiene por debajo de 7. por lo que la estructura del suelo no se ve afectada (Pizarro, 1978).

Por el tipo de sales presentes que afectan la recuperación de estos suelos, se pueden clasificar en:

- A.- Suelos salinos con Na^+ que contienen principalmente NaCl y Na_2SO_4
- B.- Suelos salinos con Ca^{++} y Mg^{++} , que contienen principalmente MgSO_4 , MgCl_2 , CaCl_2 , y CaSO_4 .

En la solución del suelo, el sodio rara vez representa más de la mitad de los cationes disueltos y por lo tanto no es adsorbido de forma importante. Los aniones principales son los cloruros y los sulfatos. Pueden presentarse también pequeñas concentraciones de bicarbonatos pero invariablemente los carbonatos solubles casi no se encuentran.

Durante mucho tiempo se ha aceptado como límite el

valor de la CE=4 mmhos/cm. para definir si un suelo es salino o no. Con base en esto, se consideraba no salino todo suelo de CE <4 mmhos/cm (Richards, 1973). Sin embargo CE = 3 mmhos/cm puede ocasionar pérdidas de producción importantes en varios cultivos. Por esta razón, adoptamos como límite el valor de CE = 2 mmhos/cm. (Pizarro, 1978).

Atendiendo a sus efectos sobre las producciones de los cultivos, los suelos salinos se pueden clasificar según el Cuadro No. 1

Cuadro No.1

Clase de salinidad	CE (mmhos/cm)	Descripción
Ligeramente salinos	2-4	Rendimientos restringidos en cultivos sensibles.
Medianamente salinos	4-8	Rendimientos restringidos en la mayor parte de los cultivos.
Fuertemente salinos	8-16	Rendimientos satisfactorios sólo en cultivos tolerantes.
Extremadamente salinos	> 16	Muy pocos cultivos dan rendimientos satisfactorios.

Pizarro, 1978

Los suelos salinos casi siempre se reconocen por la presencia de costras blancas en la superficie denominadas "alcali blanco". Con un drenaje adecuado se puede eliminar el exceso de las sales solubles por medio de lavados, con lo que el suelo pasa a ser normal. Estos suelos casi siempre se encuentran floculados debido a la presencia de un exceso de sales en la solución y al reducido PSI. (Pizarro, 1978).

2. 2. SUELOS SODICOS

Son los que contienen en la zona radicular suficiente sodio adsorbido por el complejo de cambio para desarrollar propiedades físicas y químicas desfavorables, restringiendo el crecimiento normal de las plantas. La PSI es superior a 7. La reacción de estos suelos varía según el PSI y la presencia o ausencia de CO_3^{--} o HCO_3^- . El pH va desde 8 hasta más de 9.5. El contenido de sales de estos suelos es generalmente bajo con una $\text{CE} < 2$ mmhos/cm (Pizarro, 1978).

La solución del suelo contiene en su mayor parte cloruros, sulfatos, bicarbonatos, aunque puede haber pequeñas cantidades de carbonatos. A pH muy elevado y en presencia de iones carbonato, el calcio y el magnesio precipitan por lo que las soluciones de los suelos sódicos contienen pequeñas cantidades de calcio y magnesio, predominando el sodio (Pizarro, 1978). El Cuadro No.2 muestra la clasificación de los suelos según el PSI.

El Cuadro No.2

Clase	PSI	Producción de los cultivos %
Ligeramente sódicos	7-15	80-60
Medianamente sódicos	15-20	60-40
Fuertemente sódicos	20-30	40-20
Extremadamente sódicos	> 30	< 20

Pizarro, 1978.

En estos suelos las arcillas se dispersan y son arrastradas por el agua de lavado, pueden acumularse a pocos centímetros de profundidad, formando una capa de estructura prismática o columnar, poco permeable. La parte superior presenta textura gruesa y quebradiza.

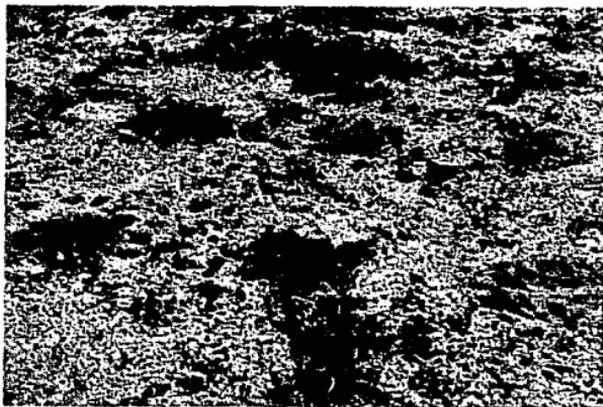
En los suelos de elevado PSI, la materia orgánica se dispersa y disuelve, depositándose en la superficie, la que le da un color oscuro característico, dando origen a la denominación "alcali negro".

2.3 SUELOS SALINO-SÓDICOS

Son aquellos que en la zona radicular contienen altas concentraciones de sales solubles, y un PSI suficiente para



Aspecto de la chinampa en época de lluvias, observese el crecimiento heterogéneo y la poca talla del cultivo de maíz.



Aspecto de la chinampa en época de secas, observese las sales que afloran en su superficie.

restringir el crecimiento de las plantas. Como límites se adoptan: $CE > 2$ mmhos/cm y $PSI > 7$. La reacción de estos suelos varía con su grado de salinidad y con la presencia de CO_3^{--} o HCO_3^- (Pizarro, 1978).

Siempre que contengan un exceso de sales, su apariencia y propiedades son similares a las de los suelos salinos. En este caso el pH raramente es mayor de 8.5 y las partículas coloidales permanecen floculadas. Si el exceso de sales solubles es lavado, las propiedades de estos suelos pueden cambiar notablemente, llegando a ser idénticas a las de los suelos sódicos. A medida que la concentración de sales disminuye en la solución, parte del sodio intercambiable se hidroliza para formar hidróxido de sodio que, a su vez, con el CO_2 presente en la atmósfera del suelo forma Na_2CO_3 . En cualquier caso el lavado de un suelo con características sódicas, puede hacerlo mucho más alcalino ($pH > 8.5$). Las partículas coloidales se dispersan de la misma manera que en los suelos sódicos (Pizarro, 1978).

3. RESPUESTA DE LOS CULTIVOS EN SUELOS SALINOS

Cuando un cultivo se desarrolla en suelos salinos, las plantas usualmente presentan achaparramiento con una variabilidad considerable en su tamaño, el follaje es de color verde-azul profundo y se ven manchones del terreno sin plantas, sin embargo estas características no son indicaciones infalibles de salinidad. Debido a que la mayoría de las plantas son más sensibles a la salinidad durante la germinación que en las últimas etapas de su desarrollo, los manchones que deben de tomarse más en cuenta como indicadores de salinidad son aquellos que están alrededor de la semilla durante su germinación más que el estado general del suelo (Richards, 1973).

Deben de tenerse precauciones para evitar la confusión entre los efectos debidos a baja fertilidad del suelo y de aquellos causados por salinidad. Las plantas achaparradas debido a baja fertilidad, son comunmente de color verde-amarillento, mientras que las achaparradas por efecto de salinidad son caracteristicamente verde-azulosas. La apariencia azulosa es el resultado de una cubierta cerosa de espesor poco común, sobre la superficie de las hojas y el color más oscuro se debe a un incremento en el contenido de clorofila por unidad de superficie foliar, sobre la base de peso fresco. La remolacha o betabel, los rábanos y especies relacionadas, las crucíferas como la col, coliflor y brócoli, la alfalfa, algunos tréboles pastos y otros cultivos, en general desarrollan una coloración verde-azulosa notable cuando crecen en suelos salinos. Algunas especies desarrollan áreas necróticas características así como quemaduras en las puntas y en las márgenes de las hojas, cuando crecen en suelos salinos. El enrollamiento de las hojas suele manifestar una deficiencia de humedad en las plantas, pero también puede indicar salinidad cuando ocurre en presencia de una humedad del suelo aparentemente adecuada. Sin embargo, aún cuando la apariencia del cultivo pueda indicar condiciones de salinidad, un diagnóstico seguro sobre la salinidad, requiere de evidencia adicional que se obtenga por análisis químico del suelo y de las plantas (Richards, 1973).

Las sales disueltas en la solución del suelo afectan a las plantas a través de dos mecanismos diferentes: mediante un aumento de la presión osmótica y por su efecto tóxico.

A medida que aumenta la concentración salina de la solución del suelo, aumenta la presión osmótica y llega un momento en que las raíces de las plantas no tienen la fuerza de succión necesaria para contrarrestar esa presión osmótica y, en

consecuencia, no absorben el agua del suelo. Tanto es así que el caracter de halofitismo se debe a adaptaciones morfológicas o fisiológicas de las plantas, que les permiten absorber agua de soluciones de elevada presión osmótica.

El otro mecanismo por el que las sales afectan el desarrollo de las plantas es la toxicidad. Este fenomeno ha sido muy estudiado pero no suficientemente esclarecido. Parece que la toxicidad de las sales no es debida al efecto directo de sus iones, sino a que estos inducen alteraciones en el metabolismo ocasionando la acumulación de productos tóxicos. Por ejemplo el algodón en suelos salinos experimenta un cambio en el metabolismo del nitrógeno, con acumulación de NH_4 que tiene un efecto tóxico (Pizarro, 1978).

El estudio riguroso de la tolerancia de las plantas a la salinidad debería considerar no solamente las cantidades totales de sales, sino también la composición de las mismas, la fase de la planta, el suelo, el estado de humedad etc.

Aunque es posible la extracción de la solución de la pasta de saturación del suelo para determinar su presión osmótica, este procedimiento se emplea raras veces. En el Cuadro No. 3 se presentan los cultivos que son afectados en forma tóxica por iones específicos ya mencionados.

Cuadro No.3
CULTIVOS AFECTADOS POR IONES ESPECIFICOS

Ión	Frutales	Hortalizas	Cultivos extensivos
Na ⁺	Almendro Aguacate Cítricos Melocotón Vid	Judía Fresa	Maíz
Ca ⁺⁺	Frutales de hueso	Hortalizas en verde	Lino
Cl ⁻	Aguacate Cítricos Frutales de hueso Vid	Papas Fresa	Tabaco
SO ₄ ^{..}	Plátano	Lechuga	
HCO ₃ ^{..}		Judía	
NO ₃ ^{..}			Remolacha azucarera Caña de azúcar

Pizarro, 1978.

Cuando se seleccionan cultivos para suelos salinos se debe tener en cuenta su tolerancia a las sales durante la germinación. En condiciones de campo es posible modificar las prácticas de siembra para reducir al mínimo la presencia de las sales alrededor de las semillas, mejorando así la población de plantas para cultivos sensibles a sales durante la germinación (Richards, 1973).

En el laboratorio se ha podido estudiar la tolerancia a sales de gran número de especies vegetales. El mejor criterio que se ha seguido para evaluar la tolerancia a sales de un cultivo ha

sido el de rendimiento relativo del cultivo en un suelo salino, en comparación con el correspondiente a un suelo no salino bajo condiciones similares. con base a este criterio se ha elaborado el siguiente Cuadro No.4.

Cuadro No.4

TOLERANCIA RELATIVA A LA SALINIDAD DE LOS CULTIVOS

Alta tolerancia
a la salinidad

Tolerancia media
a la salinidad

Tolerancia baja
a la salinidad

FRUTALES

$CEx10^3$ -18 máximo

Palma datilera

$CEx10^3$ -10 máximo

Granado
Higuera
Olivo
Vid
Melón

$CEx10^3$ -5 máximo

Peral
Manzano
Naranja
Uva de mesa
Ciruelo
Almendro
Albaricoquero
Melocotonero
Fresa
Limón
Persea americana

$CEx10^2$ -5 mínimo $CEx10^1$ - 3 mínimo

H O R T A L I Z A S

CEx10 ³ -12 máximo	CEx10 ³ -10 máximo	CEx10 ³ -4 máximo
Remolacha de mesa	Tomate	Rábano
Espárragos	Broccoli	Apio
	Col	Judías verdes
	Pimiento	
	Coliflor	
	Lechuga	
	Maíz dulce	
	Patatas	
	Zanahorias	
	Cebollas	
	Guisantes	
	Calabaza	
	Pepino	
CEx10 ³ -10 mínimo	CEx10 ³ -4 mínimo	CEx10 ³ -3 mínimo

CULTIVOS FORRAJEROS

CEx10 ³ -18 máximo	CEx10 ³ -12 máximo	CEx10 ³ -4 máximo
Pasto de las Bermudas	Trébol blanco	<u>Trifolium repens</u>
<u>Chloris gayana</u>	Trébol amarillo	<u>Alopecurus</u>
<u>Bromus catharticus</u>	<u>Lolium perenne</u>	<u>pratensis</u>
Centeno silvestre	Bromo de la montaña	<u>Trifolium hybridum</u>
Gramma de trigo	<u>Trifolium fragiferum</u>	Trébol rojo
Cebada	<u>Paspalum dilatatum</u>	Trébol ladino
Trébol pata de pájaro	<u>Melilotus alba</u>	
	Alfalfa	
	Pasto del Sudán	
	Festuca alta	
	Centeno	
	<u>Dactylis glomerata</u>	
	Gramma azul	
	<u>Festuca elatior</u>	
	<u>Phalaris arundinacea</u>	
	Trébol grande	
	<u>Bromus inermis</u>	
	<u>Arrhenatherum elatius</u>	
	<u>Astragalus cicer</u>	
	<u>Melilotus indicus</u>	
	<u>Astragalus</u>	
CEx10 ³ -12 mínimo	CEx10 ³ -4 mínimo	CEx10 ³ -2 mínimo

CULTIVOS EXTENSIVOS

CEx10 ⁵ =16 máxima	CEx10 ⁷ =10 máximo	CEx10 ¹ =4 máximo
Cebada (grano)	Centeno (grano)	Habas
Remolacha azucarera	Trigo (grano)	
Colza	Avena (grano)	
Algodón	Arroz	
	Sorgo (grano)	
	Maíz	
	Lino	
	Girasol	
	Ricino	
CEx10 ³ =10mínimo	CEx10 ³ =6 mínimo	

Richards, 1973.

Dentro de cada grupo de plantas, el arreglo es en orden decreciente de tolerancia a las sales, pero una diferencia de dos a tres lugares dentro de una misma columna puede no ser significativa. Los valores de la CE que se presentan en la parte superior de cada columna representan el nivel de salinidad en el cual es de esperarse una disminución del 50% en los rendimientos en comparación con rendimientos obtenidos en suelos no salinos bajo condiciones similares.

La posición de cada cultivo en este cuadro, refleja su tolerancia relativa hacia las sales bajo prácticas usuales de cultivo cuando dicho cultivo se desarrolla bajo riego, pero de ninguna manera refleja la capacidad fisiológica inherente del propio cultivo para resistir la salinidad bajo cierto número de condiciones climáticas que no son uniformes para todos los cultivos.

4. LA RECUPERACION DE LOS SUELOS CON PROBLEMAS DE SALINIDAD.

La recuperación de los suelos implica, un mejoramiento de sus condiciones con respecto a las plantas, esto es, mientras que en los suelos salinos es necesario reducir el contenido de sales, para los salinos-sódicos se requiere reducir el contenido de sales, además de, tomar medidas para evitar que se deterioren sus propiedades físicas, mientras que para los suelos sódicos, se deben mejorar sus condiciones físicas, por lo que son los más difíciles de recuperar.

Para la recuperación de los tres tipos de suelos, se utilizan varios métodos, la mayor eficacia de su aplicación resulta de la combinación de varios de ellos (Aceves, 1981).

- A.- Recuperación por métodos físicos.
 - Inversión del perfil.
 - Acondicionamiento de la textura del suelo.
 - Subsoleo.
 - Labranza o barbecho profundo.
 - Impermeabilizantes artificiales.

- B.- Recuperación por métodos químicos
 - Sales cálcicas solubles: yeso ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) y cloruro de calcio ($\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$).

 - Ácidos y formadores de ácidos: azufre (S), ácido sulfúrico (H_2SO_4), sulfatos de hierro y aluminio ($\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) y ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$), polisulfuro de calcio (CaS_5), la vinaza y la pirita (FeS_2).

- Compuestos calcicos de baja solubilidad: la caliza (CaCO_3) y la dolomita ($\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$).
- C.- Recuperación por métodos hidrotécnicos.
- Métodos de lavado: riego por surcos, goteo, subirrigación, aspersión y por inundación.
 - Drenaje.
- D.- Recuperación por métodos biológicos.
- Incorporación de: estiércoles, abonos verdes, compostas, algas y otros.
 - Establecimiento de plantas nativas o cultivos tolerantes.
- E.- Recuperación por métodos eléctricos.
- Estos métodos se basan en la aplicación directa de una corriente eléctrica al suelo, involucrando varios procesos y principios electroquímicos complejos como electrósmosis, que toman lugar cuando una corriente eléctrica pasa a través de un suelo saturado. Estos procesos favorecen la remoción de cationes intercambiables del suelo.

El barbecho profundo se utiliza para mejorar la permeabilidad del suelo cuando existen capas de diferentes

permeabilidades y/o para llevar a la superficie el carbonato de calcio, normalmente se efectúa desde 50 hasta 150 cm.

El subsileo se hace para romper estratos duros.

La adición de arena se efectúa para mejorar la permeabilidad del suelo, aunque su efecto se restringe a la capa superficial.

La inversión del perfil se utiliza cuando el suelo superficial tiene buenas características físicas, pero la parte superior del subsuelo no las tiene. La inversión es entre el subsuelo y el sustrato del perfil.

Los métodos eléctricos son aquellos que utilizan la recuperación de suelos salinos, suelos sódicos y suelos salino-sódicos mediante el paso de una corriente eléctrica y lavados. Estas técnicas son las más recientes para la recuperación de estos suelos y aún se hallan en vías de mayor experimentación que conduzcan a datos concluyentes sobre las especificaciones de su uso.

Incrementan la desalinización, la desodización, la capacidad máxima de retención de humedad del suelo y con pequeñas aplicaciones de yeso, en el caso de los suelos sódicos el método suele ser más efectivo ya que se disminuye la cantidad de corriente empleada y aumenta la velocidad de recuperación, debido a la formación de agregados estables al agua; así mismo tan pronto se conecta la corriente, aumenta la velocidad de infiltración y percolación en los suelos sódicos. (Aceves, 1981).

Los métodos hidrotécnicos que se componen de lavado y drenaje son los principales componentes para un proyecto de recuperación y prevención de una salinización secundaria.

En la actualidad, el único procedimiento práctico de extraer las sales del suelo es el lavado que consiste en hacer pasar a través del suelo una cierta cantidad de agua que arrastre las sales existentes. Para que los lavados sean efectivos, se requiere que el suelo tenga un drenaje que permita una eliminación subterránea de las aguas. Cuando se trata de suelos salinos no sódicos, este procedimiento es suficiente, ya que las sales se encuentran disueltas en la solución del suelo y son fácilmente arrastradas por el agua de lavado, en cambio cuando se trata de suelos sódicos, el sodio se encuentra retenido en los sitios de intercambio y el paso del agua y lavado no es suficiente para romper los enlaces que lo mantienen unido a estos sitios, con lo que el sodio no es eliminado.

Los métodos químicos consisten en intercambiar sodio por calcio, mediante el uso de sales calcícas de alta y baja solubilidad, así como también de ácidos cuando el suelo contiene calcio (Aceves, 1981).

La liberación del sodio se consigue mediante la adición de sustancias llamadas mejoradores, por ejemplo, el yeso, cuyo calcio, desplaza al sodio de los sitios de intercambio del suelo y lo deja en disposición de ser lavado.

Una variante del método de lavados es el mostrado en suelos con alto contenido de sodio, que pueden ser recuperados en un período de tiempo relativamente corto si primero son saturados con agua altamente salina, tal como el agua de mar u otras fuentes para flocular el suelo y hacerlo permeable. En este caso el lavado inicial es seguido por sucesivos lavados con diluciones de agua altamente salina y de agua de riego.

5. LA RECUPERACION DE SUELOS SALINOS POR METODOS BIOLOGICOS.

Los métodos biológicos se basan en la adición de materia orgánica al suelo y/o el establecimiento de plantas con el propósito de aprovechar los beneficios que ambos ejercen en el mejoramiento de las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo (Aceves, 1981).

Para un mejor entendimiento de estos métodos biológicos se dividirán en:

- 1.- Efectos que ejerce el establecimiento de las plantas sobre el suelo ensalitrado.
- 2.- Efectos de incorporación de materia orgánica al suelo ensalitrado.

Estos dos tipos de efectos tienen su influencia tanto en forma individual como en forma combinada sobre las propiedades físicas y químicas y sobre la humedad de los suelos ensalitrados.

5.1. EFECTOS DE LA VEGETACION SOBRE LAS PROPIEDADES DEL SUELO.

Los efectos benéficos más importantes propiciados por la vegetación sobre las propiedades de los suelos ensalitrados se debe principalmente a la acción mecánica de sus raíces, las cuales modifican de manera directa las propiedades físicas e indirectamente las propiedades químicas y biológicas. El sistema de raíces afloja el suelo, incrementa su porosidad y su permeabilidad, mientras más profundo sea, mayor es el efecto, lo que facilita que el lavado se verifique a mayores profundidades y con ello la desalinización del suelo.

El efecto de la vegetación se puede dividir en tres clases: árboles, arbustos y cultivos o rotaciones de cultivos.

Arboles

La verificación de amplios estudios sobre el efecto que tiene en suelos ensalitrados ha sido por el establecimiento de especies forestales, como el olmo, arce o maple tártaro, álamo y roble (Parck y Filippova, 1951). Existen otros géneros como la Casuarina y ciertas especies de Juniperus.

Los efectos benéficos que principalmente han ejercido las anteriores especies son: la prevención de la salinidad y la sodicidad secundaria, formación de estructuras granulares, disminución en el valor del pH, aumento en el contenido de humus y el mejoramiento de las condiciones de humedad del suelo.

La desventaja que representa el usar este método, reside en que es de recuperación a muy largo plazo, debido a su acción lenta, pues su efectividad se hace manifiesta entre los 10, 30 y hasta los 50 años, según el grado de ensalitramiento, por lo que, se recomienda como una medida auxiliar y combinada con otros métodos de recuperación.

Arbustos

Se podría decir que el efecto de las raíces de los arbustos es semejante a la de los árboles, con la diferencia en profundidades.

Cultivos y rotaciones

En esta clase se han considerado pastos, alfalfa, cultivos como abonos verdes, arroz y rotaciones con otros cultivos.

Los efectos físicos y químicos ejercidos por las raíces son parecidos a los anteriores, sólo habría que destacar que el arroz y algunos zacates son los más socorridos como auxiliares de los métodos hidrotécnicos ya que soportan períodos largos de inundación, lo que permite que se efectuen lavados muy pesados.

Experiencias de campo muestran que con arroz se aceleró la recuperación de suelos sódicos por la remoción que se llevó a cabo, se disminuyó el pH de 9.2 a 7.9. En suelos salinos, durante el primer año la salinidad fué abatida a una profundidad de 3 metros y de 7 a 8 metros en el segundo año. Se redujo la salinidad de 1.78 a 0.29% en la capa arable.

Leguminosas como el trébol y la alfalfa son también usadas en la desalinización del suelo, y se cultivan solas o en combinación con zacates, debido a sus efectos sobre la agregación del suelo, la capacidad de retención de humedad, reducción de la escorrentía y la erosión.

5.2. EFECTO DE LA ADICION DE LA MATERIA ORGANICA AL SUELO SOBRE SUS PROPIEDADES FISICAS Y QUIMICAS

La adición de materia orgánica se puede dividir de acuerdo a su origen en: residuos animales (estiercoles), residuos vegetales (incluye abonos verdes y residuos de cosecha) (Aceves, 1981), y la composta (García, 1984).

Es necesario hacer notar que la adición de materia orgánica en forma de incorporación en la capa arable del suelo involucra fenómenos de descomposición y liberación de CO₂.

a) Residuos animales (estiércoles).- El más comunmente utilizado como acondicionador de las propiedades físicas y la fertilidad de los suelos es el estiércol de bovino y su aplicación constituye una práctica rutinaria en varios países del mundo, incluyendo México (Weber, 1971; Castellanos y Reyes, 1982; Trinidad, 1987).

En la recuperación de los suelos sódicos, la aplicación del estiércol (aún en forma líquida), ha revelado ser buen auxiliar y produce mejores resultados cuando se utiliza combinado con los métodos químicos, que cuando se aplican ambos por separado.

El mayor inconveniente que presenta el uso de los estiércoles como método de recuperación, es que se debe aplicar en grandes cantidades para que se manifieste su efecto, además generalmente solo beneficia a la capa arable, de ahí que se recomienda su uso en combinación con otros métodos, para aprovechar el efecto de la materia orgánica sobre las propiedades físicas del suelo, y utilizar con ello la eficiencia de otros métodos de recuperación (Aceves, 1981).

b) Residuos vegetales.- En la incorporación de residuos vegetales se han considerado dos grandes grupos:

- Incorporación de abonos verdes.
- Incorporación de residuos de cosecha.

Incorporación de abonos verdes

Usualmente, la incorporación de abonos verdes se efectúa como medida post-recuperativa o como auxiliar de otros métodos, aunque en otros casos excepcionales ha recuperado suelos por sí solos, sin embargo, en estos casos depende del tipo de abono verde y del grado de ensalitramiento del suelo.

Para tal práctica, se utilizan plantas resistentes a la sodicidad, de preferencia plantas nativas, de entre las cuales la que mejor resultado práctico ha dado es Sesbania spp, debido a su alto contenido de calcio, alta capacidad amortiguadora y su sabia ácida (Dhanvan, et al 1953; Yadav, 1961).

En suelos sódico-arcillo-limosos y sódico-migajón-arenosos se estudió el efecto de agregar materia orgánica como abono verde, comparado bajo condiciones de saturación y aereación, usando la misma cantidad de agua de lavado. Se encontró que el sodio intercambiable disminuyó bajo condiciones de saturación y en presencia de la materia orgánica.

Incorporación de Residuos de cosechas

Entre los residuos más comunes se usan con fines de recuperación, en primer lugar, la caña de azúcar en sus tres variantes: paja, bagazo y cachaza; también la cascarilla de arroz y las pajas de gramíneas en general, así como pajas y hojas de arboles.

Cuando se usan la paja y el bagazo, se recomienda desmenuzarlos y picarlos antes de incorporarlos a la capa arable, eliminando de la paja los materiales leñosos y adicionándoles nitrógeno para acelerar la descomposición. El bagazo es la caña

molida y contiene aun entre 40 y 50% de humedad.

La cachaza es un residuo del ingenio, compuesto de una mezcla de fibras de caña, sacarosa, coloides coagulados, con ceras y albuminoides, fosfatos de cal (la cual se añade para neutralizar el jugo ácido de la caña), arena y tierra. Es un material negro, esponjoso, hidrófilo, amorfo y liviano, con alto porcentaje de materia orgánica y calcio.

Experiencias de campo muestran que en Hawaii, la adición de 125-180 ton/ha de bagazo o paja es efectiva para mejorar las condiciones físicas y mantener la humedad de los suelos sódicos y con adición de yeso se han recuperado suelos en la República Dominicana y en Puerto Rico, observandose que con 250 ton/ha de cachaza se recuperan suelos salinos improductivos hasta hacerlos producir caña. (Bonnet, 1960).

La ventaja de estos materiales es que son muy baratos y abundantes en las zonas cañeras. Su desventaja es que solo son aplicables a esas zonas.

Otro material empleado es la cascarilla de arroz, también efectiva para disminuir el pH, grado de sodificación, coeficiente de dispersión y sales solubles. Su aplicación genera un aumento en los rendimientos de los cultivos con aplicaciones de 2 por ciento del peso del suelo.

Entre otros materiales que se pueden usar estan las pajas de gramíneas y las hojas de árboles como fuente orgánica, los cuales han dado resultados semejantes a los anteriores.

c) Composta.- El composteo es un proceso de degradación microbiana de sólidos orgánicos por medio de una respiración

aerobia que pasa por una fase termofílica (Grundey, 1982). Este proceso aplicado al tratamiento de basuras sólidas tiene los siguientes objetivos (Leal, 1981; Cruz, 1987):

- Reducción de masa y volumen: por medio de la volatilización de parte del carbono orgánico como CO_2 .
- Higiene pública: eliminación de lugares donde se reproduzcan insectos, plagas y patógenos, es decir, evitar focos de infección y propagación de innumerables enfermedades.
- Utilización de recursos desperdiciados. El uso principal del material producido es agronómico, y de esta forma permite reintegrar al suelo nutrientes minerales que de otra forma se perderían.

La importancia de la utilización de la composta urbana se resume según García (1984), en los siguientes puntos:

a) Efecto de materia orgánica: es decir, la formación de humus y su acción sobre el suelo. Esta acción a corto plazo no debe considerarse igual a la producida por la materia orgánica procedente de estiércoles animales, pero con el paso del tiempo los efectos son similares.

La materia orgánica humificable debe ser considerada como la fracción que contribuye esencialmente al mejoramiento de las propiedades físicas y biológicas de los suelos.

Algunos beneficios de estas aportaciones son: mejora del laboreo, mayor poder de retención del agua, acreación por medio de las raíces, solubilidad de otros elementos, aumento del poder de intercambio catiónico al incrementar el complejo arcillo - húmico y la aportación de microorganismos.

b) Aporte de elementos nutritivos macro y micronutrientes en pequeñas proporciones.

c) No presenta elementos tóxicos que ejerzan un efecto fisiológico sobre vegetales y organismos animales y humanos.

Particularmente en la Ciudad de México, los desechos orgánicos de la basura son los más cuantiosos de los desechos domésticos que se generan y en términos relativos representan entre el 44.9 y el 55.3% del peso total de la basura analizada (Restrepo, 1985).

5.3. EFECTOS DE LOS CULTIVOS Y LA MATERIA ORGANICA SOBRE LA HUMEDAD DEL SUELO.

Los principales son:

- 1).- Efecto sobre la evaporación.
- 2).- Efecto sobre la capilaridad.
- 3).- Efecto sobre el nivel freático.

Estos efectos pueden llevarse a cabo por la formación de un colchón de materia orgánica (mulch), en la superficie del suelo, con cultivos de cobertera, o simple incorporación de materia orgánica, de origen vegetal o animal en la capa arable.

Hardan (1969), experimentó el efecto de la vegetación natural (cultivo de cobertera) y de la cobertura ("mulching") sobre la salinización de terrenos laborables, en los cuales el drenaje no era adecuado además de un manto freático salino y superficial en los que los sistemas de labranza son poco practicados y las tierras permanecen sin uso, cubiertas solo con

la vegetación natural.

Los resultados fueron los siguientes:

- Los bancales con vegetación natural no formaron costras salinas en la superficie y se acumuló mucho menos sal en la capa superficial que en los bancales desnudos y que en los bancales con cobertura.

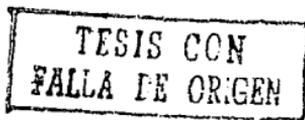
- La presencia de vegetación natural tuvo su efecto en reducir la precipitación del CaCO_3 y CaSO_4 en la franja capilar.

- Los sulfatos predominaron en la superficie del suelo en los bancales desnudos, mientras que los cloruros fueron dominantes en las superficies bajo cobertura y vegetación natural.

El peligro del desarrollo de un suelo sódico fue menor bajo tratamiento con vegetación natural, enseguida los bancales con cobertura y el de mayor peligro fue el de tratamiento con bancales desnudos.

Algunos estudios han demostrado que a suelos salinos a los que se les cubrió con un "colchón" de materia orgánica, en época de sequía elevaron menos su contenido salino en la capa superficial que los suelos desnudos. Así mismo, se observó que en época de lluvias se lavaron menos sales en el suelo y el colchón controló el movimiento de sales durante la sequía, e impidió el lavado; lo que sugiere que el colchón debe aplicarse solo en la época de secas. (Desai, 1946).

Se han establecido experimentos con una cubierta de trozos de algodón y arbustos (90 ton/ha) en un suelo infértil. Con lavados periódicos se observó que hubo menor concentración de sales en los suelos tratados que en los suelos desnudos, debido aparentemente a la reducida evaporación bajo la cubierta y a la

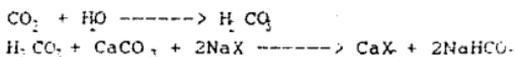


disminución del movimiento ascendente del agua y sales; además, bajó la concentración salina hasta 150 cm de profundidad en el suelo tratado y hasta 60 cm en el suelo desnudo (Carter y Fanning, 1984; Fanning y Carter, 1963).

Otros estudios con plantas cultivadas, mostraron que el mayor efecto lo tienen con el sombreado del suelo impidiendo la evaporación y favoreciendo la formación de una estructura granular que disminuye la capilaridad y con ello la disminución de sales en la superficie, que junto con la transpiración de su área foliar ayuda a mantener o a disminuir el nivel freático de los suelos. Como ejemplo de lo anterior la literatura refiere que se han establecido cultivos después del lavado, en suelos con aguas subterráneas débilmente mineralizadas para prevenir la salinidad por capilaridad, detener la evaporación, controlar el régimen de humedad y regular el régimen salino, ya que en pruebas de campo e invernadero los cultivos muestran efectos favorables en el régimen de agua en el suelo, reduciendo el flujo de humedad al horizonte de evaporación. (Aceves, 1981).

5.4. EFECTO COMBINADO DEL ESTABLECIMIENTO DE VEGETACION Y ADICIONES DE MATERIA ORGANICA SOBRE EL SODIO ADSORBIDO DEL SUELO.

El efecto sobre el sodio adsorbido se hace patente en presencia de CaCO_2 del suelo, el cual reacciona con el H_2CO_3 o CO_2 producidos en la descomposición de la materia orgánica y la respiración de las raíces de las plantas, según las reacciones siguientes:



Lo anterior es posible ya que tanto el CO_2 como el H_2CO_3 generados, facilitan la disolución del CaCO_3 y el desplazamiento del sodio adsorbido en la fracción coloidal. Sin embargo se ha considerado que el efecto benéfico principal no es el mencionado, sino el efecto de la acción física de las raíces para mejorar la permeabilidad y la lixiviación del suelo (Aceves, 1981).

5.5 FUNCIONES DE LA MATERIA ORGANICA DEL SUELO

En un panorama general de las funciones de la materia orgánica del suelo, estas se dividen en: químicas, biológicas y físicas por sus efectos sobre el suelo y también por sus efectos sobre el crecimiento vegetal y sobre los microorganismos del suelo. La materia orgánica tiene una función nutricional en cuanto que sirve como fuente de nutrimentos para el crecimiento vegetal; una función biológica de la materia orgánica es aquella en que es una fuente de energía para los microorganismos del suelo. Una función física es aquella en que favorece una buena estructura del suelo con lo cual se mejora la labranza, la aireación y la retención de la humedad.

La materia orgánica también tiene un papel indirecto en el suelo a través de sus efectos sobre la captación de micronutrimentos por las plantas, de herbicidas y otros químicos agrícolas. Podría además ser enfatizado que la importancia de cualquier factor varía de un suelo a otro y depende de las condiciones ambientales como el clima y la historia del cultivo entre otras razones.

En el Cuadro No. 5 se explican brevemente las propiedades generales de la materia orgánica y los efectos asociados a el suelo.

Cuadro No. 5

<u>Propiedad</u>	<u>Observación</u>	<u>Efecto en el suelo</u>
Color	El color oscuro típico de muchos suelos es causado por la materia orgánica	Puede facilitar el calentamiento
Retención del agua	La materia orgánica puede retener 20 veces su peso en agua	Ayuda a prevenir la desecación y la contracción. Puede mejorar significativamente las propiedades de retención de humedad de los suelos arenosos
Combinación con minerales arcillosos	Cementa partículas del suelo en unidades estructurales llamadas agregados	Permite el intercambio de gases. Incrementa la permeabilidad. Estabiliza la estructura
Quelación	Forma complejos estables con Cu^{++} , Mn^{++} , Zn^{++} y otros cationes polivalentes	Puede incrementar la disponibilidad de los micronutrientes para las plantas superiores
Solubilidad en el agua	La insolubilidad de la materia orgánica es debido a su asociación con las arcillas, también los cationes divalentes y trivalentes con la materia orgánica la hacen insoluble. La materia orgánica aislada, es parcialmente soluble en agua.	Parte de la materia orgánica es perdida por lixiviación

Acción amortiguadora

La materia orgánica exhibe acción amortiguadora en rangos ligeramente ácidos, neutros y alcalinos

Ayuda a mantener una reacción uniforme en el suelo

Intercambio catiónico total

La acidez total de fracciones aisladas de humus fluctúa de 300-1400 meq/100 g

Puede incrementarse la capacidad de intercambio catiónico del suelo. Del 20-70% de la CICT de muchos suelos es causada por la materia orgánica

Mineralización

La descomposición de la materia orgánica produce CO_2 , NH_4^+ , NO_3^- , PO_4^{3-} , SO_4^{2-} y micronutrientes

Es una fuente de elementos nutrientes para el crecimiento vegetal

Combinación con moléculas orgánicas

Afecta la bioactividad, persistencia y biodegradabilidad de los pesticidas

Es necesario la proporción de aplicación de pesticidas para control efectivo

Stevenson, 1982

5.6. COMPOSICION QUIMICA DE RESIDUOS VEGETALES.

Entre el 75 y el 90% de los restos organicos estan constituidos por el agua, el resto esta formado predominantemente por compuestos organicos con estructura polimerizada como son las proteinas, los polisacáridos (como celulosa, hemicelulosa y carbohidratos solubles), la lignina, los taninos, los lípidos, las resinas los terpenos y otros compuestos menos importantes desde el punto de vista cuantitativo de la mineralización y de la humificación y finalmente las cenizas (Ca^{++} , K^+ , Na^+ , Fe^{++} , etc.) (Fassbender, 1975; Salas, 1987).

La composición química de los restos vegetales varía según la edad y las funciones del órgano vegetal, de aquí que, la descomposición de cada uno de ellos en el suelo es distinta, por ejemplo, las plantas leguminosas que son más ricas en proteínas que las gramíneas, se descomponen más rápidamente y liberan nitrógeno durante este proceso, mientras que la descomposición de las gramíneas inmoviliza el nitrógeno del suelo en las primeras semanas. El calcio que es abundante en las cenizas de las leguminosas también por ese lado favorece la humificación, mientras que en las gramíneas el silicio que es el elemento predominante en las cenizas de las gramíneas, no favorece este proceso (Fassbender, 1975).

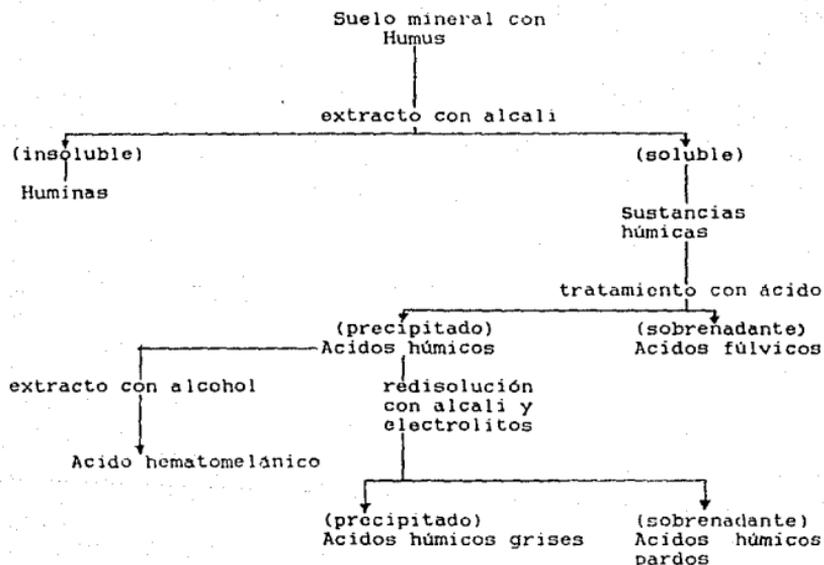
Otro ejemplo es la abundancia de resinas y taninos en las espículas de los pinos que afectan el desarrollo bacteriano por lo que su descomposición es lenta, ésta mas bien la realizan los hongos, cuyos productos metabólicos son muy ácidos, además de que la poca cantidad de cenizas de los pinos no logra neutralizar estos ácidos, en cambio, las hojas de los arboles de hojas anchas (latifoliadas) tienen siempre mas cenizas que las espículas de los pinos, en éstas predominan el silicio y el fierro mientras que en aquéllas predominan el calcio, el potasio y el sodio por

lo que los productos de descomposición de sus hojas son siempre menos ácidos.

5.7. CLASIFICACION DE LAS SUSTANCIAS HUMICAS.

La clasificación de las sustancias húmicas se hace con base en las características de solubilidad que ha permitido el fraccionamiento de la materia orgánica del suelo. Un esquema del fraccionamiento esta dado en la Figura No. 1.

Figura No.1



Stevenson. 1982.

Las sustancias húmicas se clasifican principalmente en huminas, las cuales son insolubles en alcali; los ácidos fúlvicos que se extraen con alcali y son solubles también en medio ácido, los ácidos húmicos que son solubles en medio alcalino y se sedimentan a un pH de 2.5. Estos ácidos a su vez se dividen en a) ácidos húmicos pardos por ser relativamente poco polimerizados y estar debilmente enlazados con la parte mineral del suelo, son solubles en medio alcalino y en electrolitos, b) ácidos húmicos hematomelánicos que también son relativamente poco polimerizados, son solubles en medio alcoholico y finalmente, c) ácidos húmicos grises que por ser relativamente muy polimerizados y por estar unidos a la parte mineral son insolubles en el medio alcalino con electrolitos.

Las fracciones más importantes son las huminas, los ácidos fúlvicos y los ácidos húmicos y de estas fracciones las más importantes aún son los ácidos fúlvicos y los ácidos húmicos por ser los de mayor actividad en los suelos.

5.8. CARACTERISTICAS DE LAS SUSTANCIAS HUMICAS.

5.8.1. CONTENIDO ELEMENTAL.

El contenido de carbono (C) de los ácidos húmicos tiene un rango de 50-60% ; de oxígeno (O) sus contenidos varían de 30-35%. los ácidos fúlvicos tienen menor cantidad de C (40-50%) pero mayor cantidad de oxígeno (44-50%) (Stevenson, 1982).

En el Cuadro No.6 se encuentra el contenido elemental de ambos ácidos, complementándose con los elementos hidrógeno (H), nitrógeno (N), y azufre (S).

Cuadro No.6

Contenido Elemental de los ácidos húmicos y fúlvicos
Peso seco libre de cenizas (%)

Elemento	Acidos húmicos	Acidos fúlvicos
C	50-60	40-50
O	30-35	44-50
H	4-6	4-6
N	2-6	<1-3
S	0-2	0-2

Stevenson, 1982.

Al comparar los contenidos de ambos ácidos, vemos que los AF contienen más O, pero menos C y N que los AH. Las cantidades de S e H son similares en ambos casos (Stevenson, 1982; Schnitzer, 1978).

5.8.2. GRUPOS FUNCIONALES QUE CONTIENEN OXIGENO.

Los principales grupos funcionales que contienen O en las sustancias húmicas son los grupos carboxilos (COOH), los grupos hidroxilos (OH), los grupos carbonilos (C=O), y los grupos metoxilos (OCH₃). En el Cuadro No.7 se ve la distribución de los principales grupos funcionales con oxígeno en las sustancias húmicas.

Cuadro No.7

Distribución de grupos funcionales en las sustancias húmicas

Grupos funcionales	AH	AF
--------------------	----	----

	(meq/g)	(meq/g)
Acidez total	6.7	10.3
COOH	3.6	8.2
OH fenólico	3.9	3.0
OH alcoholico	2.6	6.1
C=O quinónico		
	2.9	2.7
C=O cetónico		
OCH ₃	0.6	0.8

(Schnitzer, 1978).

La acidez total es la suma de los grupos carboxílicos más los grupos hidroxilo fenólicos. La acidez total y especialmente el contenido de grupos carboxílicos de los AF es mayor que el de los AH (Schnitzer, 1978; Gamble, 1972).

Una de las principales diferencias entre los contenidos de grupos funcionales de ácidos húmicos y ácidos fúlvicos es que una pequeña fracción en aquellos puede estar en forma de grupos como -COOH, -OH y -C=O, mientras que todo el oxígeno en los ácidos fúlvicos ha sido encontrado en estos mismos grupos. El contenido de grupos -COOH de las sustancias húmicas parece estar inversamente relacionado a su peso molecular.

En el Cuadro No. 9 se observa la distribución de los grupos -C=O quinónicos y cetónicos en los ácidos húmicos y fúlvicos; el contenido de los C=O quinónicos de los ácidos húmicos es generalmente mayor que el de los ácidos fúlvicos y un alto porcentaje de los -C=O totales están en forma quinónica en los ácidos húmicos a diferencia de los ácidos fúlvicos que tienen un buen porcentaje en forma cetónica.

Cuadro N°9

Contenido de C=O quinónico y cetónico de ácidos húmicos y fúlvicos
(meq/100g)

	Número de muestras	C=O quinónico	C=O cetónico	C=O total	$\frac{\text{C=O cetónico}}{\text{C=O total}}$	
Acidos húmicos						
	A	6	140-264	6-177	173-394	55.1-96.7
	B	7	140-210	80-420	270-560	25.0-70.4
	C	1	230	170	400	57.5
	D	1	350	—	—	—
	E	2	105-126	78	204	53.0-61.8
57	Acidos fúlvicos					
	A	6	28-145	104-336	220-383	9.4-52.7
	B	1	60	250	310	19.4
	C	1	200	200	400	50.0
	D	1	420	—	—	—

Stevenson, 1982

5.8.3. EL ESTADO COLOIDAL

El estado coloidal representa una condición intermedia entre las verdaderas soluciones, y las suspensiones donde las partículas son lo suficientemente grandes para asentarse bajo la influencia de la gravedad. El rango coloidal es frecuentemente considerado de 1.0- 0.001 μ m en diámetro, que corresponde al tamaño de partículas de 10^{-7} - 10^{-6} mm o de 10.000-10 Å.

El cuadro No.10 indica el diámetro aproximado de diversas partículas de diferentes tamaños.

Cuadro No. 10
Tamaño relativo de partículas

Partículas	Diámetro aproximado
Átomos	0.1-0.6 μ m
Moléculas	0.02-5.0 μ m
Grupos moleculares	0.5-10 μ m
Partículas coloidales	0.001-1.0 μ m
Partículas visibles microscópicamente	>250 μ m
Arcilla Coloidal	<0.2 μ m
Arcilla	<2 μ m
Limo	0.05-0.002 mm
Arena muy fina	0.10-0.05 mm
Arena fina	0.25-0.10 mm

1 Å (Angstrom) = 10^{-10} m = 10^8 cm; 1 μ m (micromicron) = 10^{-6} m = 10^4 cm;
1 μ (micron) = 10^{-5} m = 10^3 cm

Stevenson, 1982.

En el dominio de la química coloidal, dos sistemas coloidales pueden ser diferenciados, el hidrofóbico y el hidrofílico. Los coloides húmicos caen en la última categoría, en donde ellos tienen una alta afinidad por el agua y están

solvatados en soluciones acuosas.

La alta estabilidad de muchos coloides hidrofóbicos ha sido atribuida a la presencia de una doble capa de cargas de signos opuestos, la interior inmediatamente adyacente y fija a la superficie coloidal y la exterior de signo opuesto es móvil y así se extiende hacia el medio que la soporta. Los coloides húmicos son a veces considerados como partículas compactas más o menos globulares que en solución acuosa contienen una doble capa eléctrica más una capa de agua de hidratación. El punto de vista moderno es que los coloides son grandes cadenas de moléculas enrolladas o moléculas con uniones cruzadas di o tridimensionales cuyas cargas eléctricas se originan de la ionización de grupos ácidos que causan un máximo de expansión a las partículas (Stevenson, 1982).

5.8.4. PESO MOLECULAR

La fracción húmica del suelo representa un complejo sistema coloidal consistente de moléculas que tienen un amplio rango de pesos moleculares. Los pesos moleculares de los ácidos húmicos y fulvicos pueden variar desde unos pocos de cientos para los ácidos fúlvicos hasta algunos cientos de miles para los ácidos húmicos.

Orlov, 1975 (cit. en Stevenson, 1982), dice que las sustancias húmicas son una mezcla de moléculas que varían no solamente en el peso molecular sino también en su composición. Este investigador y sus colaboradores concluyen que hay casos donde: 1) las moléculas son idénticas excepto en la longitud de la cadena, 2) las moléculas tienen el mismo o aproximadamente el mismo tamaño pero tienen una composición variable, 3) el tamaño y la composición de las moléculas cambia simultáneamente y 4) las

moléculas homogéneas y las heterogéneas interactúan debido a puentes de hidrógeno o puentes minerales. Este último detalle caracteriza la formación de agregados moleculares y pueden conducir a altas estimaciones de peso molecular.

El grado en que las interacciones moleculares ocurren depende de la concentración, presencia o ausencia de cationes monovalentes o polivalentes, el pH y la fuerza iónica. Estos factores no siempre son tomados en cuenta en la determinación de pesos moleculares de las sustancias húmicas.

Las técnicas para la determinación de pesos moleculares y los tamaños de las sustancias húmicas incluyen la ultracentrifugación, la viscometría, disminución del punto de congelación, osmometría, dispersión de la luz, dispersión de rayos X, y gel filtración, otras técnicas son la difracción de los rayos X y microscopía electrónica.

El Cuadro No. 11 nos da un panorama de los pesos moleculares de las sustancias húmicas y las técnicas utilizadas para obtenerlas.

En resumen, las fracciones húmicas del suelo consisten en un complejo sistema de moléculas que tienen un amplio rango de pesos moleculares. El promedio de rango para los ácidos húmicos es del orden de 50.000-100.000 UD y algunas moléculas que exceden los 250.000 UD de peso molecular. Un ácido fúlvico típico puede tener un peso molecular comprendido en el rango de 500-2000 UD.

Cuadro No. 11

Pesos moleculares registrados para sustancias húmicas

Método	Tipo de material		
	Acido húmico	Acido fúlvico	No especificado
Ultracentrifugación			
Sedimentación-difusión	53,000-100.000 ^a		
Sedimentación-viscosidad	22,000-28.000		
Equilibrio sedimentación	24,000-230,000		
10 Propiedades viscosimétricas	36,000		
Disminución de la presión de vapor			
Disminución del punto de congelación	25,000		670-1,680
Medidas de presión osmótica		951 ^b	47,000-53,800
Dispersión de la luz	65,000-66.000		
Microscopía electrónica	< 20,000		
Difracción de rayos x	1,390		
Dispersión de rayos x	200,000-1,000.000		

a Rango de 2,000 - 1,360,000 para muestras altamente fraccionadas.

b Rango de 275 - 2,110 seguido por fraccionamiento por gel filtración.

5.8.5. BASES ESTRUCTURALES DE LAS SUSTANCIAS HUMICAS

Cada fracción (ácidos húmicos, ácidos fúlvicos, etc.) se puede considerar como compuesta de una serie de moléculas de diferente tamaño, configuración estructural u ordenación espacial de grupos reactivos o funcionales.

En contraste con los ácidos húmicos, los ácidos fúlvicos en general tienen bajo peso molecular, un mayor contenido de oxígeno pero poco contenido de carbono y una considerable cantidad de grupos funcionales de naturaleza ácida, particularmente (-COOH); el oxígeno en los ácidos fúlvicos puede estar en grupos funcionales conocidos como -COOH, -OH, -C=O. Una gran porción de oxígeno en los ácidos húmicos parece estar como un componente estructural del núcleo en las uniones éter o éster (Stevenson, 1982; Ghosh y Schnitzer, 1980).

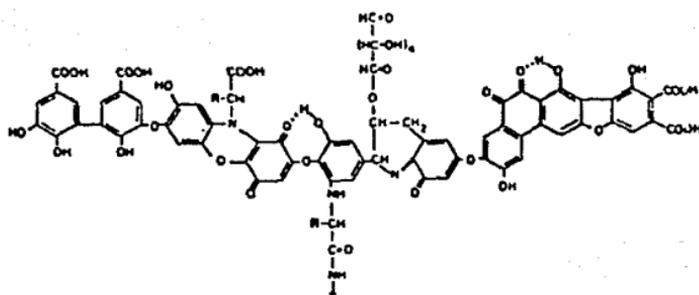
Se han hecho numerosos intentos para dar un patrón estructural representativo de los ácidos húmicos pero ninguno ha demostrado ser enteramente satisfactorio.

La estructura hipotética de los ácidos húmicos mostrada en la Fig. 2 contiene muchos de los requerimientos de un ácido húmico "típico", incluye estructuras fenólicas y quinónicas enlazadas y libres con puentes de O y N y varios grupos COOH situados en anillos aromáticos (Stevenson, 1982).

La Figura 3 es la estructura propuesta por Schnitzer y Khan (1972, cit. en Stevenson, 1982) para los ácidos fúlvicos que, consiste en parte de ácidos fenólicos y benceno-carboxílicos unidos a través de puentes de hidrógeno para formar una estructura polimérica de considerable estabilidad. Una característica distinguible de esta estructura es que la molécula está perforada o con huecos u hoyos de diferente tamaño que

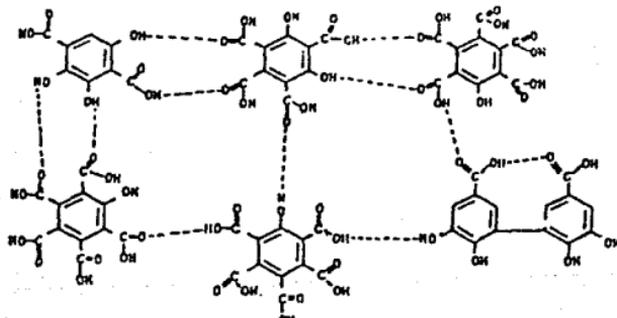
pueden atrapar compuestos orgánicos o inorgánicos de bajo peso molecular tales como pesticidas o iones metálicos.

Figura No.2



Estructura hipotética de ácido húmico mostrando grupos OH fenólicos libres y unidos, estructuras quinónicas, nitrógeno y oxígeno como puentes, y grupos $-COOH$ colocados sobre diferentes anillos aromáticos (Stevenson, 1982).

Figura no.3



Estructura de ácido fúlvico propuesta por Schnitzer y Khan (Stevenson, 1982).

5.8.6. CARACTERISTICAS MORFOLOGICAS OBSERVADAS CON MICROSCOPIA ELECTRONICA.

Dentro de los estudios realizados con microscopía electrónica sobresalen los de Schnitzer y sus colaboradores. Por ejemplo el llevado a cabo junto con Kodama en 1975, donde se examinaron los ácidos fulvicos por medio de microscopía electrónica y encontraron que las formas, dimensiones y extensión de los agregados varían con el pH (Stevenson, 1982).

Chen y Schnitzer (1976) hallaron que a bajo pH (<3.0), los ácidos fúlvicos se encuentran principalmente como fibras alargadas o haces de fibras. A pH de 4.7 las fibras tienden a formar una malla o un retículo finamente tejido resultando una estructura esponjosa. Al incrementar el pH se observan cambios en la estructura, a pH de 10 se observan granos finamente homogéneos.

En otros estudios con microscopio electrónico los ácidos húmicos se observan como partículas con diámetros de 60-100-200 Å. Para estas dimensiones sus pesos moleculares serían de más de 20.000 U.D. (Dijk, 1972; García, 1984).

Como cita Orlov (1985), grandes partículas ovaladas con pesos moleculares del orden de millones fueron observadas formadas por una estructura casi continua de pequeñas partículas de diámetros de aproximadamente 30 Å.

Las partículas observadas con microscopía electrónica son de forma esférica o son más bien de conformación elipsoidal o elongada, esto se explica o se atribuye a la deformación o asociación de moléculas de transición desde una forma acuosa o gel a un estado seco. En solución acuosa las moléculas pueden estar totalmente expandidas y la contracción ocurre en un estado

seco (Stevenson y Schnitzer, 1982).

5.8.7. NATURALEZA ACIDA

Los ácidos húmicos y los ácidos fúlvicos se comportan como ácidos débiles polielectrolíticos y son susceptibles de ser examinados por las técnicas basadas en la ionización de grupos funcionales acídicos. Además de los grupos $-COOH$, las cargas negativas pueden surgir de la presencia de grupos $-OH$ enólicos, $-OH$ fenólicos, iminas ($-NH$) y posiblemente otros grupos. De la presencia de sitios cargados (como COO^-) depende la habilidad de la materia orgánica para retener cationes en forma no lixiviable.

Otra de las características apreciables de las sustancias húmicas es que exhiben una amortiguación en un rango muy amplio de pH; esto es de considerable significancia para la mayoría de las plantas, puesto que estas crecen dentro de un rango de pH estrecho.

5.8.8. CONTRIBUCION DE LA MATERIA ORGANICA A LA CAPACIDAD DE INTERCAMBIO DE CATIONES.

La importancia de la materia orgánica en la fertilidad del suelo está en que permite la captación y el intercambio de los cationes para la provisión de K^+ , Ca^{++} , Mg^{++} y ciertos micronutrientes como Cu^{++} , Mn^{++} , Zn^{++} y Fe^{++} para las plantas. La materia orgánica en general aporta más del 80% de la capacidad de intercambio catiónico del suelo así como del intercambio aniónico en gran medida. Las fuerzas electrostáticas o coulombicas son las principales involucradas ($-COO^-$, K^+), pero los enlaces pueden ser parcialmente covalentes. Los principales cationes intercambiables en el suelo son: Na^+ , K^+

H^+ , Ca^{++} , y Mg^{++} . Los cationes polivalentes son usualmente retenidos con preferencia en comparación a los cationes monovalentes. Para los iones de igual valencia, aquellos que están menos hidratados tienen la mayor energía de adsorción por las sustancias húmicas.

El orden de hidratación de los cationes monovalentes es el siguiente: $Li^+ > Na^+ > K^+ > Rb^+ > Cs^+$ y para los cationes divalentes el orden es: $Ba^{++} > Sr^{++} > Ca^{++} > Mg^{++}$ (Stevenson, 1982).

La capacidad de intercambio de los humatos de los iones de los metales alcalino-térreos (Ca^{++} y Mg^{++}) se ha encontrado que es mayor que la de los iones de los metales alcalinos (Na^+ y K^+).

Del 25-90% del total de la capacidad de intercambio catiónico de la capa superior de los suelos minerales se piensa que es debida a la materia orgánica.

A diferencia de los minerales arcillosos, la materia orgánica está ampliamente influenciada en su capacidad de intercambio catiónico por el incremento del pH, esto se atribuye, al incremento de la ionización de los grupo $-COOH$ a altos valores de pH.

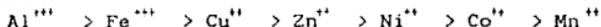
La CICT en orden ascendente para las arcillas es la siguiente: de 3.5 meq/100g para la caolinita, de 30-40 meq/100g para la illita, de 80-150 meq/100g para la montmorillonita y de 100-150 meq/100g para la vermiculita, en cambio para los ácidos húmicos normalmente su rango es de 485-870 meq/100g y para los ácidos fúlvicos alcanzan valores de 1400 meq/100g (Stevenson, 1982).

5.8.9. COAGULACION DE LAS SUSTANCIAS HUMICAS POR POLIELECTROLITOS.

Los ácidos húmicos y los ácidos fúlvicos así como otros coloides orgánicos pueden precipitar de la solución por electrolitos. De acuerdo a la regla de Schultz Hardy en Khan (1969), los cationes trivalentes son los más efectivos en la coagulación del material húmico.

Debido a su alto peso molecular los ácidos húmicos son más fácilmente coagulados que los ácidos fúlvicos; los primeros en flocular son los ácidos húmicos grises con menores concentraciones de electrolitos que los ácidos húmicos pardos. Esto sugiere que los ácidos húmicos adquieren un carácter más hidrofóbico conforme aumenta la humificación (Kumada, 1987).

Para los cationes polivalentes el orden de coagulación es el siguiente:



Los cationes monovalentes y divalentes incrementan su poder de coagulación con el decremento del radio del ion hidratado. el orden de la efectividad de coagulación es el siguiente:



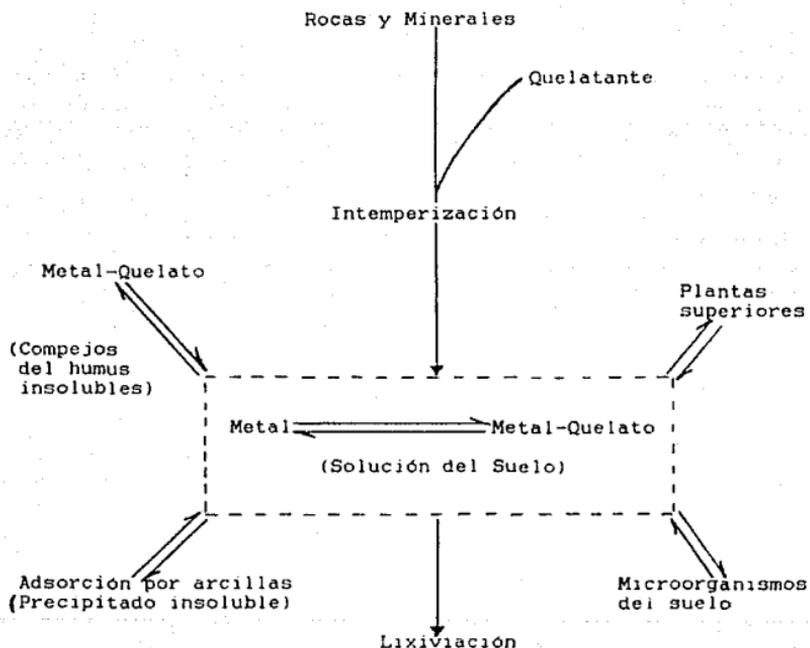
5.8.10. FORMACION DE COMPLEJOS

La materia orgánica tiene una gran importancia en la formación de complejos del suelo con cationes de suma importancia en la nutrición vegetal como Cu^{++} , Zn^{++} , Mn^{++} , Co^{++} , Fe^{+++} y Fe^{++} entre otros, así como con metales pesados gracias a la

formación de uniones coordinadas.

En la Figura No.4 se muestran las reacciones de la materia orgánica que involucran iones metálicos del suelo.

Figura No.4



Stevenson, 1982.

En este diagrama, como se ve, están influyendo las actividades de las plantas superiores y de los microorganismos del suelo, ambas sirven como fuente de ligandos solubles en el agua para la formación de complejos: algunos metales son retenidos en complejos orgánicos insolubles y no son lixiviables ni aprovechables por las plantas. Desde este punto de vista, los cationes solubles son de gran importancia para la planta.

Con respecto a la formación de complejos y la nutrición vegetal, los metales pueden clasificarse en los siguientes grupos:

1) Aquellos metales que son esenciales para las plantas pero que no se encuentran en compuestos coordinados. Están incluidos todos los cationes monovalentes tales como Na^+ y K^+ y los cationes divalentes Ca^{++} y Mg^{++} .

2) Aquellos metales que son esenciales para las plantas y que forman uniones coordinadas con ligandos orgánicos. Ellos incluyen casi todos los metales de la primera serie de transición, que incluye a Cu^{++} , Zn^{++} , Mn^{++} y Co^{++} , y el Fe^{++} , así como Mo^{6+} de la segunda serie de transición.

3) Aquellos sin función conocida en las plantas pero que se acumulan en el medio ambiente. Como ejemplo están: Cd , Pb , Hg , Cr , Au , U y V . De renovado interés en el suelo, sedimentos y aguas naturales están los metales pesados de efectos dañinos tales como el Pb , Cd , Hg , Se y Be .

La formación de complejos organo-metálicos podría tener los siguientes efectos en los suelos, sedimentos y aguas naturales:

1) Los iones metálicos que en forma ordinaria estarían

como precipitados insolubles a ciertos valores de pH en suelos agrícolas productivos, pueden ser mantenidos en solución en forma de complejos.

2) Los agentes orgánicos complejantes pueden influir en la disponibilidad de los elementos traza para las plantas superiores, así como para la micro y macrofauna del suelo; algunos componentes de la materia orgánica forman complejos solubles con los iones metálicos, mientras que otros forman complejos insolubles.

3) La formación de complejos juega un papel importante en el intemperismo de las rocas y minerales. Los líquenes así como las bacterias y los hongos ocasionan la desintegración de las superficies rocosas gracias a la producción de agentes quelantes orgánicos.

4) Bajo ciertas circunstancias la concentración de un ión metálico en el suelo puede ser reducido a un nivel no tóxico a través de la quelación. Esto podría ser particularmente cierto cuando los complejos organo-metálicos tienen baja solubilidad. tal es el caso de los complejos de los ácidos húmicos y otros componentes de alto peso molecular de la materia orgánica.

5) Los agentes naturales complejantes son de enorme importancia en el transporte y concentración de los metales en varios depósitos biogénicos de importancia económica tales como la turba y el carbón.

6) Agentes complejantes de varios tipos funcionan como acarreadores de metales pesados en las aguas naturales.

7) La interacción del Al^{+++} con la materia orgánica puede ser de considerable importancia en el control de los

niveles del Al^{+++} en la solución del suelo de los suelos ácidos.

En cuanto a la importancia de los ácidos fúlvicos y los ácidos húmicos como agentes complejantes con iones metálicos, encontramos que existen abundantes evidencias de su quelación con cationes di y trivalentes como son 1) correlación entre el contenido de humus y la retención de micronutrientes por los suelos. 2) habilidad como agentes quelantes para extraer iones metálicos a la vez que solubilizan parte del humus del suelo. 3) retención selectiva de iones metálicos por los ácidos húmicos y ácidos fúlvicos en presencia de resinas de intercambio catiónico. Los complejos menos estables se piensa que están asociados con grupos OH fenólicos y con $-COOH$ de ácidos débiles mientras que los complejos más estables se piensa que son los que involucran $-COOH$ de ácidos fuertes.

Como agentes quelantes naturales de la materia orgánica están aquellos compuestos de origen bioquímico como son los ácidos alifáticos simples, los aminoácidos, los azúcares ácidos y los fenoles. Estos compuestos son producidos principalmente a través de la actividad microbiana, que aun cuando tienen una existencia transitoria, producen cantidades significativas de agentes quelantes en la solución del suelo durante períodos de intensa actividad biológica. Como ejemplos, estos agentes complejantes se incrementan en altas concentraciones en zonas favorables para el crecimiento microbiano como son en las cercanías de residuos en descomposición, en la rizósfera y en suelos con enmiendas de estiércoles, todo esto incrementa la disponibilidad de nutrientes para las plantas. Otros compuestos complejantes en forma natural en el suelo aunque en menores cantidades incluyen a los fosfatos orgánicos, el ácido fítico, las clorofilas y productos de degradación de las clorofilas, azúcares simples, porfirinas, compuestos fenólicos, auxinas y polisacáridos bacterianos (Stevenson, 1982).

Los ácidos fulvicos y los ácidos húmicos y otros compuestos bioquímicos individuales están involucrados en el movimiento de los micronutrientes hacia las raíces de las plantas, de los cuales los ácidos fulvicos son los más eficientes para complejar los iones metálicos. La habilidad complejante de los ácidos fúlvicos y húmicos resulta de su contenido de grupos funcionales que contienen oxígeno tales como $-\text{COOH}$, $-\text{OH}$ fenólicos y $-\text{C}=\text{O}$ de varios tipos, también los grupos amino e imino pueden estar involucrados.

Dentro de las diferentes técnicas usadas para determinar la capacidad máxima de unión de las sustancias húmicas a los iones metálicos se encuentran la coagulación, retención de iones metálicos por competencia con una resina de intercambio catiónico, diálisis, liberación de protones y medidas de espectroscopia de infrarrojo, estos estudios han sugerido que la cantidad máxima del ión metálico que puede estar ligada a las sustancias húmicas es aproximadamente igual a el contenido de los grupos funcionales $-\text{COOH}$.

También varios factores influyen en la cantidad del ión metálico unido a las sustancias húmicas como son el pH, la fuerza iónica, el peso molecular y el contenido de grupos funcionales.

La inmovilización de los micronutrientes por interacción con las sustancias húmicas puede ocurrir a través de la formación de complejos insolubles o a través de la complejación en fase sólida como humatos presentes en forma de más capas sobre la superficie de las arcillas.

5.9. CLASIFICACION DE LOS TIPOS DE HUMUS.

Durante mucho tiempo al clasificar los diferentes tipos de humus, principalmente los de humus forestales templados, se recurrió fundamentalmente a criterios morfológicos sencillos, basados a su vez, en los conceptos de actividad biológica, estructura y velocidad de mineralización (Duchaufour, 1984). Los componentes del mantillo forestal están formados por: el subhorizonte L (litter), que consiste de restos inalterados que permanecen como consecuencia de la descomposición parcial de animales y plantas predominantemente la hojarasca. Algunos autores lo han descrito como subhorizonte A₀₀, subhorizonte O1. El subhorizonte F (fermentación) consiste fundamentalmente de restos más alterados que el subhorizonte L. La estructura de los restos vegetales todavía está lo suficientemente diferenciada que permite su identificación. Es un subhorizonte intermedio entre el L y el siguiente llamado H. El subhorizonte H es un subhorizonte orgánico, ya íntimamente ligado a la parte mineral del suelo. Aquí los restos orgánicos en general no pueden diferenciarse. Algunos autores lo han descrito como subhorizonte A₀, o subhorizonte O2 (Salas, 1987; Buol et al 1981).

Basándose en lo anterior podemos definir los principales tipos de humus según Müller (Salas, 1987):

Mull.- De descomposición rápida de la hojarasca, hay mezcla íntima del humus y del suelo mineral; el humus se forma predominantemente por la actividad zoogénica, en especial por lombrices. El subhorizonte L (hojarasca poco alterada) es delgado y está directamente sobre el subhorizonte A₁, este último subhorizonte es muy oscuro, profundo y migajoso y es también descrito como subhorizonte A₁.

Los dos siguientes tipos de humus son de descomposición

retardada de la hojarasca y la mezcla es incompleta o está ausente entre el humus y la parte mineral del suelo.

Moder.- Es un tipo de humus que se forma también por la actividad zoogénica, aunque con presencia insignificante de las lombrices y con características desfavorables de la hojarasca. (L). La profundidad de los subhorizontes dentro del humus (L - F - H) es a menudo similar. Los límites entre estos subhorizontes y el subhorizonte A_h son poco nítidos.

El H todavía contiene residuos vegetales con estructuras de relativa facilidad de reconocimiento. Este subhorizonte no está ligado por hifas de hongos y se desintegra en pedazos al presionarlos entre los dedos.

Mor.- Es un humus en el que predomina la descomposición por hongos. Los subhorizontes F y H están fuertemente ligados por hifas de hongos, de modo que se desintegran en pedazos angulares por simple contacto. Límites nítidos entre H y A_h . A veces existe subhorizonte H delgado (Salas, 1987).

Relativamente reciente, estas clasificaciones morfológicas se mejoraron mediante el estudio de las microestructuras, fruto de la variada actividad faunística y microbiológica; a su vez se apoyan en algunos parámetros analíticos muy sencillos: pH, grado de saturación de bases, relación C/N y eventualmente, contenido de ácidos fúlvicos y ácidos húmicos; hace tiempo se pensó que existía alguna correlación entre estos parámetros (pH y C/N) y la actividad mineralizadora mediante la cual se libera el nitrógeno inorgánico que sirve para la nutrición de las plantas, sin embargo, se ha visto por diversos estudios que la simple relación de pH y C/N y los criterios morfológicos ya mencionados, no permiten por sí solos elaborar una clasificación válida de los tipos de humus:

para completarla es necesario tener un conocimiento profundo de la composición bioquímica de las fracciones húmicas, de como se formaron, la función de la ecología en la formación del humus, del tipo de enlace entre partículas orgánicas y minerales y por último de su acción sobre la elaboración de la estructura y de la microestructura del suelo (Duchaufour y Souchier, 1984).

La clasificación de los humus para dar una idea completa de un suelo, debe abarcar no únicamente un sólo subhorizonte (generalmente A_1 o A) escogido como el que representa a un suelo; sino que debe abarcar a los diferentes subhorizontes orgánicos, cuando existen, se deben considerar a los subhorizontes A_0 y A_2 .

Las bases para la clasificación del humus deben ser de tipo bioquímico. Estas bases se pueden exponer en forma abreviada en el Cuadro No. 12 .

Cuadro No.12 Clasificación Bioquímica de los Tipos de Humus (Duchaufour y Souchier, 1984)

I.- HUMUS CON EVOLUCION EN MEDIO XERICO

Son formas muy secas, "Xericas", comprende los humus formados en un medio muy seco (XEROMODER Y XEROMOR)

II.- HUMUS EVOLUCIONADOS, CON MADURACION BIOCLIMATICA

Presencia de compuestos húmicos estabilizados, de color oscuro.

1.- Predomino de formas estabilizadas MULL VERTICO

- 2.- Coexistencia de formas lábiles y formas estabilizadas

-Ausencia de formas móviles
MULL. CHERNOSEMICO

-Presencia de formas móviles
MULL FORESTAL
BOREAL

III.- HUMUS EVOLUCIONADOS: NEOFORMACION PREDOMINANTE

Debil proporción de materia orgánica poco transformada y de humina heredada. Predominio de compuestos húmicos de insolubilización poco móviles.

- 1.- Retorno lento de los compuestos húmicos

Medio rico en alofanos: contenido elevado de compuestos de insolubilización extraíbles. MULL ANDICO

- 2.- Retorno medio de los compuestos húmicos

Medio neutro (saturado en Ca⁺⁺): compuestos de insolubilización de toda naturaleza. MULL EUTROFICO

- 3.- Retorno rápido de los compuestos húmicos

Medio ácido: predominio de humina de insolubilización MULL ACIDO

IV.- HUMUS POCO EVOLUCIONADOS:

HERENCIA Y TRANSFORMACION PREDOMINANTE

Fuerte proporción de materia orgánica con estructura organizada y de humina heredada. Producción de ácidos de movilidad muy variable.

- 1.- Incorporación masiva de M.O. poco transformada. Insolubilización inmediata de los A.F. por CaCO₃ MULL CARBONATADO

2.- Incorporación media de M. O. poco transformada.
Movilidad media de los A.F. MODER

3.- Débil incorporación de M. O. poco transformada.
Movilidad máxima de los A.F. MOR

V.- HUMUS INTERMEDIOS ENTRE LOS HUMUS AIREADOS (TERRESTRES) Y LOS HUMUS HIDROMORFOS

Presentan caracteres moderados de hidromorfia, humus saturados de agua en algunos períodos del año pero que conservan una actividad biológica (aerobia) con variaciones.

1.- Con estructura grumosa muy acusada y con actividad biológica considerable HIDROMULL

2.- Mal estructurado y con abundancia de compuestos solubles, formados durante la fase de anaerobiosis.
HIDROMODER

3.- Con agregados muy finos y consistencia plástica. con frecuencia se forma por evolución de las turbas ácidas a partir de desecación parcial HIDROMOR

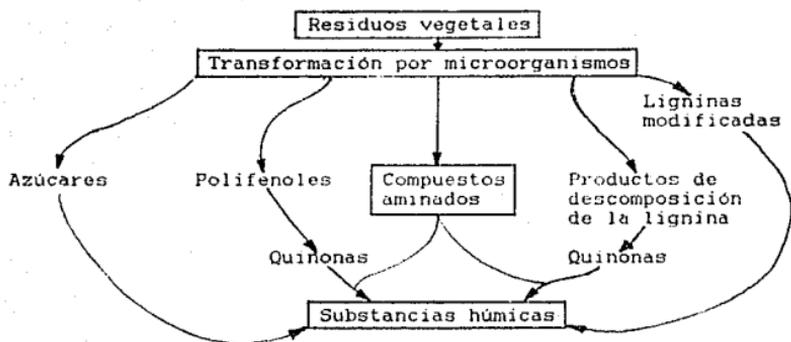
VI.- HUMUS CON EVOLUCION MODIFICADA POR HIDROMORFIA (fases anaérobicas)

En conjunto, fuerte proporción de M.O. poco transformada: esta proporción aumenta en el siguiente orden:

1.- Evolución acusada, ligada a las alteraciones edafoclimáticas:
Fuerte humificación y estabilización parcial por maduración.

ANMOOR

Figura No.5

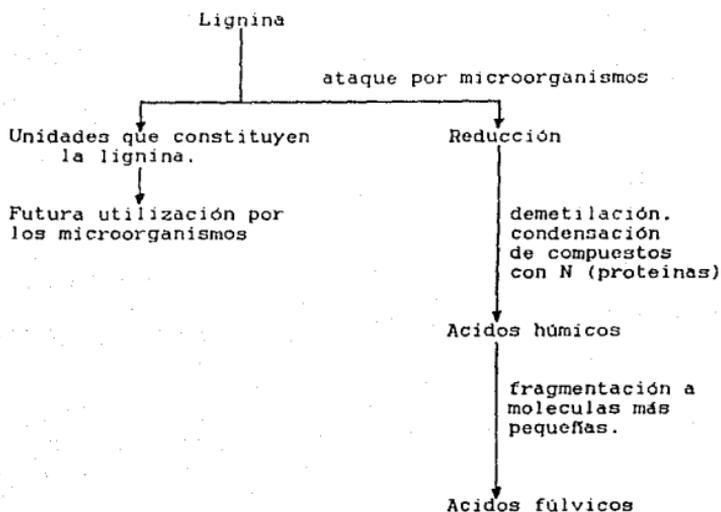


Mecanismos para la formación de sustancias húmicas (Stevenson, 1982).

Los compuestos aminados sintetizados por los microorganismos se ha visto que reaccionan con las ligninas modificadas (reacción 4), quinonas (reacciones 2 y 3), y azúcares reducidos (reacción 1) para formar complejos polímeros de color oscuro.

En resumen las cuatro vías de formación de las sustancias húmicas se pueden dar como sigue: La vía 4 nos muestra que las sustancias húmicas se derivan de la lignina y que de acuerdo a esta teoría, la lignina incompletamente utilizada por los microorganismos, pasa a ser parte casi directa del humus del suelo. Las modificaciones de la lignina incluyen la pérdida de grupos metoxílicos ($-OCH_3$) con la generación de hidroxifenoles ($-OH$ fenólico) y oxidación de cadenas laterales alifáticas y la consecuente formación de grupos carboxílicos ($-COOH$).

Figura No.6



Representación esquemática de la teoría de la lignina para la formación del humus (Stevenson, 1982).

El material modificado está sujeto a futuros cambios desconocidos, para producir primero ácidos húmicos y después ácidos fúlvicos. Esta vía está ilustrada en la Fig. No. 6 y representa la llamada Teoría de Waksman o Teoría de la Ligno-proteínas. Se asume que las sustancias húmicas representan un sistema de polímeros y que los productos iniciales podrían ser ácidos húmicos cuya posterior oxidación y fragmentación produciría ácidos fúlvicos.

En la vía 3 de la Fig. 5 la lignina aún juega un papel importante de la síntesis del humus pero en una forma diferente: los aldehídos fenólicos y los ácidos liberados durante el ataque microbiano convierten enzimáticamente los productos de descomposición de la lignina a quinonas, las cuales se polimerizan en presencia o ausencia de compuestos amino para formar macromoléculas húmicas.

La vía 2, algo similar a la vía 3, excepto que los polifenoles son sintetizados por microorganismos a partir de fuentes de carbono constituida por carbohidratos, proteínas. Como por ejemplo, la celulosa. Los polifenoles son entonces oxidados enzimáticamente produciendo quinonas que también se polimerizan y condensan para formar las sustancias húmicas.

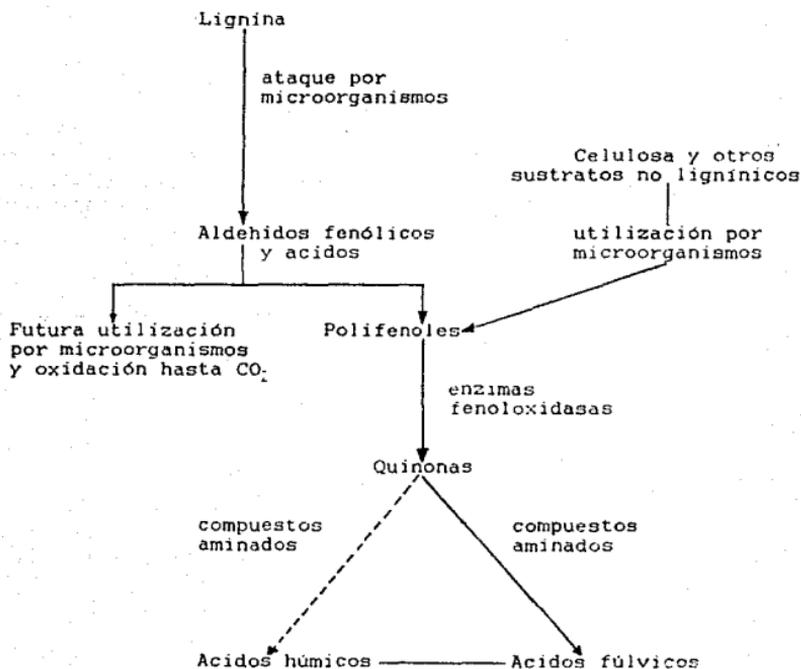
La última vía, 1, representa aquella idea de que el humus está formado por la reducción de azúcares y aminoácidos, formados como productos del metabolismo microbiano y bajo polimerización no enzimática, forman polímeros nitrogenados pardos, semejantes a aquellos producidos durante la deshidratación de ciertos productos alimenticios.

Las vías 2 y 3 forman la base de la popular Teoría de los polifenoles. El principio reside en que a partir de compuestos de bajo peso molecular, se forman grandes moléculas a través de condensación y polimerización. Una representación esquemática de esta teoría se observa en la Figura No.7.

Se sugiere que las cuatro vías pueden actuar en todos los suelos, pero no en la misma extensión o en el mismo orden de importancia, por ejemplo, una vía lignínica puede predominar en suelos pobremente drenados y en sedimentos húmedos como pantanos, mientras que la síntesis de los polifenoles en lixiviados de la hojarasca puede ser de mucha importancia en ciertos suelos

forestales. Las frecuentes y bien marcadas fluctuaciones en la temperatura, humedad y la radiación de la superficie de los suelos terrestres bajo un severo clima continental pueden favorecer la síntesis húmica por la condensación de aminoazúcares.

Figura No.7



Representación esquemática de la teoría de los polifenoles para la formación del humus (Stevenson, 1982).

V. VISION GENERAL DEL AREA DE ESTUDIO.

1. LOCALIZACION

La zona de estudio se localiza en la chinamperia del poblado de Xochimilco de la Delegación del mismo nombre, sus coordenadas geográficas son: 19° 16' 22.2" de latitud norte y 99° 05' 6.4" de longitud oeste y una altitud aproximada de 2238 msnm. Este punto corresponde a una chinampa dentro del Paraje Tezhuilo que se encuentra a 44 m del Canal Tlicuilli y a 51 m de un canal secundario, el sitio a su vez está a 250 m aproximadamente hacia el noreste de la Laguna de Tlicuilli. Véase Figura No.8.

2. GEOLOGIA

Las unidades morfoestructurales más representativas de la Cuenca de México son cinco: planicies bajas, planicies elevadas, talud transicional, estructuras tectovolcánicas y elevaciones volcánicas menores.

La superficie casi plana del fondo de la Cuenca de México representa el relieve acumulativo (fluvial y lacustre) de más reciente formación. En esta superficie se reconocen tres partes o depresiones separadas entre sí por elevaciones volcánicas con una sensible orientación noroeste, que constituyen el relieve más joven de la cuenca. Al norte se encuentra la Depresión Pachuca, en la parte central la Depresión México y al sur la Depresión Xochimilco.

La depresión meridional Xochimilco tiene un umbral oriental constituido por la Sierra Nevada en tanto que sus límites sur y poniente son las Sierras del Chichinautzin y del Ajusco; su borde norte descansa en la Sierra de Santa Catarina.



FIG. N°8 LOCALIZACION DEL SITIO DE MUESTREO

Nota: Según Mancada, la zona achurada es la zona contaminada.

FUENTE: MONCADA (1982)

Esta Depresión ostenta también un relieve acumulativo fluvio-lacustre y como la Depresión México data del Holoceno y cuenta con la misma altitud y el mismo valor general de pendiente (0.0 - 0.5 grados) (D.D.F., 1981).

Se considera a las formaciones de la Cuenca de México, por el orden de aparición, posición estratigráfica y el grado de erosión sufrido en tres periodos: Terciario Medio, Terciario Superior y Cuaternario (Mooser, 1961).

Precisando, se considera que la Cuenca de México se formó en siete fases de volcanismo y dentro de estas en la tercera fase y cuarta fase, es decir, en el Oligoceno Superior y en el Mioceno se formó la Sierra de Xochitepec que se encuentra al suroeste de la zona lacustre. Se atribuyen a la sexta fase las andesitas basálticas y la formación de los cerros de Chimalhuacán, La Estrella, Los Pinos y del Peñón del Marques en el sur de la cuenca y al norte de la zona lacustre, la séptima fase culminó en la formación de la gran Sierra del Chichinautzin durante el Cuaternario Superior, que obstruyó el drenaje al sur y creó una cuenca cerrada, la moderna cuenca lacustre de México se asemeja hoy a una gigantesca presa asolvada (D.D.F., 1981).

La Sierra de Xochitepec se formó de depósitos del Terciario Medio como son: rocas volcánicas andesíticas, basálticas, traquiandesitas, dacitas, lutitas, riolitas y piroxenas. La Sierra de Santa Catarina está formada esencialmente por acumulaciones de material piroclástico de composición intermedia y básica, constituidos principalmente por arenas, cenizas, lavas y pequeñas interdigitaciones de derrames lávicos basálticos.

La Sierra del Chichinautzin está formada por potentes derrames lávicos basálticos, así como acumulaciones de brechas.

arenas y cenizas provenientes de conos volcánicos (Mooser, 1961).

La mayor parte de las tierras planas del sur de la Cuenca estaban cubiertas por una capa de agua dulce conocida como Lago Chalco-Xochimilco. Según Armillas (1971) el borde del Lago coincidía aproximadamente con la curva del nivel de los 2240 m en el nivel máximo del Lago; a partir de estas orillas, la tierra se eleva hasta las sierras del Ajusco, Chichinautzin y Nevada con sus numerosos picos por encima de los 3000 m sobre el nivel del mar.

La casi totalidad de la planicie en que se encuentran los lagos de la Cuenca, se formó en el Cuaternario; la formación de este lago probablemente tuvo lugar en el Período Champlain o Diluvial, cuando a causa de los deshielos sobrevinieron terribles inundaciones. Las aguas se acumularon en muchas depresiones terrestres que formaron en esa época extensos y numerosos lagos que llenaron con sus sedimentos las desigualdades del terreno.

El fondo macizo de la Cuenca de México está constituido casi exclusivamente por andesitas, que son las rocas más antiguas de la región y que han sido disgregadas por la acción de los agentes atmosféricos. Como resultado de la desintegración de estas rocas y del transporte por parte de las aguas, se han formado aluviones y capas de arcillas, que se encuentran en el relleno de la Cuenca de México en forma de capas alternas de aluviones, arcillas y margas (Santamaría cit. en Rojas, 1983).

3. HIDROLOGIA

Las aguas que descendían de las serranías como pequeños ríos caudalosos en la época de lluvias, se depositaban en los lagos de Chalco, Xochimilco y Texcoco, situados en la

región sur de la Cuenca, y en los de San Cristobal, Xaltocan y Zumpango, de la región norte, antiguamente muy extensos y ahora desecados (Santamaría cit. en Rojas, 1983).

La mayoría de los afluentes y manantiales del Lago de Xochimilco que existieron hasta fines del siglo XVII, fueron los de Xochimilco, Nativitas, San Gregorio, Santa Cruz, Acuezcómoac Paraje de la Estrella, Culhuacán, Tepepan y Noria; los ríos permanentes como La Magdalena, San Angel y San Agustín y las vertientes temporales como Topilejo, Nativitas y Milpa Alta; otros dos ríos que venían al lago, fueron el Río Santiago Tepalcatlalpan en la parte medio-oeste que recogía las aguas de los cerros de la Cantera, Tetequilo, Xochitepec y del Cerro de Santiago. El otro es el Río San Lucas Xochimanca que nacía en las laderas del volcán Chichinautzin y estaba limitado al oriente por las cuencas del arroyo San Gregorio y al poniente por las cuencas del Río Santiago y Río San Buenaventura. Se iniciaba con dirección norte hasta el poblado de Topilejo, desde donde seguía con dirección noroeste, pasaba por San Mateo Xalpa en las pequeñas llanuras del Cuauhtzin, recogía las aguas de San Lucas Xochimanca hasta llegar al Lago de Xochimilco. Su escurrimiento superficial era escaso. El Río San Buenaventura que ahora es un río entubado nace en las laderas del Ajusco y está limitado al oriente por las cuencas de los ríos San Lucas y Santiago y al poniente por la Cuenca del Río Eslava. Se inicia siguiendo la dirección oriente hasta cerca del pueblo del Ajusco donde cambia de dirección noreste pasando por los poblados de San Pedro Mártir, Chimalcoyotl y Tlalpan, en donde se le une por la margen izquierda el Río San Juan de Dios, corriendo a partir de ahí en un cause artificial hasta desaguar al Canal Nacional, alimentador del Lago de Xochimilco. Este río es intermitente y sirve de límite entre Tlalpan y Xochimilco, desde el puente de Tepepan hasta el final del Bordo. Su longitud total desde su nacimiento, en la altitud de 2,259 m. es de 15 Km.

El Lago de Xochimilco se encuentra situado al sureste de México y media aproximadamente 3,200 m de norte a sur y 9,600 m de este a oeste. la profundidad de su vaso era muy variable e iba del metro hasta los 10 m, aunque su promedio era de 5 metros. El nivel del agua del lago subía visiblemente por las fuertes y frecuentes precipitaciones fluviales y de temporal pero en tiempo de secas bajaba considerablemente su nivel, volviendo a subir con el agua de las lluvias. La zona del Lago de Xochimilco tenía una extensión de 24 km² (Acevedo, 1972).

Los canales actuales principales son los siguientes: Cuemanco, Apatlaco, Canal Nacional llamado también Cuauhtemoc, Canal de Texhuilo, Apampilco, Canal del Japon llamado también Toltenco, La Noria llamado también Oztotenco, Amelaco, Atlitic, Canal de Chalco, Canal Tlilac, Canal Tlicuilic, Canal de Bordo llamado también de la Ciénega Grande, Canal Trancatitla, Canal Huehuepa, Canal Caltongo Canal Atizapa, Canal Crustitla, Canal Chirilico, Canal de San Cristobal, Canal de Xaltocan, Canal Santa Cruz y Canal de la Santísima (Balazario, 1982; Farías, 1984).

Como consecuencia la desaparición de algunas chinampas y algunos canales quedaron pequeños y extensos claros llamados lagunas, de las que solamente quedan: El Toro, La Virgen, Tlilac, Tlicuilla, Tezhilotl, Caltongo, Xaltocan, Apampilco, y Asunción (Balazario, 1982).

El lago se encontraba alimentado por ríos, arroyos y manantiales de la provincia de Xochimilco, que hasta 1940, proveía la mayor parte del agua para la ciudad de México.

La mayoría de los afluentes del Lago de Xochimilco se fueron agotando o desviando a otros rumbos, y a la fecha ninguno de ellos existe pues las aguas que ahora recibe el lago son de deshecho y semitratadas en las plantas del Cerro de la Estrella y de San Luis Tlaxiualtemalco.

4. CLIMA

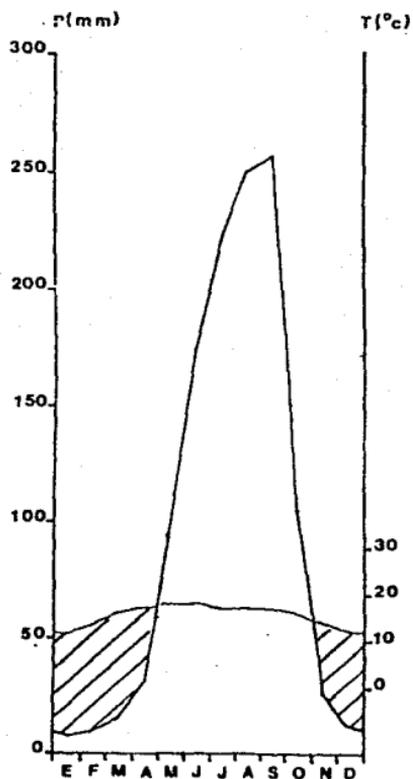
En la zona de estudio existen dos estaciones meteorológicas muy cercanas: la estación de Xochimilco y la de Mayoguarda. Figura No.9; la primera tiene un clima $C(w_2)(w)b(i')$, que es de clima templado subhúmedo, el más húmedo de los templados subhúmedos, con lluvias en verano, con un cociente P/T mayor de 55.0, con un porcentaje de lluvias invernales menor del 5% del total anual, con régimen térmico de verano fresco y largo. La temperatura media anual es de 15.9°C. La precipitación media anual es de 1200.3 mm. y sus coordenadas geográficas son 19° 16' N. y 99° 06' O.

La segunda estación meteorológica está un poco más alejada del sitio de estudio, pues sus coordenadas geográficas son 19° 17' N. y 99° 06' O; con la clave $C(w_2)(w)b(i')$, es muy semejante al clima anterior pero con menor grado de humedad es decir, es el más seco de los templados subhúmedos, con lluvias en verano y con un cociente P/T menor de 43.2, porcentaje de lluvias invernales menor del 5% del total anual, con régimen térmico de verano fresco y largo. La temperatura media anual es de 14.9°C y la precipitación media anual es de 620.4 mm que es casi la mitad de la precipitación anterior (García, 1973).

5. VEGETACION

La vegetación propia de la llanura lacustre la forman sus famosos ahuejotes. Salix bonplandiana, típicos de esta región que fueron sembrados en los márgenes de las chinampas con el fin de fijarlas al fondo. Las chinampas, no son propiamente una zona de vegetación natural, sino una zona agrícola de tipo mixto (Lugo, 1984).

Est. Xochimilco



Est. Moyoguarda

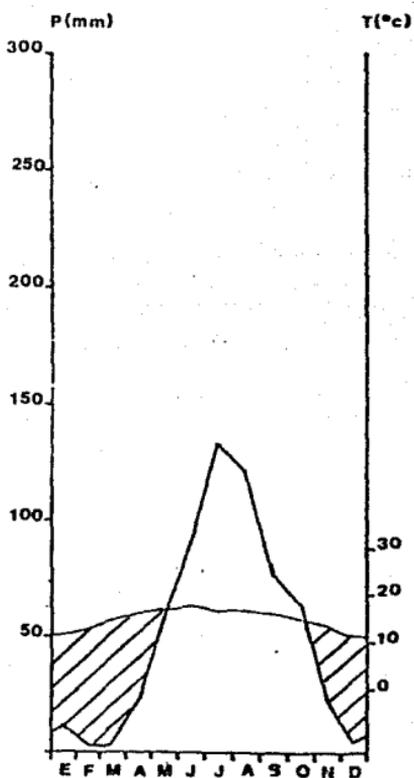


FIG. N° 9 Climogramas

La superficie de los canales se cubre con una gran cantidad de plantas acuáticas. Ahí se asocian hierbas acuáticas tales como el lirio de agua, Eichhornia crassipes, con sus hojas hinchadas y globosas, esta especie también es conocida como huachinango, otra de las plantas es el ombligo de venus, Hydrocotyle ranunculoides, otra de ellas es la Lymnium stoloniferum, que es una planta herbácea; hay también grupos de ninfáceas arraigadas al cieno mediante sus rizomas y sobresaliendo sus grandes hojas, la más común de ellas es la lechuga de agua Pistia stratiotes y dentro de las especies en peligro de extinción están: Nymphaea flavovirens, N. mexicana y N. odonata; también hay gran cantidad de plantas diminutas como Lemna gibba (lentejilla de agua o chichicastle) y Wolffia gladiata, que es una pequeña planta flotante sin raíces.

Las plantas que se observan a la orilla de los canales o zanjas son muchas, pero la más común de ellas es Ceratophyllum demersum, que es una planta arraigada en el lodo.

De la familia tiphaceas que son plantas herbáceas acuáticas, se encuentra, el tule o espadaña, Thypha angustifolia y la Thypha latifolia (Rzedowski, 1979).

Las especies más importantes de la familia Alismataceae son las hojas flechadas, Sagittaria lancifolia y macrophylla que abundan en los canales, el alcatraz Zantedeschia aethiopica que crece en las orillas de los canales. Ya sobre el suelo se agrupan especies de Rumex o lenguas de vaca. Una de las especies frecuentes es la ortiga, Urtica dioica, la cual es una planta ramosa urticante.

De la familia de las gramíneas, pueden mencionarse algunas especies de zacate, entre las especies más comunes, está el zacate robusto, Enchinochloa crusgavonia, zacate rastrero o

pata de gallo Cynodon dactylon, zacate criollo, Hordeum adscendens, el carrizo, Gynerium sagittatum. Estas especies en general, sirven de forraje al ganado vacuno (Mendoza, 1961).

En las zonas afectadas por las sales, se establecen diferentes plantas halófitas como son: Heliotropium curassavicum, Suaeda torreyana, Datura stramonium y Distichlis spicata (Rzedowski, 1985; Sánchez, 1980).

En los relieves elevados al sur de la región, se encuentran pequeñas zonas de vegetación de bosque mixto, conocido como Pinus, cedros (Cupressus), ahuehuetes (Taxodium), ocotes (Pinus), encinos (Quercus), madroños (Arbutus), ailes (Alnus) y tepozanes (Buddleia) mientras que en los lomeríos y mesas de menor elevación se encuentran capulines (Prunus serotina var. capuli), eucaliptos y alcanfores (Eucalyptus) y pirues (Schinus molle), además plantas xerófitas y plantas herbáceas como el toloache (Datura) que crece en forma aislada. También en esta zona existen terrenos agrícolas de gramíneas, entre estos cultivos se encuentran frutales como tejocotes (Crataegus pubescens), capulines (Prunus sp.), aguacates (Persea americana), ciruelos (Spondias), Higos (Ficus carica), chabacanos (Prunus americana), duraznos (Prunus persica), membrillos (Cydonia oblonga), y algunos cítricos (Mendoza, 1961).

Las comunidades vegetales artificiales como son los cultivos agrícolas y las plantaciones exóticas comprenden la mayoría o la mayor área dentro de la Cuenca de México, ocupan terrenos propios para la actividad agrícola y en menor escala sitios montañosos forestales inadecuados para el uso agrícola, situación que junto con los asentamientos humanos, son los principales problemas para el equilibrio ecológico de la cuenca.

6. SUELOS.

El suelo tiene diferentes coloraciones, va del gris al negro-humus, llamado "cerrocuilali" (híbrido azteca venido de Cuilaltepec) en la parte alta, y del negro al café claro, en la parte baja o chinampería. El limo sacado por el hombre de los canales o lago es la composición de la chinampa, fuente de producción agrícola (Fariás, 1984). Por intemperismo de la roca madre, la parte baja presenta materiales de depósito de migajones volcánicos que constituyen la famosa "llanura lacustre" con textura areno-arcillosa o franca. (Acevedo, 1972).

Mendoza (1961) menciona que "Debido a que el terreno es inclinado de sur a norte, resulta que los suelos que corresponden a la llanura, fueron formados por acarreos que las aguas han llevado desde las partes altas, constituyendo los migajones". Mas adelante agrega: "En la zona de llanura se encuentran suelos ricos en materia orgánica, especialmente en los ejidos de la ciénega".

Moncada (1976) opina que las unidades de suelos que se localizan en Xochimilco son andosoles haplicos, "suelos formados por 60% de cenizas volcánicas y otros materiales piroclásticos vítricos en las fracciones de limos, arenas y gravas. Su textura varía entre arenosa limo-arcillosa o más fina, lo que permite retener gran cantidad de humedad". También cita a los andosoles gleyicos que "presentan todas las características de los suelos de ando, mostrando como rasgo distintivo saturación hídrica en cualquier parte del año. Tienen influencia de aguas freáticas localizadas entre 75 y 150 cm de profundidad. Son suelos de textura uniforme que varía de arenosa a limo-arenosa en la superficie y arcillosa en la profundidad. En la porción ocupada por estos suelos se halla toda la zona de chinampas".

Alfaro y Orozco (1980), en su trabajo sobre el Ejido Xochimilco, citan que hallaron dos características diagnósticas, salinidad y sodicidad. La salinidad la dividieron en: fuertemente salina (fs), moderadamente salina (ms) y ligeramente salina (ls) encontrándose solo las dos primeras.

Según Cervantes (1983), al igual que Alfaro y Orozco (1980) clasifican a los terrenos del Ejido Xochimilco como histosoles en los perfiles que estudiaron aquí, pero actualmente se ha visto que más bien son considerados como antropoles (del gr. anthropos, hombre; connotativo de actividades humanas) (Aguilera, 1984-1993; FAO-Unesco, 1989).

Trejo (1984), realizó estudios edafológicos del Ejido Grande de Xochimilco y en sus conclusiones menciona:

"Los suelos que más abundan en esta área de estudio son suelos salino-sódicos". A su vez menciona, "Los suelos del Ejido Grande de Xochimilco presentan características variables para obtener altos niveles de productividad como lo son: el alto contenido de materia orgánica, de fósforo asimilable, de nitrógeno en forma de nitratos y su elevado contenido de humedad; sin embargo en la actualidad, estas características se van perdiendo, debido principalmente a la intensa actividad antrópica comprobable, tanto en el elevado nivel demográfico como en el industrial, en la densidad urbana y en la contaminación con aguas negras; siendo los factores que han establecido las limitantes más severas para el uso y manejo del suelo, la salinidad, la sodicidad y la inundación".

Reyes (1985), inició los estudios de recuperación de los suelos salino-sódicos del Ejido Ciénega Grande de Xochimilco a nivel de invernadero por medio de mejoradores químicos: yeso, cloruro de calcio, cloruro ferrico y ácido sulfúrico para la

sustitución del sodio y la recuperación de un suelo sodico-salino, además de determinar la lámina de agua, para lavar el exceso de sales solubles.

Dentro de las conclusiones menciona:

1) El orden de conveniencia económica respecto al costo de los mejoradores es: $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O} > \text{H}_2\text{SO}_4 > \text{CaCl}_2 > \text{FeCl}_3$.

2) Con respecto a las variables: PSI, SI y CE_c hubo una diferencia altamente significativa entre los tratamientos con mejoradores y el testigo pero no hubo una diferencia significativa estadísticamente hablando, entre los diferentes mejoradores y las dosis.

3) El orden decreciente de pH del extracto de la pasta de saturación del suelo, después de los tratamientos fue:

Testigo $> \text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O} > \text{CaCl}_2 > \text{H}_2\text{SO}_4 > \text{FeCl}_3$.

4) El orden de eficiencia en lo que se refiere a la sustitución del sodio adsorbido, tomando en cuenta los valores promedio de los cuatro mejoradores en las dos dosis fue:

Considerando los valores del SI:

$\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O} > \text{H}_2\text{SO}_4 > \text{CaCl}_2 > \text{FeCl}_3 > \text{Testigo}$

Considerando los valores del PSI:

$\text{CaCl}_2 > \text{H}_2\text{SO}_4 > \text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O} > \text{FeCl}_3 > \text{Testigos}$

Escobedo (1987), diagnostica el grado de contaminación salino-sódico de los suelos de chinampa de las zonas chinamperas de Xochimilco y San Gregorio Atlapulco.

Fernández (1988), reporta que los suelos que forman las chinampas de la zona lacustre de Xochimilco, son de origen antrópico según Aguilera et al. 1987.

Reyes y García (1990), informan que se obtuvieron efectos favorables sobre el cultivo del rosal en suelo salino, aplicando lavados y mejoradores orgánicos como composta y estiércol.

El tipo de arcilla que se tiene en la zona es de tipo 2:1 (montmorilonita) en la mayor parte de los terrenos de Xochimilco. Aguilera y Fuentes (1951); con intergrados hacia arcillas de tipo 1:1 (del grupo del caolin) y de la ilita (2:1) Marsai (1969).

VI. DISEÑO METODOLOGICO

1. TRABAJO DE CAMPO.

Para el trabajo de campo, se recorrieron los canales de la zona chinampera y se hicieron visitas directas a las chinampas situadas en diferentes zonas de Xochimilco auxiliándose de cartas topográficas. Se muestrearon calicatas en las chinampas de los poblados de Xochimilco, San Gregorio Atlapulco y San Luis Tlaxialtemalco con fines de diagnóstico. La colecta de muestras de suelos de cada calicata se hizo de 10 en 10 cm llegándose incluso más allá del nivel freático hasta donde la presión del agua lo permitió. Se fotografió y se esquematizó cada calicata anotándose las características más sobresalientes.

Una de las finalidades del trabajo de campo fue el

conocer por comunicacion con los propios chinamperos sus problemas con el suelo contaminado por sales y la fertilidad de los mismos. así como visitar las chinampas cultivadas y conocer como se les trabaja, es decir, el manejo del suelo, la preparacion del almácigo, la época de siembra, los cultivos, la protección de los mismos y la época de cosecha, para de esta manera conocer en forma directa los problemas específicos de los cultivos con respecto al suelo y al agua de los canales de las chinampas.

Específicamente en una zona de la chinamperia se seleccionaron tres chinampas tomando en cuenta su productividad de acuerdo a lo manifestado por los mismos campesinos, para evaluarlas desde el punto de vista edafológico, es decir, su salinidad, su sodicidad, su fertilidad y otras características físicas y químicas. A las tres chinampas se les practicó una calicata central muestreando cada 10 cm de profundidad y también superficialmente hasta 20 cm, esto último, fué con fines de obtener suelo para experimentos de invernadero.

La chinampa seleccionada para mi trabajo de tesis, claramente mostraba que era de productividad baja. Se muestreó la calicata central durante la temporada de lluvias hasta 150 cm. En ésta época el nivel freático estaba a 140 cm, en cambio en esta misma calicata el nivel freático durante la temporada de secas estaba a 162 cm de profundidad que es cuando baja el nivel del agua de los canales.

La chinampa se muestreó para el experimento de invernadero recorriendo en zig zag toda su superficie, que era de 970 m² aproximadamente, esto fue con el auxilio de una pala y cada 5 m se tomó una muestra del tamaño de la cuchara de la pala. De esta chinampa se tomaron muestras de dos temporadas, una de lluvias y la otra de secas.

La chinampa esta situada en la esquina norte de un terreno conocido como Paraje de Tezhuillo, producto de la fusion de varias o muchas chinampas; la calicata central se encuentra a 44 m. del canal Tlicuili y a 51 m. de un canal secundario que forma esquina con el Canal Tlicuili. Fig. No.8.

La chinampa en la temporada de lluvias tenia cultivo de maiz que mostraba muy poco o nulo crecimiento pues las pocas plantas de maiz que germinaron crecieron achaparradas y unicamente en el centro ligeramente tendidas hacia la calle central. En este terreno se observaron microcuencas aproximadamente cada 90 cm. Se muestreó una parte del bordo y otra parte de la microcuenca en cada sitio de muestreo.

En la temporada de secas la superficie de la chinampa se encontraba cubierta por las sales blanquecinas y ambarinas, por estar mezcladas con la materia organica del suelo, constituyendo el llamado tequesquite con trona. La vegetación muy escasa estaba seca y con predominancia de gramíneas.

La altura de las chinampas en general con respecto a la superficie del agua del Canal Tlicuili era de 110 cm aproximadamente. La diferencia del nivel del agua de la temporada de secas comparada con la de la temporada de lluvias era aproximadamente de 50 cm, esto fue en el mes de enero. La profundidad del canal Tlicuili en su centro era de 180 cm.

La descripción de la calicata central es la siguiente: la profundidad es de 150 cm, el color del suelo en humedo es negro hasta los 140 cm y de 140 a 150 cm es de color gris (capa clara). En los primeros 45 cm el suelo es suelto con estiércol incorporado en la superficie, así como también huachinango, es decir, Eichhornia crassipes y rastrojo de maíz. A la profundidad de 75 cm a 85 cm habia una serie de capas delgadas como de 1.0 cm

de grueso de color claro y de aspecto arenoso. El nivel de la capa freática en esta época de lluvias se encontraba a 140 cm. posteriormente se vio que durante la sequía el nivel bajó a 162 cm. Las raíces llegaban hasta los 140 cm. y aquí eran escasas y finas.

2. TRABAJO DE INVERNADERO

El diseño experimental adoptado para probar diferentes fuentes de materia orgánica en forma de estiércoles y composta de basura como mejoradores orgánicos de estos suelos a nivel de invernadero fue, un diseño experimental simple, con distribución de bloques al azar (Cochran y Cox, 1965) Los estiércoles con los que se experimentó fueron de bovino, ovino, aviario y de porcino y como composta se utilizó la obtenida de la Planta Industrializadora de Desechos Sólidos del DDF en San Juan de Aragón.

Por lo tanto, se trabajó con cinco tratamientos, - estiércoles (4) y composta (1) - que se dosificaron cada uno, en series de seis. Para cada tratamiento hubo cuatro repeticiones, resultando un total de 120 macetas para los tratamientos ya dosificados. Como testigos se tuvieron cuatro macetas más, para hacer las comparaciones pertinentes. El total de macetas fué de 124 en cuatro bloques, distribuidas en cada bloque al azar. Ver Fig. No. 10.

Para abreviar se utilizaron las siguientes claves:

Estiércol de bovino (EB)

Estiércol de ovino (EO)

Estiércol aviario (EA)

Estiércol de porcino (EP)

Composta de basura (CB)
Dosis de 20 ton/ha (1)
Dosis de 50 ton/ha (2)
Dosis de 80 ton/ha (3)
Dosis de 110 ton/ha (4)
Dosis de 140 ton/ha (5)
Dosis de 170 ton/ha (6)
Testigo (T)

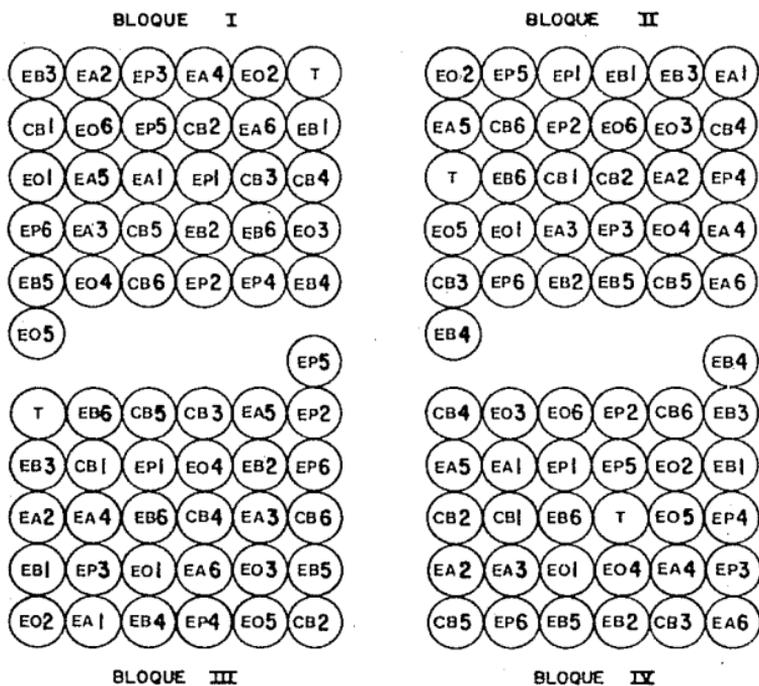
Cada estiércol y composta se hizo pasar por una malla de 5.5 mm de abertura. El suelo muestreado de la chinampa para el experimento de invernadero fué secado al aire y tamizado también por una malla con abertura de 5.5 mm.

Para el suelo del experimento de invernadero se utilizó la mezcla de los suelos de la temporada de lluvias y de la temporada de secas a una profundidad de 20 cm en la relación 1:2 respectivamente, secado al aire y bien mezclado para homogeneizarlo.

Las dosis escogidas de materia orgánica fueron de: 20, 50, 80, 110, 140 y 170 ton/ha.

La planta con que se trabajó fué coliflor. Brassica oleraceae variedad botrytis Early Snowball (x) de Asgrow que tiene un ciclo de 130 días.

FIG.10 DISTRIBUCION DE LOS TRATAMIENTOS



Ya que se tuvieron las macetas preparadas con 2 kg de suelo y las dosis correspondientes a los estiércoles y composta ya fermentados, el transplante fué de tipo enchapinado. El chapín fué hecho en un almacigo de un metro cuadrado, en donde había 400 plantulas de coliflor, de aquí se escogieron las más vigorosas y de tamaño uniforme. El por ciento de germinación fué de 92.

La siembra en el almacigo fué al mes de iniciada la fermentación de los estiércoles y de la composta, y el transplante fué a los 24 días de la siembra, manteniendo el suelo a capacidad de campo siempre.

También se practicaron los controles fitosanitarios de las plantas para evitar plagas, esto fué hecho manualmente para evitar la utilización de pesticidas.

El riego de la maceta fué homogéneo pero sin provocar el lavado del suelo, únicamente se regó para compensar la evapotranspiración, para lo cual, fué necesario conocer la capacidad de campo promedio de las diferentes dosis de la materia orgánica mezclada con el suelo.

Las variables dependientes que se evaluaron en este experimento de invernadero fueron las siguientes:

- 1) Peso fresco total
- 2) Peso seco total
- 3) Número de hojas funcionales (fotosintéticas)
- 4) Área foliar total de las hojas funcionales
- 5) Na⁺
- 6) K⁺
- 7) Ca⁺⁺
- 8) Mg⁺⁺
- 9) Na⁺ /K

- 10) K^+ / Mg^{++}
- 11) K^+ / Ca^{++}
- 12) $Ca^{++} + Mg^{++} / K^+$

La cosecha se hizo a los 106 días de la fecha de siembra, pues se vio que el crecimiento era muy lento y retrasado, además el tamaño de las plantas era pequeño. Todo esto es sintomático de plantas que crecen en suelos salinos y salino-sódicos. El tamaño de las plantas era pequeño, sin embargo había diferencias visuales entre los diferentes tratamientos, por lo cual, se decidió hacer la cosecha antes de los 130 días que es el ciclo de vida de la coliflor. El día de la cosecha se obtuvo el peso fresco, el número de hojas funcionales y también el área foliar total de las hojas funcionales. Los otros parámetros a evaluar fueron peso seco, las concentraciones de Na^+ , K^+ , Ca^{++} y Mg^{++} de las plantas, además de las relaciones ya señaladas; tratando de correlacionar todo lo anterior con los análisis químicos de los estiércoles y la composta de basura.

3. TRABAJO DE LABORATORIO

En esta fase del trabajo se abordaron cuatro aspectos que fueron los siguientes:

- 1) Análisis de los suelos de la chinampa
- 2) Incineración o Cenización y análisis de las plantas de coliflor
- 3) Oxidación y análisis de estiércoles y composta de basura
- 4) Extracción, fraccionamiento y caracterización de la materia orgánica de suelos, estiércoles y composta de basura.

1) Análisis de los suelos

Los análisis que se hicieron en el suelo de la chinampa estudiada fueron los siguientes:

Análisis Físicos.

- Color en seco y en húmedo. (Munsell, 1954; Palmer y Troch, 1979)
- Textura. (Bouyoucos, 1963)
- Densidad aparente. Probeta (Palmer y Troch, 1979; Bayer et al, 1980)
- Densidad real. Picnómetro (Bayer, 1980)
- Porosidad. (Forsythe, 1980)
- Conductividad eléctrica del extracto de la pasta de saturación. Puente de conductividad Philips PW9505 (Richards, 1973)

Análisis Químicos.

- Potencial de hidrógeno (pH) Potenciómetro Corning Mod.7 (Jackson, 1982)
- Materia orgánica (M.O. en %) Walkley & Black (Jackson, 1982)
- Nitrogeno total (N en %) Kjeldahl (Chapman y Pratt, 1973; Jackson, 1982)
- Calcio, magnesio, potasio y sodio extracción y cuantificación con EDTA (Chapman y Pratt, 1973; Brumblay, 1975) y Flamometría. Flamómetro Corning 400 (Ruiz y Ortega, 1979)
- Capacidad de Intercambio Catiónico Total (CICT) (Ruiz y Ortega, 1979)
- Porcentaje de sodio intercambiable (PSI) (Richards, 1973)
- En el extracto de la pasta de saturación:
Sales solubles (Ca⁺⁺ . Mg⁺⁺ . Na⁺ . K⁺ . Cl⁻ .

SO_4^{--} , CO_3^{--} y HCO_3^- en meq/100g)
(Chapman y Pratt, 1973; Brumblay
1975 y Ruiz y Ortega, 1979).

-Potencial de hidrógeno (pH) (Jackson, 1982)

2) Incineración o Cenización y análisis de las plantas.

La incineración o cenización de las plantas se hizo siguiendo el método de la cenización en crisoles con persulfato de amonio, $(\text{NH}_4)_2 \text{S}_2\text{O}_8$, que es el agente oxidante de la materia orgánica. Esta oxidación se llevo a cabo en una mufla Blue M Electric Company a 480°C .

Posteriormente, la determinación de Na^+ , K^+ , Ca^{++} y Mg^{++} de las plantas, se llevo a cabo por los métodos de flamometría para Na^+ y K^+ con el flamómetro Corning 400; para Ca^{++} y Mg^{++} por el método del EDTA.

3) Oxidación y análisis de estiércoles y composta.

La oxidación de las fuentes de materia orgánica se hizo siguiendo el método por vía húmeda con la mezcla triácida (HNO_3 - H_2SO_4 - HClO_4) (Jackson 1982). Las determinaciones químicas que se hicieron en estos materiales orgánicos fueron:

- Porcentaje de materia orgánica. Walkley & Black (Jackson, 1982)
- Porcentaje de carbono. (Jackson, 1982)
- Porcentaje de nitrógeno. Kjeldahl (Jackson, 1982)
- Sodio y potasio. Flamómetro Corning 400 (Ruiz y Ortega, 1979)

-Calcio y magnesio. Espectrofotómetro de absorción atómica Perkin Elmer Mod. 302

4) Extracción y fraccionamiento de la materia orgánica de suelos, estiércoles y composta de basura.

Los análisis que se aplicaron a las fracciones de la materia orgánica de los estiércoles, composta de basura, y suelos fueron las siguientes:

- 1.- Porcentaje de materia orgánica.
- 2.- Porcentaje de carbono.

Antes de empezar con la extracción y fraccionamiento de la materia orgánica de los estiércoles y la composta se hizo lo siguiente:

Se secaron los estiércoles y la composta de basura a 40°C durante 12 horas. Se molieron los estiércoles en el molino Wiley y se hicieron pasar simultáneamente por la malla No. 20. La composta no se molió, únicamente se hizo pasar por la malla No. 18 para eliminar los fragmentos de vidrio y plástico. Se muestrearon los estiércoles y la composta haciendo "cuartillas" de donde se tomaron dos, que fueron las que se homogeneizaron y se utilizaron para hacer la extracción y fraccionamiento de la materia orgánica. También se muestrearon los suelos de la chinampa y de los chapines con los mismos fines y por el mismo método de cuartillas. Estos suelos previamente fueron secados al aire y tamizados con la malla No. 10.

Para la extracción y fraccionamiento de la materia orgánica (ácidos húmicos y ácidos fulvicos) se siguió la técnica de Kononova, 1966, Fig. No. 11.

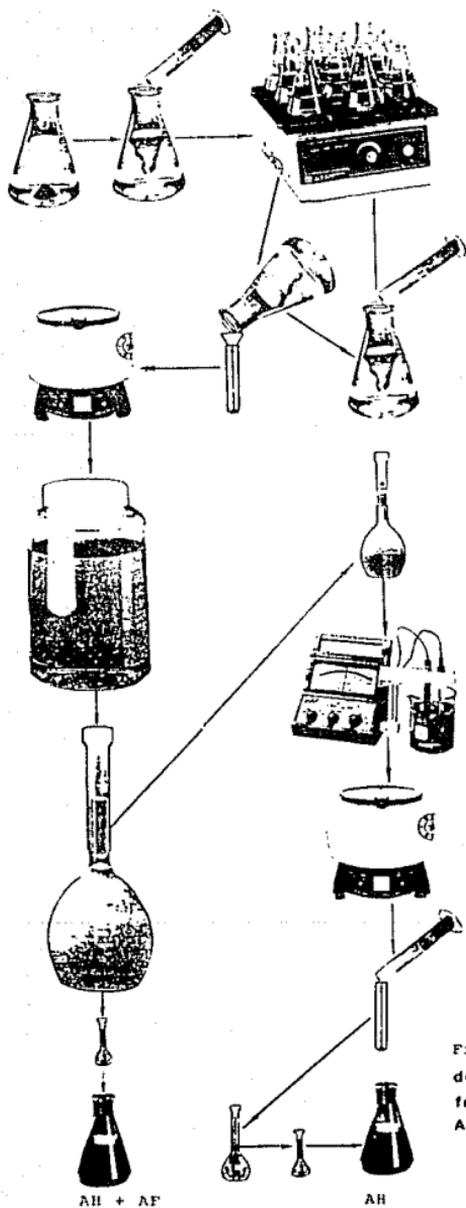


Fig. No. 11 Esquema de la extracción y fraccionamiento de AH y AF

Se pesaron 5 g de cada muestra para la extracción y fraccionamiento de la materia orgánica de los estiércoles, la composta de basura, los suelos de la chinampa y los chapines.

Cada muestra se colocó en un matraz Erlenmeyer de 500 ml.

Se agregaron 50 ml de $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$ 0.1 M junto con otros 50 ml de NaOH 0.1 N

Se agitó la muestra en un agitador rotatorio durante un día (se agitaba 1 hora y se dejaba reposar 1/2 hora, y así, en forma alternante). Después se dejaba reposar toda la noche. Al día siguiente se decantaba en los tubos de nalgene de 50 ml. Esto se hacía al mismo tiempo que se filtraba con un poco de fibra de vidrio para retener las partículas gruesas no humificadas. Después se centrifugaba 20' a 3000 rpm.

La extracción con la mezcla de $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$ 0.1 M con NaOH 0.1 N se repitió tres veces y después se prosiguió con 50 ml de NaOH 0.1 N hasta agotar la materia orgánica, es decir, en cada ocasión se agregaba 50 ml. de NaOH 0.1 N. se agitaba y se dejaba reposar. se decantaba filtrando con fibra de vidrio, y se centrifugaba hasta que el sobrenadante fuera claro. El extracto se recogió en un recipiente de tres litros.

La solución extraída de ácidos húmicos y ácidos fulvicos: extracto total-. se afioró al volumen más cercano (matraz aforado de uno o de dos litros). Este extracto se agitó y se tomó una alícuota de 10 ml. que se transvasó a un matraz de Erlenmeyer de 250 ml para determinar el porcentaje de materia orgánica por el método de Walkley y Black, secando previamente a baño maría (Dabin, 1971).

Se tomó otra alícuota de 250 ml. del extracto total - previa agitación - y se colocó en un vaso de precipitados de 400 ml: se añadió H_2SO_4 1:1 hasta obtener un pH de 1.5 para

precipitar los ácidos húmicos y se dejó flocular 24 horas. Al día siguiente la muestra floculada se centrifugó 10' a 3000 rpm. y se decantó el sobrenadante. El precipitado de los ácidos húmicos se redisolvió con NaOH 0.5 N (25ml) y se afere a 50 ml.

De este matraz aforado de 50 ml. se pipeteó una alícuota de 10 ml. para determinar el porcentaje de materia orgánica por el método de Walkey y Black, de los ácidos húmicos en matraces de Erlenmeyer de 250 ml. secados previamente a baño maría. El porcentaje de carbono de los ácidos fúlvicos, se determinó por diferencia, entre el porcentaje de ácidos húmicos más fúlvicos menos el porcentaje de ácidos húmicos (Black, 1965; Duchaufour y Jacquin, 1975; Chouliaras et al. 1975; Merlet, 1971).

VII RESULTADOS Y DISCUSION

Los resultados de este trabajo fueron evaluados en función de las siguientes variables dependientes en plantas de coliflor: peso fresco; peso seco; número de hojas funcionales (aquellas que realizan fotosíntesis); área foliar de hojas funcionales; contenido de sodio; contenido de potasio; relación sodio/potasio; calcio; magnesio; relación calcio/magnesio; relación potasio/calcio; relación potasio/magnesio; relación calcio más magnesio/potasio; todo lo anterior en plantas de coliflor y finalmente los mismos análisis químicos en las diferentes fuentes de materia orgánica: estiércoles de bovino, ovino, porcino y aviario así como de composta de basura, que además se fraccionaron para conocer su grado de humificación y relacionarlo con sus efectos mejorantes.

Los resultados de los análisis físicos y químicos del suelo se observan en el Cuadro 13, donde se manifiestan los problemas que se tienen en el área de estudio como son pH fuertemente alcalinos, mayores de 8.5, sodio intercambiable con porcentajes superiores al 7 % en todas las profundidades y la conductividad eléctrica mayor de 2 mmhos/cm en los primeros 70 cm de profundidad. En el Cuadro 14, los análisis químicos de las diferentes fuentes de materia orgánica y su fraccionamiento en ácidos húmicos y ácidos fúlvicos. Y en el Cuadro 15 los resultados de las variables dependientes en plantas de coliflor.

En los Cuadros 16-24, presentes en el Anexo, están los análisis de varianza (ANDEVA), los medios y los análisis de rangos múltiples de las principales variables, comparándolas con las fuentes de materia orgánica (FMO), estando éstas últimas, promediadas para cada dosis y de igual manera, de cada fuente, se promediaron las diferentes dosis, de tal manera que, obtengamos

Cuadro 14 FUENTES DE MATERIA ORGANICA

	Carbono Total (%)	Nitrogeno Total (%)	C/N	Fracciones de		AH/AF
				AH (%deC)	AF(%deC)	
EB	46.34	0.399	116.14	7.04	17.03	0.5402
EO	35.96	2.24	16.05	7.36	19.05	0.3863
CB	11.02	1.008	10.93	3.70	2.51	1.4741
EP	34.57	0.448	77.16	8.16	17.45	0.4676
EA	27.06	4.319	8.58	7.30	20.06	0.3629

	Na ⁺ (meq/100g)	K ⁺ (meq/100g)	Ca ⁺⁺ (meq/100g)	Mg ⁺⁺ (meq/100g)
EB	12.17	50.81	18.45	18.51
EO	6.34	80.76	18.95	20.57
CB	33.47	18.84	36.40	19.54
EP	34.34	54.87	27.43	28.80
EA	31.30	54.87	31.42	20.57

	Na ⁺ /K ⁺	K ⁺ /Ca ⁺⁺	K ⁺ /Mg ⁺⁺	Ca ⁺⁺ /Mg ⁺⁺
EB	0.24	2.73	2.72	0.73
EO	0.07	4.26	2.81	0.42
CB	1.77	0.51	0.90	1.01
EP	0.62	2.00	1.90	1.02
EA	0.57	1.74	2.06	0.94

Nota: AH: Acidos húmicos

AF: Acidos fúlvicos

Cuadro 15 RESULTADOS EN PLANTAS DE COLIFLOR

Tratamientos	Pesos fres- cos(g)	Pesos secos (g)	Número de hojas fun- cionales	Area foliar (cm ²)	Na ⁺ (mg/ 100g)	K ⁺ (mg/ 100g)	Ca ⁺⁺ (mg/ 100g)	Mg ⁺⁺ (mg/ 100g)	Na ⁺ / K ⁺	Ca ⁺⁺ / Mg ⁺⁺	K ⁺ / Ca ⁺⁺	K ⁺ / Mg ⁺⁺	Ca ⁺⁺ +Mg ⁺⁺ /K ⁺
EB1	3.19	1.55	8.5	40.47	328.26	53.94	14.57	156.61	6.09	0.0255	3.556	0.343	3.186
EB2	3.93	1.79	7.7	39.78	369.56	56.90	21.39	173.54	7.19	0.1222	2.337	0.299	3.899
EB3	2.05	1.41	6.3	21.44	336.95	67.30	18.19	168.35	5.00	0.1769	3.701	0.400	2.770
EB4	6.10	0.44	7.7	68.24	289.13	59.60	9.62	183.43	4.85	0.6125	6.156	0.388	2.129
EB5	7.45	1.76	16.2	82.39	164.34	69.23	7.49	185.55	1.50	0.0480	2.255	0.445	2.354
EB6	7.47	1.14	13.7	79.69	306.52	77.56	6.41	158.73	3.95	0.0403	1.7099	0.486	2.129
EO1	3.90	0.71	11.0	44.56	297.82	46.71	17.11	161.96	6.11	0.1049	2.646	0.298	3.695
EO2	2.44	0.69	7.7	37.61	330.43	65.02	11.76	176.71	5.69	0.0565	5.613	0.373	2.954
EO3	4.51	0.75	10.5	44.61	297.92	69.22	14.97	205.39	4.99	0.0729	4.024	0.537	3.181
EO4	2.71	0.85	7.0	23.26	313.94	71.15	27.80	171.66	4.16	0.1992	2.559	0.405	2.059
EO5	5.96	0.93	10.7	54.97	313.04	85.89	19.84	159.89	3.64	0.1891	6.034	0.585	1.922
EO6	5.52	0.81	14.5	55.56	332.60	100.00	10.64	156.41	2.72	0.0562	6.364	0.638	1.670
CB1	2.36	0.55	5.5	21.55	319.56	47.43	19.25	201.05	6.72	0.0957	2.463	0.335	4.644
CB2	3.79	0.75	8.5	43.32	251.36	39.10	24.89	202.11	7.45	0.1210	1.999	0.193	5.757
CB3	4.69	0.80	10.7	45.28	352.17	43.58	17.11	189.21	6.08	0.0708	2.547	0.231	4.714
CB4	3.47	0.74	6.2	37.06	313.04	43.58	22.45	141.97	7.19	0.1568	1.941	0.300	2.641
CB5	2.39	0.53	5.0	23.24	317.39	51.62	31.79	196.94	6.11	0.1075	2.427	0.260	4.243
CB6	4.14	0.74	7.7	40.60	380.43	51.92	18.18	197.69	7.02	0.1150	2.655	0.329	3.266
EP1	3.20	0.65	8.7	31.44	376.09	59.00	22.45	153.45	7.52	0.1483	2.227	0.325	3.517
EP2	3.73	0.66	10.0	50.53	374.08	58.22	16.04	179.84	6.04	0.0836	2.656	0.324	3.340
EP3	3.23	0.74	9.7	47.76	371.73	65.98	9.42	219.04	5.68	0.0419	6.796	0.298	3.497
EP4	1.42	0.55	3.0	7.41	313.04	55.12	14.32	154.49	5.67	0.0968	1.682	0.356	3.074
EP5	3.25	0.55	6.5	28.04	356.52	78.84	12.83	171.42	4.52	0.0748	6.144	0.459	1.337
EP6	4.29	0.67	9.7	51.30	308.69	60.12	10.69	226.57	3.95	0.0447	7.474	0.350	1.966
EA1	3.14	0.64	9.2	28.60	328.26	41.66	28.87	164.00	7.87	0.1760	1.443	0.252	4.630
EA2	3.30	0.57	8.2	39.15	347.82	52.56	13.80	202.11	6.61	0.0487	3.781	0.260	1.109
EA3	2.22	0.56	4.0	10.63	395.65	65.39	18.18	193.60	6.45	0.1056	3.596	0.337	5.339
EA4	2.00	0.45	4.1	18.50	347.82	71.15	19.25	177.77	4.86	0.1541	3.696	0.400	2.769
EA5	0.97	0.24	1.3	3.95	287.41	94.71	39.32	216.21	4.44	0.1411	2.120	0.294	3.013
EA6	1.56	0.38	2.2	9.90	369.56	87.82	14.59	179.71	4.10	0.1191	2.571	0.495	2.292
TESTIGOS	2.38	0.47	5.7	23.36	313.04	46.15	25.66	133.33	4.78	0.1824	1.798	0.346	3.445

una comparación entre las variables a evaluar por un lado, y por otro las DOSIS de FMO o las FMO en si mismas. Los Cuadros 25-29 y sus respectivas graficas, que también están en el Anexo, son de las variables a evaluar, comparándolas con las DOSIS de FMO por medio de un análisis de regresión respectivo, junto con el análisis de varianza del modelo matemático que mas se ajustaba a los resultados.

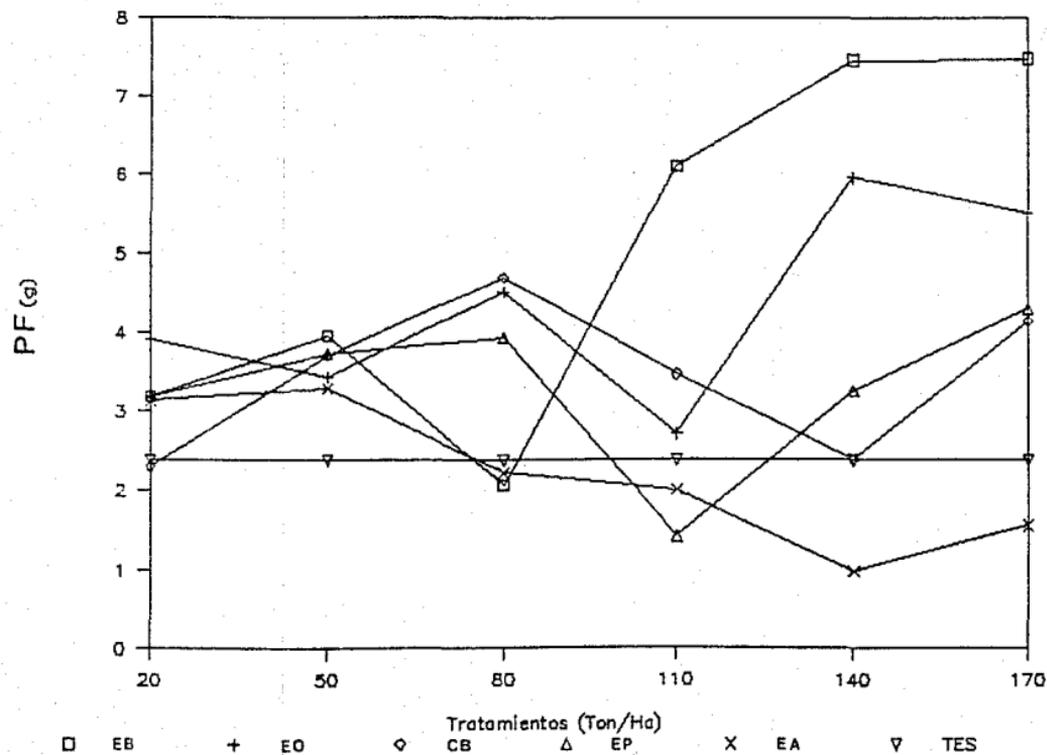
Los Cuadros 30-34, presentes en el Anexo, son resúmenes de resultados de análisis de regresiones de las principales variables a evaluar y las dosis de las diferentes fuentes de materia orgánica pero en forma individual, junto con los ANDEVA de los modelos matemáticos y sus parámetros para conocer el comportamiento de cada fuente. Los datos de estos cuadros fueron obtenidos de los Cuadros 35-54, que también estan en el Anexo.

Las Figuras 12-21 son de las mismas variables ya citadas.

En la Figura 12 se observa la variación de los pesos frescos de plantas de coliflor, en función de las dosis de las diferentes fuentes de materia orgánica, observese que las plantas que fueron cultivadas con estiércoles de bovino (EB) y de ovino (EO) tienden a separarse de las restantes y obtienen en general los mayores pesos, y las que se cultivaron en estiércol aviario (EA), son las de menores pesos. La línea recta corresponde a los testigos (TES).

En la Figura 13 se muestran los pesos secos de plantas de coliflor, la variación no es tan clara como en la figura anterior, pero sin embargo, se puede ver que de nuevo los estiércoles de bovino y de ovino obtienen las mejores respuestas y el estiércol aviario la menor, incluso empieza a declinar desde la dosis 20 ton/ha

Fig.12 Pesos frescos de plantas de coliflor



En la Figura 14, número de hojas funcionales, se ve más claramente una separación entre los estiércoles de bovino y ovino en un grupo, el estiércol aviario en otro, por abajo de los testigos, y el estiércol de porcino con la composta de basura en el grupo intermedio.

En la Figura 15, área foliar de hojas funcionales, se nota un comportamiento muy similar a la figura anterior, en ambas hay una tendencia a aumentar el área foliar con el aumento de las dosis de los estiércoles de bovino y de ovino.

En la Figura 16, se presentan los contenidos de sodio en la coliflor, el comportamiento es muy similar en general con relación a las fuentes de materia orgánica, es decir, se mantiene más o menos constante, sin embargo, en un caso -estiércol de bovino- parece que hay un rango donde tiende a bajar, llegando el valor más bajo a los 140 ton/ha

En la Figura 17, potasio en plantas de coliflor, se nota muy claramente que todos los estiércoles tienden a aportar K^+ a las plantas. La composta se comporta con un efecto negativo en las dosis bajas y en la dosis altas aumenta muy ligeramente.

En la Figura 18, relación sodio/potasio, muestra también resultados claros al indicar que el aumento de las dosis de los estiércoles disminuye dicha relación a diferencia de la composta de basura que se comporta fluctuante alrededor de los testigos, e incluso su promedio es ligeramente superior al promedio de estos.

Observando la Figura 19, calcio en coliflor, vemos que en todas las fuentes, la concentración de calcio está por abajo del valor de los testigos y con aparente tendencia a disminuir el calcio, sobre todo en los casos de los estiércoles de bovino, de

Fig. 14 Numero de hojas funcionales
de coliflor

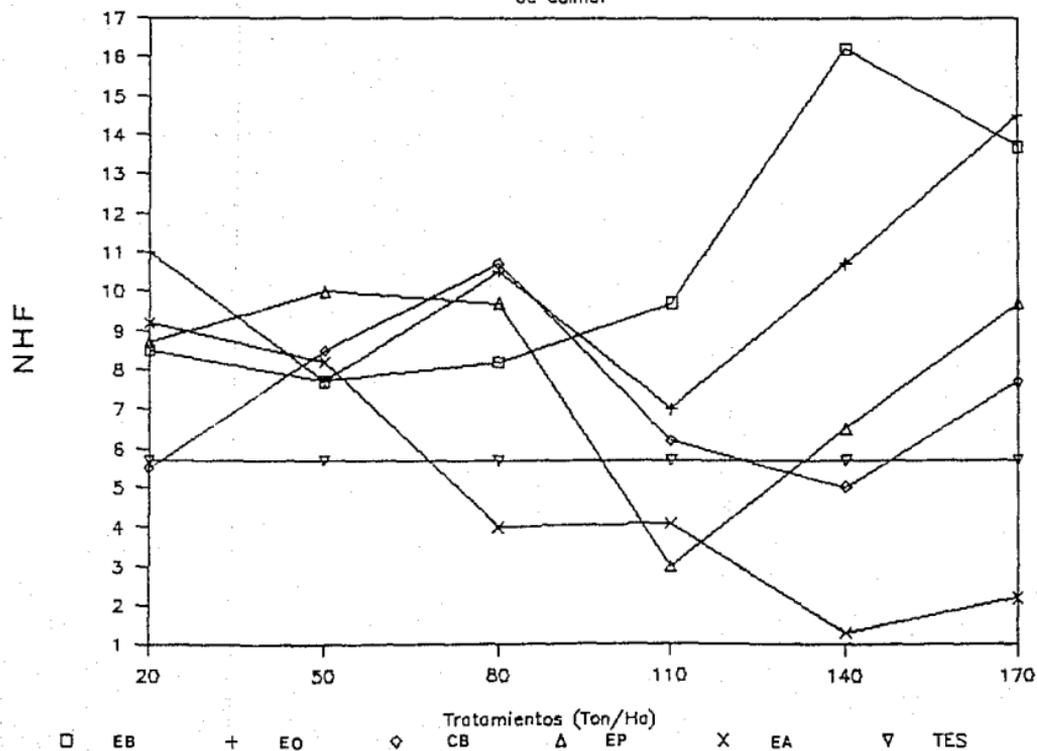


Fig. 15 Area foliar de hojas funcionales
de coliflor

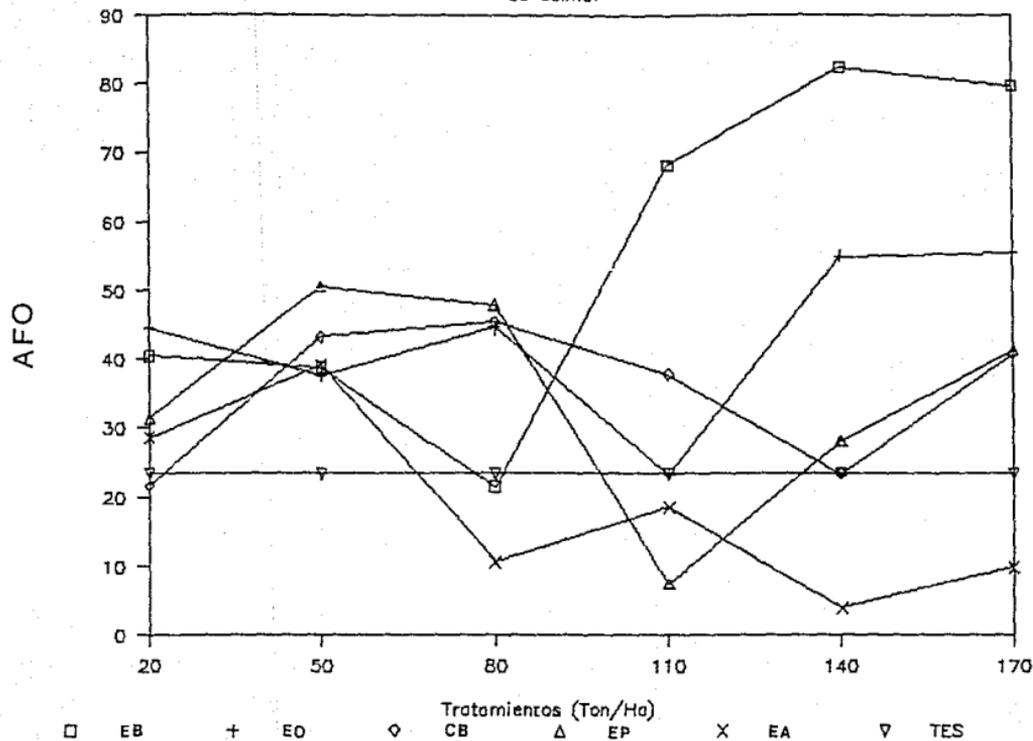


Fig. 16 Sodio en plantas de coliflor

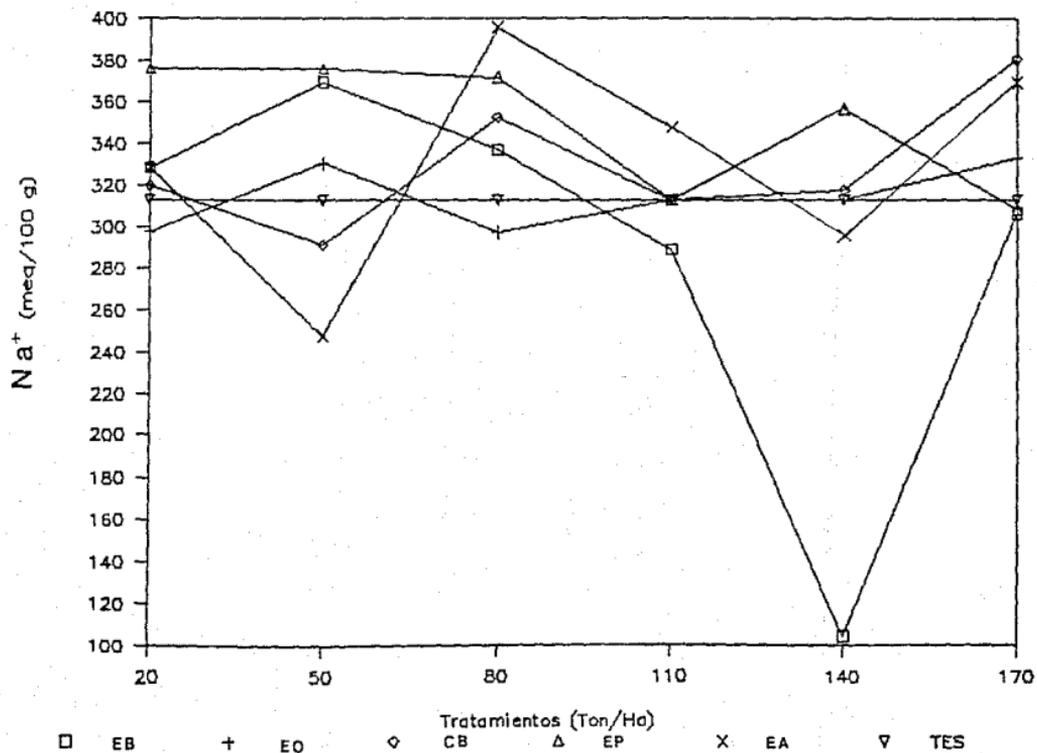


Fig. 17 Potasio en plantas de coliflor

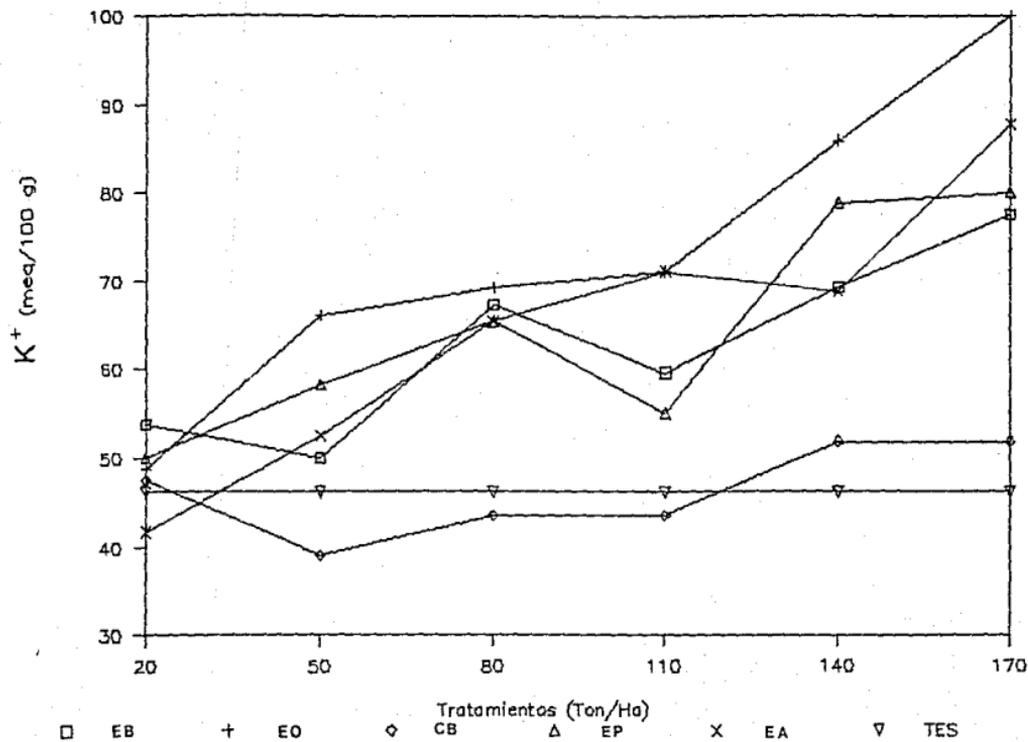


Fig. 18 Relacion Sodio/Potasio
en plantas de coliflor

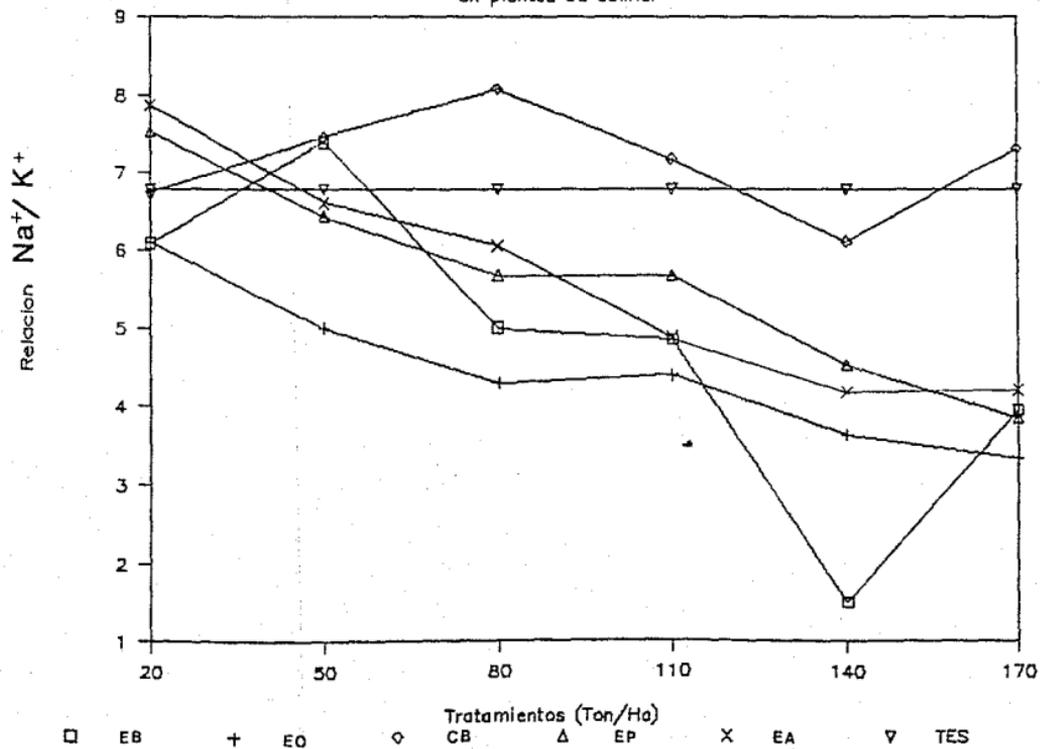
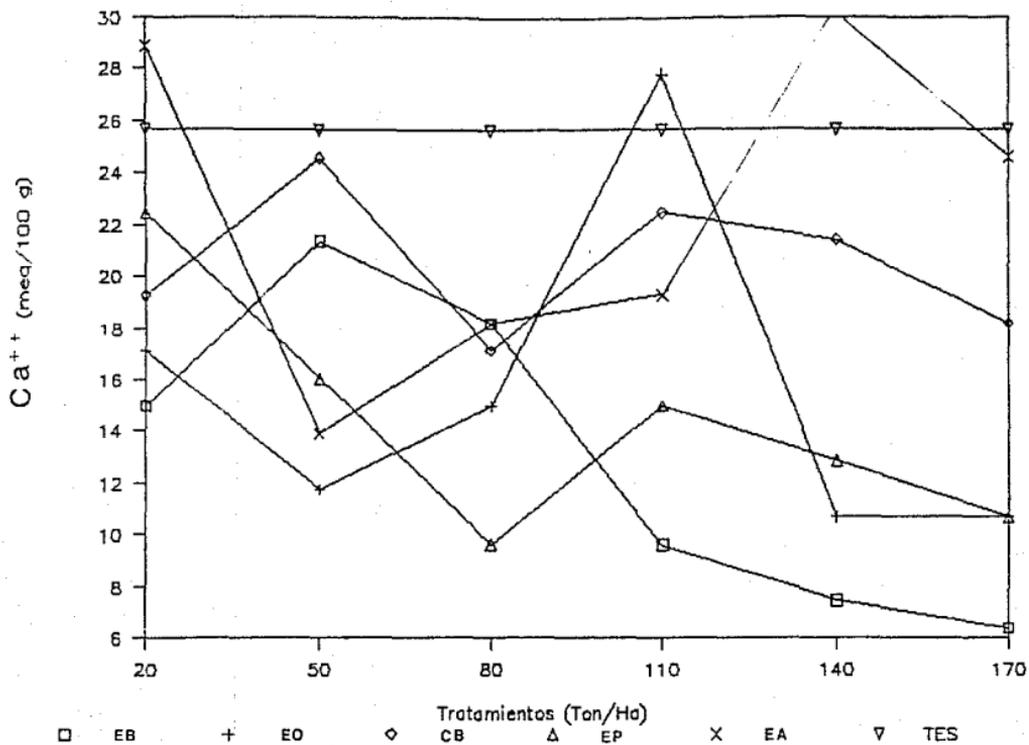


Fig. 19 Calcio en plantas de coliflor



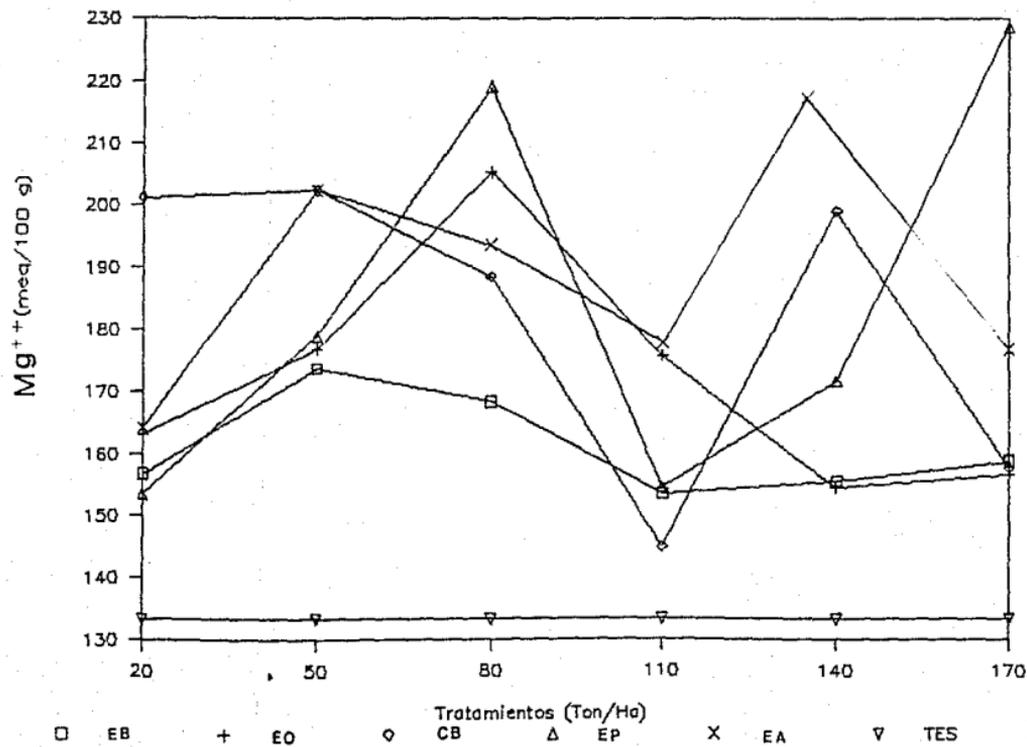
ovino, y de porcino, esto posiblemente sea consecuencia de la alta concentración de K^+ en los estiércoles, manifestandose como el efecto de ion complementario en los coloides del suelo (Tisdale y Nelson, 1982), esto es más claro si los estiércoles son bajos en Ca^{++} , como es el caso de EB, EO y EP.

La Figura 20, magnesio en coliflor, todas las fuentes, en todas las dosis, dan valores superiores al promedio de los testigos, esto posiblemente sea debido a la alta concentración del Mg^{++} en el suelo de chinampas y no a la concentración de este en las fuentes de materia orgánica, pues en estos es baja su concentración.

En la Figura 21 se muestra la relación calcio/magnesio, en general, casi todas las fuentes y en casi todas las dosis, la relación es baja, incluso por abajo del promedio de los testigos, excepto en un caso, -estiércol de bovino- en las dosis de 140 y 170 ton/ha, en estas, el estiércol de bovino en relación a las otras fuentes, tiene los valores más bajos de calcio y también los más bajos de magnesio, (vease también los Cuadros 14 y 15).

En el Cuadro 16 se muestra el análisis de varianza, la tabla de medias y las pruebas de rangos múltiples para peso fresco (PF). El análisis de varianza, dió resultados significativos para las diferentes fuentes de materia orgánica. El análisis de rangos múltiples para FMO mostro que existen dos rangos, uno fué estiércol aviario (EA), estiércol porcino (EP), composta de basura (CB), y estiércol de ovino (EO); el otro rango fué EP, CB, EO y EB. El análisis de rangos múltiples para DOSIS, dió homogeneidad en todos los grupos, es decir, no hubo diferencias en cuanto a las dosis de las fuentes de materia orgánica. Observando la Tabla de medias de FMO, el valor más alto de los promedios (de seis dosis de la misma fuente) fué para EB y el más bajo para EA.

Fig. 20 Magnesio en plantas de coliflor



El Cuadro 17. incluye el análisis de varianza, la tabla de medias y la prueba de rangos múltiples, para peso seco (PS). El análisis de la varianza resultó significativo en cuanto a FMO pero al 90% de significancia y el análisis de rangos múltiples resultó con grupos homogéneos, es decir, sin diferencias (95% de significancia), tanto para DOSIS como para FMO, sin embargo, el valor más alto de peso seco para FMO fue para EB y el más bajo fue para EA, esto también se puede ver en la Tabla de medias, (estas son el promedio de seis dosis de cada FMO). El valor que le sigue al EB es el de EO; CB tiene un valor intermedio, en último lugar está el EA.

Considerando el número de hojas funcionales (NHF), en el Cuadro 18, el ANDEVA fue significativo también para FMO, es decir, significa que hay diferencia estadística en cuanto a los diferentes orígenes de materia orgánica y no en cuanto a las diferentes DOSIS de materia orgánica. De nuevo el análisis de rangos múltiples para FMO es el que da diferencia en cuanto a grupos homogéneos, estando en los extremos de estos grupos el EB y el EA y semejándose más al EB el EO. La Tabla de medias en FMO presenta que el valor mayor fue para el EB, siguiéndole en orden decreciente EO, CB, EP y finalmente EA.

Los resultados estadísticos del área foliar (AFO), mostrados en el Cuadro 19, fueron muy semejantes a los de NHF, es decir, nuevamente lo más importante fueron las fuentes de materia orgánica, FMO y no las DOSIS de estas, siendo el estiércol más importante el de bovino (EB) y le sigue EO. La composta de basura ocupa un lugar intermedio y en último lugar está el EA.

Con respecto al análisis de POTASIO (K^+), Cuadro 20, la varianza tuvo alta significancia tanto para FMO como para DOSIS de las diferentes fuentes de materia orgánica. Según la Tabla de medias, el EO es el que dió el valor más alto, le siguen en orden

decreciente el EP, EA, EB y finalmente CB. El análisis de rangos múltiples para potasio sí mostro diferencias para DOSIS de las diferentes fuentes de materia orgánica, además de las ya acostumbradas diferencias para las FMO. Para DOSIS, se ve que hay hasta tres grupos homogéneos, el primero de 20,50,110 y 80 ton/ha, el segundo de 110, 80 y 140 ton/ha y el tercer grupo de 140 y 170 ton/ha. Como se ve, hay una tendencia casi directa a aumentar la cantidad de potasio al aumentar la dosis de materia orgánica. En lo que respecta a la relación de POTASIO y FMO se obtienen dos grupos homogéneos, uno es el formado por la CB solamente y el otro grupo es el formado por todos los estiércoles en el siguiente orden: EO, EP, EA y EB, con ello el estiércol de ovino es el más rico en potasio, le siguen en orden decreciente el EP, EA y EB, lo cual coincide con los análisis químicos de los estiércoles y la composta de basura. Cuadro No. 14.

En el Cuadro 21, el análisis de la varianza, ANDEVA, de la relación Na^+ / K dió alta significancia tanto para DOSIS como para FMO, esto fué debido básicamente a la mayor concentración del potasio como se vió en el análisis anterior. El potasio se encuentra en mayor concentración en los estiércoles que el sodio y también debido a que el potasio tiene un poder reemplazante mayor que el sodio en el complejo de intercambio del suelo; por otro lado los valores del sodio en las FMO (Cuadro 14) indican menor concentración en los estiércoles, en particular EO, que a su vez tiene el valor más alto de potasio, algo parecido sucede con el EB. Obsérvense los valores de CB que tiene poco potasio y un valor alto de sodio. Los valores de las relaciones Na^+ / K se pueden ver en la Tabla de medias de las FMO del Cuadro 21, donde el valor más alto fué para CB, esto es razonable, pues su análisis químico dió el valor más bajo de potasio y un valor alto de sodio, lo cual concuerda con una relación sodio/potasio alta; el valor más bajo de la relación sodio/potasio fue para EO que dió el valor más alto de potasio y el más bajo de sodio en el

análisis químico. La relación que le sigue al EO es la del EB, que tiene un valor medio de potasio y un valor bajo de sodio. Los valores de EP y EA dieron valores intermedios en la relación sodio/potasio, lo cual concuerda con los valores de potasio y sodio de sus análisis químicos. Obsérvese que el análisis de rangos múltiples para FMO concuerda con lo antes expuesto, el valor más alto es el de CB al que le siguen EA y EP formando éste trio un grupo homogéneo; el otro grupo es el formado en orden decreciente: EA, EP, EB y EO.

El Cuadro 22, presenta que el ANDEVA de la relación K^+ / Ca^{++} fue altamente significativo tanto para DOSIS como para FMO. La Tabla de medias muestra que el valor más alto de potasio/calcio dentro de las diferentes FMO es el EB y el más bajo es el de CB, esto es debido a que la CB es muy pobre en potasio, aún cuando la cantidad de calcio es mayor que la del EB. El valor que le sigue al EB es el del EO y las otras fuentes (EP y EA) son intermedias. El análisis de rangos múltiples nos indica que hay dos grupos homogéneos tanto para DOSIS como para FMO. En este último caso se confirma que el EB y la CB son las fuentes más dispares en lo que respecta a la relación potasio/calcio. Al analizar la relación potasio/calcio para DOSIS se ve que los dos grupos homogéneos tienen en sus extremos a las dosis 20 y 170 ton/ha y que tienen una tendencia general a aumentar en forma directa con las dosis de FMO. El análisis de rangos múltiples para FMO nos hace ver nuevamente que los estiércoles de bovino y de ovino son los más semejantes entre sí y que les siguen los estiércoles de porcino y aviario y en último lugar está la composta de basura, seguramente se debe a la composición química de estas fuentes.

El ANDEVA de la relación K^+ / Mg^{++} , Cuadro 23, dió resultados altamente significativos tanto para DOSIS como para FMO. La Tabla de medias del Cuadro No. 23, muestra que hay una

relación casi directa entre el cociente potasio/magnesio y las dosis de FMO, esto se observa en la gráfica de regresión de K^+ / Mg^{++} vs DOSIS de FMO con un coeficiente de correlación 0.97 y un coeficiente de determinación de 94.2 %. De las FMO la de mayor valor fue el EO y le siguen el EB EP, EA y CB, que en general concuerda con la composición de potasio y magnesio de las diferentes FMO. El análisis de rangos múltiples para FMO, corrobora que las mejores fuentes de materia orgánica son los estiércoles de ovino y bovino, aun cuando éstos forman un grupo homogéneo con EP y EA, también se ve que éstos dos últimos forman otro grupo con la CB.

El ANDEVA, de la relación $Ca^{++} + Mg^{++} / K^+$, Cuadro 24, dió resultados altamente significativos tanto para DOSIS como para FMO. La Tabla de medias del mismo cuadro, para FMO, mostró el valor mas alto para CB, siguiendo en orden decreciente: EA, EP, EB y EO, que como se ve, en general, la relación $Ca^{++} + Mg^{++} / K^+$ precisamente va disminuyendo conforme aumentan las dosis, esto seguramente, es debido a que los estiércoles son ricos en K^+ y pobres en Ca^{++} y Mg^{++} y por lo tanto, al aumentar las dosis, la relación disminuye. El análisis de rangos múltiples para FMO muestra muy claramente que hay dos grupos homogéneos, uno es el formado unicamente por CB y el otro grupo es el formado por los estiércoles: EA, EP, EB y EO, esto demuestra la diferencia de composición de nutrientes de la composta de basura y de los estiércoles en general. El análisis de rangos múltiples para DOSIS nos presenta que hay tres grupos, el grupo de dosis bajas, 20 y 50; el de dosis intermedias, 80 y 110 y el de dosis altas que es el de 140 y 170 ton/ha.

Los Cuadros 25-29 se presentan como un complemento de los análisis de varianza anteriores, se citan variables seleccionadas como son: potasio, sodio/potasio, potasio/calcio, potasio/magnesio y calcio + magnesio/potasio con relación a las

dosis de fuentes de materia orgánica pero "mezcladas", con el objeto de conocer el efecto de la materia orgánica sin hacer distinción de que tipo es, para ello, se promediaron los valores de cada variable a evaluar, pero de la misma dosis, de cada una de las fuentes de materia orgánica.

El Cuadro 25. POTASIO VS DOSIS de FMO, nos da la variación por medio de un análisis de regresión del potasio con respecto a dosis de materia orgánica representada por FMO en estos suelos de Xochimilco. El modelo matemático probado es el de la línea recta $Y = a + bx$ donde "Y" es potasio, "a" y "b" son los parámetros ordenada al origen y la pendiente de la recta respectivamente y "x" es la dosis de materia orgánica. El análisis de varianza del modelo indica que estadísticamente es altamente significativo y con unos coeficientes de correlación de 0.9667 y de determinación de 93.46%, lo cual indica que hay una muy alta relación entre dosis de materia orgánica -sobre todo estiércoles- y concentración de potasio encontrada en las plantas de coliflor, además, la gráfica nos es útil para saber la dosis general de materia orgánica necesaria para satisfacer el requerimiento medio de potasio en la coliflor, que según Chapman (1965), es de 76.71 meq/100g, lo cual correspondería a una dosis de 169.33 ton/ha de una "mezcla" de diferentes fuentes de materia orgánica en iguales proporciones.

En el Cuadro 26. SODIO/POTASIO VS DOSIS de FMO, el análisis de regresión y el análisis de varianza del modelo lineal, da un resultado altamente significativo, con unos coeficientes de correlación de -0.9470, y de determinación de 89.69%, indicando con esto, que hay un alto grado de asociación entre dicha relación y las dosis de fuentes de materia orgánica, esto seguramente es debido a que el aumento de materia orgánica, específicamente en los estiércoles, aumenta la cantidad de potasio en el suelo, dando una disminución de dicha relación con

una pendiente negativa. Esta relación matemática también nos puede servir para calcular la cantidad de sodio presente en la planta a una dosis dada y a una concentración de potasio conocida. por ejemplo a 169.33 ton/ha de la mezcla de materia orgánica y con 76.71 meq/100g de K⁺ tenemos que la planta tiene aproximadamente 316.81 meq/100g de Na⁺, que corresponde a una concentración muy alta de tal ion.

Cuadro 27. POTASIO/CALCIO VS DOSIS de FMO, de nuevo tenemos un modelo lineal con su un análisis de regresión, tratando de explicar el comportamiento de ésta relación y las dosis de diferentes fuentes. El análisis de varianza del modelo lineal es de alta significancia estadística y el análisis de regresión nos muestra un coeficiente de correlación de 0.9260 y un coeficiente de determinación de 85.75%, que son de alto valor de asociación y de determinación, aunque en menor proporción que en las dos gráficas anteriores. Esta gráfica nos indica que el comportamiento del calcio con respecto al potasio va disminuyendo conforme aumentamos la dosis de materia orgánica, estiércoles, seguramente por el aumento del potasio. Es interesante conocer cuanto calcio hay en la planta, cuando en planta hay 76.71 meq/g de potasio, que es el requerimiento normal; esto se puede calcular por medio del modelo lineal, obteniéndose 11.91 meq/100g de calcio, es decir, el cálculo se hizo para 169.33 ton/ha de materia orgánica, lo que confirma que el calcio disminuye por efecto del potasio.

Cuadro 28. POTASIO/MAGNESIO VS DOSIS de FMO, aquí también el análisis de varianza del modelo de regresión lineal es altamente significativo y con unos altos coeficientes de correlación de 0.9706 y de determinación de 94.22%. Calculando cuanto magnesio hay en la planta, también en función de la dosis de 169.33 ton/ha, es decir, cuando de potasio hay 76.71 meq/100g, se obtendría 174.34 meq/100g de magnesio. Este valor que es alto.

es muy probable que se deba a que en el suelo de la chinampa el magnesio existe en altas concentraciones, sin embargo, la materia orgánica al aumentar su dosis, aumenta más la concentración del potasio en el suelo, y así contrarresta la concentración del magnesio; a esta explicación podemos agregar lo siguiente: por un lado, el potasio aumenta conforme aumenta la dosis de materia orgánica -estiércoles- y por otro lado, el magnesio a pesar de tender a disminuir la concentración del potasio en el suelo por el efecto de ión suplementario (Tisdale y Nelson, 1962), pues el magnesio es divalente, y está como ya se indicó, en altas concentraciones en el suelo, no es capaz de contrarrestar de esta manera el efecto del potasio, pues la relación potasio/magnesio aumenta conforme aumenta la dosis de estiércoles.

Cuadro 29. CALCIO + MAGNESIO/ POTASIO VS DOSIS de FMO, en este análisis de regresión es en donde se obtuvieron los valores más significativos por los coeficientes de determinación, 94.77% y de correlación, -0.9734, y por el valor del análisis de la varianza que es el más alto. Aquí se correlacionan muy bien las dosis de materia orgánica, en particular los estiércoles, con la relación calcio + magnesio/potasio: observe la gráfica de regresión respectiva y se verá que la banda de confianza es angosta y que todos los puntos experimentales caen dentro de ella. El valor negativo del coeficiente de correlación indica que la relación disminuye conforme aumenta la dosis de materia orgánica - estiércoles - pues estos son ricos en potasio, y que el magnesio, a pesar de ser abundante en el suelo, también es escaso en los estiércoles, lo que ocasiona que aun sumado a calcio, esta suma aumenta en menor proporción que lo que aumenta el potasio y por lo tanto la relación favorece más al potasio que al calcio + magnesio, es decir, al ir aumentando el potasio crece la cantidad de cationes de potasio adsorbidos en el complejo de cambio del suelo y así aumenta la proporción en la que el potasio sustituye a los otros cationes presentes, a esto se le debe

adicionar que no es unicamente el complejo de cambio del suelo el que se ve afectado sino tambien, la solucion del suelo cambia su concentracion relativa de cationes: es decir, a pesar de que la concentracion de calcio y de magnesio aumenta en la solucion del suelo - pues estos cationes son substituidos del complejo de cambio por el potasio- este ion que debe ser abundante en mayor proporcion en la solucion del suelo que los cationes calcio y magnesio y por lo mismo, es adsorbido en una tasa mayor por las raices de las plantas de coliflor.

Ahora se analizará la relacion grafica entre el K^+ y las dosis de EB, EO, EP y EA en forma individual. Estas graficas muestran las rectas de regresion simple y junto a estas, estan los ANDEVA y las ecuaciones de regresion simple. El analisis de varianza de cada recta nos sirve para determinar la utilidad de la ecuación de regresion con fines de estimación y prediccion del modelo matematico que más se ajusta a los valores encontrados.

El cuadro 30, muestra en forma resumida los analisis de regresion de la relacion POTASIO VS DOSIS de EB, DOSIS de EO, DOSIS de EP y DOSIS de EA. Para cada estiércol se tienen los coeficientes de correlacion, el analisis de varianza del modelo lineal $Y = a + bx$, y los parametros a y b para hacer los calculos de Y segun los valores de x.

Tenemos primero la grafica POTASIO VS DOSIS de EB con coeficiente de correlacion de 0.8723, un coeficiente de determinación de 76.09 %, un analisis de varianza para el modelo lineal $Y = a + bx$ estadisticamente significativo y los parametros siguientes: $Y = 47.669 + 0.160571 x$. Esta ultima igualdad utilizando $Y = 76.71$ meq/100g que es el nivel intermedio de K^+ encontrado en la bibliografia, nos da que el valor de x (dosis), de 180.8 ton/ha de EB que seria la dosis adecuada para satisfacer el requerimiento intermedio de K^+ en plantas de coliflor.

La grafica de POTASIO VS DOSIS de EO con coeficiente de correlacion de 0.9653, un coeficiente de determinacion de 93.19 %, un analisis de varianza para el modelo lineal $Y = a + bx$ que es altamente significativo y con los parametros siguientes: $Y = 44.7304 + 0.302838 x$. Esta ultima para el nivel intermedio de K^+ en coliflor, da 105.6 ton/ha de EO.

La grafica de POTASIO VS DOSIS de EP con un coeficiente de correlacion de 0.8602, un coeficiente de determinacion de 74.01%, un analisis de varianza para el modelo lineal $Y = a + bx$ que es altamente significativo y con los parametros siguientes: $Y = 46.3672 + 0.192257 x$, que para el nivel intermedio de K^+ , da $x = 157.8$ ton/ha de EP.

La grafica de POTASIO VS DOSIS de EA con un coeficiente de correlacion de 0.9226, un coeficiente de determinacion de 85.13%, un analisis de varianza altamente significativo para el modelo lineal y con los parametros siguientes: $Y = 39.1782 + 0.260019x$ da $x = 144.5$ ton/ha de EA para el nivel intermedio de K^+ en plantas de coliflor.

Como se ve, el rango de estiercoles va desde 105 hasta 180 ton/ha para satisfacer el requerimiento intermedio de K^+ para la coliflor. Asi el estiercol de ovino se considera el mejor por ser el que se necesita en menor cantidad para satisfacer los requerimientos de K^+ , y el estiercol que tiene menos Na^+ por unidad de peso. Todos los resultados anteriores se resumen en el Cuadro No. 30.

Cuadro 31, analizando la relacion grafica de Na^+/K^+ segun las dosis, en forma separada para los estiercoles de: B, O, P y A, tenemos los siguientes resultados resumidos. Los coeficientes de correlacion (CC) para los cuatro estiercoles fueron -0.7617 para EB; -0.9573 para EO; -0.9911 para EP y --

0.9769 para EA con lo cual, vemos que, hay una correlación alta y negativa en cuanto al grado de asociación entre la variable Na^+/K^+ y las dosis de los diferentes estiércoles: además observando los coeficientes de determinación (CD) de las mismas fuentes de materia orgánica tenemos que son 58.0 para EB; 91.6 para EO; 92.2 para EP y 95.4% para EA que como se ve, son altos porcentajes de asociación, de Na^+/K^+ con respecto a la variación de las dosis de los estiércoles. Los análisis de varianza del modelo $Y = a + bx$ concuerdan muy bien con los coeficientes ya citados, pues para un CD de 58.0% corresponde que se acepta la hipótesis nula (H_0), para CD de 91.6%, el análisis de varianza da un resultado altamente significativo y finalmente para un CD de 95.4%, también es altamente significativo el ANOVA, siendo los estiércoles que fueron altamente significativos para la variable Na^+/K^+ , los siguientes: EA, EP y EO.

Al tratar de comparar los estiércoles desde el punto de vista de su contenido de Na^+ pero manteniendo constante el valor de K^+ a un nivel intermedio en la planta, vemos que empleando el modelo $Y = a + bx$ con $K^+ = 76.71$ meq/100g, es decir, x tendría los valores de 180.8, 105.6, 157.8 y 144.3 ton/ha que serían las dosis necesarias de EB, EO, EP y EA respectivamente para que las plantas de coliflor tuvieran K^+ en un nivel intermedio de concentración. Al hacer los cálculos de Y , se tendría que las relaciones Na^+/K^+ serían respectivamente: 2.46, 4.27, 4.17 y 4.46, tomando como confiables únicamente los tres últimos valores por ser altamente significativos los resultados de los ANOVA.

Cuadro 32, cotejando los resultados de la relación K^+/Ca^{++} contra DOSIS de los estiércoles, se observan en forma resumida en el Cuadro No. 32, que, únicamente el EB es el que da un ANOVA altamente significativo y en los demás se acepta la hipótesis nula (H_0), lo que concuerda con los valores de los coeficientes de determinación. El coeficiente de correlación de

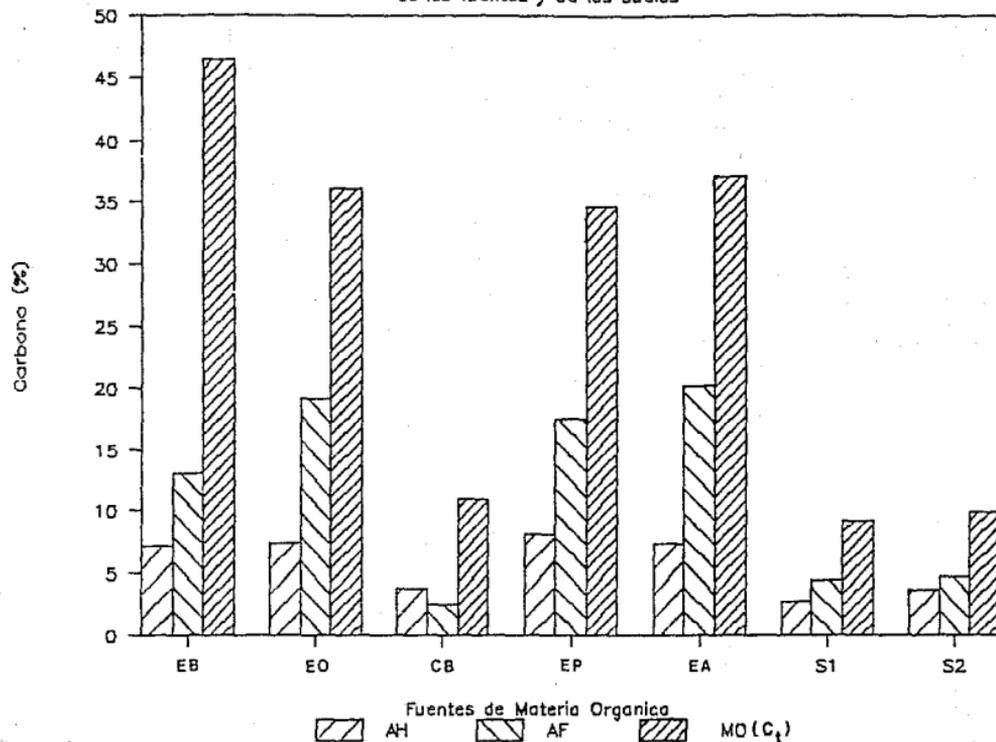
0.9258, es alto y positivo, igual que el CD (85.72%) con relación a EB. Al comparar los valores de K^+ / Ca^{++} cuando $K^+ = 76.71$ meq/100g tenemos que el de EB es el único en el cual se podría confiar, siendo este de 11.57

Cuadro 33, comparando los resultados de la relación K^+ / Mg^{++} contra DOSIS de estiércoles, únicamente los EB y EO son altamente significativos en sus ANOVA, con unos coeficientes de determinación de 86.8 y 86.2% respectivamente, y los coeficientes de correlación son de 0.9318 y 0.9285, que son altos en su grado de asociación con respecto a las dosis. Los únicos valores de K^+ / Mg^{++} en que podemos confiar son los de 0.48 para EB y 0.45 para EO.

Cuadro 34, al considerar el análisis de la relación $Ca^{++} + Mg^{++} / K^+$ vs DOSIS de los estiércoles encontramos que, de nuevo únicamente los estiércoles de bovino y de ovino son significativo y altamente significativo respectivamente en el análisis de varianza. Los coeficientes de correlación son altos y negativos, de -0.8418 y -0.9236 respectivamente, debido a la estrecha relación entre las dosis de estiércoles y el contenido de K^+ , mayor en el caso de EO; también se ve que los coeficientes de determinación 70.87% para EB y 85.32% para EO son altos. Los valores de $Ca^{++} + Mg^{++} / K^+$ confiables por todo lo anterior, son los correspondientes a EB y EO con 2.03 y 2.56 respectivamente.

En la Figura 22, se observan los resultados del fraccionamiento de la materia orgánica de los estiércoles, de la composta, del suelo de chinampa (S1) y del suelo de la Sierra Chichinautzin (S2); muestra que los espectros -que son más parecidos entre sí- son los de estiércoles de ovino, de porcino y de aviario. En esta ocasión, es necesario hacer la aclaración que del total de materia orgánica, únicamente se pudo fraccionar

Fig. 22 Fraccionamiento de la Materia Organica
de las fuentes y de los suelos



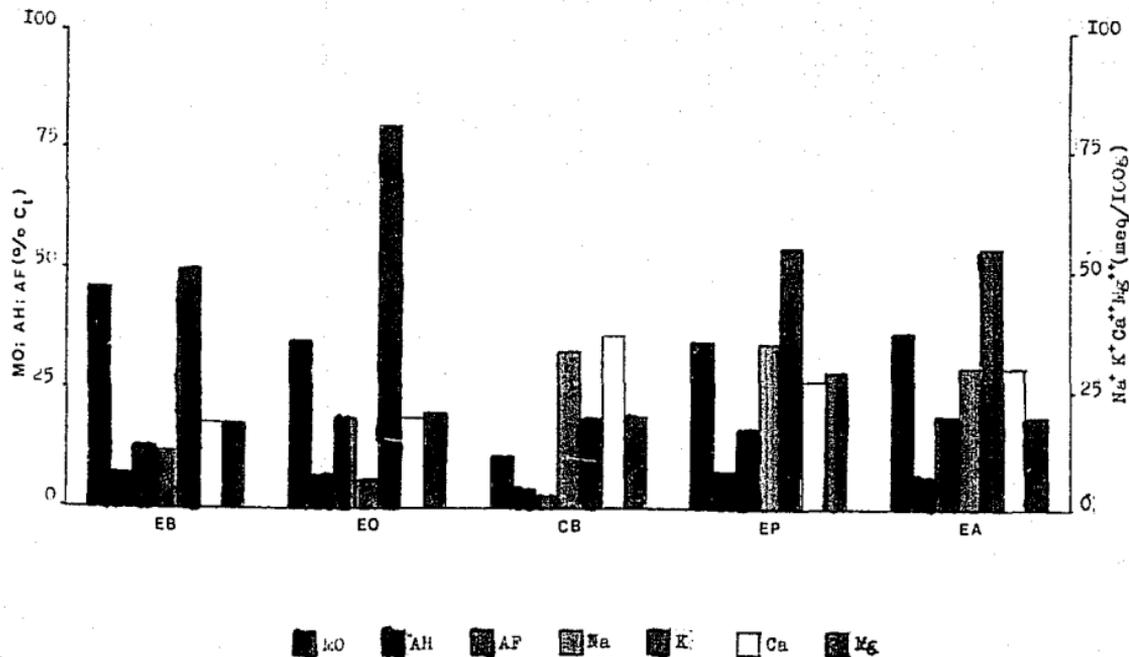
hasta ácidos húmicos y ácidos fúlvicos.

Comparando a la composta de basura con las otras fuentes de materia orgánica, se ve que, a quienes se asemeja más es a los suelos de chinampa y de la Sierra Chichinautzin, aunque con un mayor porcentaje de materia orgánica.

La Fig. 23, presenta un diagrama de barras y representa a cada fuente de materia orgánica y en el mismo orden los siguientes componentes: materia orgánica (% de C total), ácidos húmicos, ácidos fúlvicos, sodio, potasio, calcio y magnesio. Se puede observar que las barras que más llaman la atención, en general, son las correspondientes al K^+ , sobre todo en los siguientes estiércoles: bovino, ovino, porcino y aviario a diferencia de la composta de basura que presenta la menor cantidad de K^+ de todas las FMO y en cambio es la que tiene más Na^+ , siendo superada únicamente y muy ligeramente, por el estiércol de porcino. Los diagramas de los estiércoles de porcino y aviario son muy parecidos entre sí, tanto en los contenidos de MO (Carbono total) como de AH y AF, así como de sodio, potasio, calcio y magnesio.

Del estiércol de ovino y del estiércol de bovino, lo más sobresaliente son sus contenidos de potasio y materia orgánica (carbono total) de 80 meq/100g y de 46% respectivamente. Considerando este elevado porcentaje de carbono y comparándolo con la suma de sus ácidos húmicos y ácidos fúlvicos (20.07%), la diferencia (26.27%), es muy grande, y si la comparamos con las de las otras fuentes, tenemos que en los otros estiércoles esta diferencia en promedio es 9.4%. Esta gran diferencia correspondería a materia orgánica sin humificar, donde estaría comprendida la materia orgánica libre, principalmente fibras que es a quienes se debe el alto porcentaje de carbono y que actúan en los suelos mejorando la permeabilidad y la aereación en mayor

FIG. 23 CONTENIDO DE MATERIA ORGANICA, ACIDOS HUMICOS, ACIDOS FULVICOS, SODIO, POTASIO, CALCIO, Y MAGNESIO EN LAS DIFERENTES FUENTES DE MATERIA ORGANICA.



proporcion que las otras fuentes de materia organica, teniendose asi una mejor estructura en el caso del EB.

Tambien se ve que todas las fuentes de materia organica son bajas en Ca^{++} y Mg^{++} para los requerimientos de la coliflor, y que unicamente el estiércol de ovino satisface el requerimiento de K^+ para la coliflor.

Regresando a la Fig. 22, vemos que el humus del suelo de la chinampa estudiada (S1) es muy semejante al humus aereado o terrestre (S2) obtenido de las partes altas de la Sierra del Chichinautzin, cercano al poblado de Topilejo, aunque como se ve, este es ligeramente más humificado que el suelo de la chinampa por su contenido de materia organica, asi como de ácidos húmicos y ácidos fúlvicos en una relación AH/AF de 0.618 y 0.777 para el suelo de la chinampa y para el suelo aereado.

Al tomar en cuenta los valores de las relaciones C/N y de AH/AF de las FMO tenemos que todos los estiércoles corresponderian a humus del tipo mor pues todos tienen relaciones de AH/AF menores de uno y relaciones C/N elevadas, mayores de 25, en los casos de EB y EP intermedio, 15.0, en el caso del EO y bajos, menores de 12, en los casos de EA y CB. En este último caso desde estos dos puntos de vista -relaciones C/N y AH/AF- el tipo de humus que le corresponde es mull, en cambio en los estiércoles en general todos son mor.

Considerando el valor del umbral de coagulación de los ácidos húmicos de los suelos de chinampa de Xochimilco y Mixquic encontrado por Garcia et al. (1990) y lo anteriormente expuesto aqui, el tipo de humus de la chinampa a la profundidad estudiada, se podria considerar como de tipo intermedio entre los humus aereados o terrestres y los humus hidromorfos, posiblemente como un hidromor (Duchaufour y Souchier, 1984).

VIII CONCLUSIONES

1) El suelo de la chinampa estudiada presentó características salino-sódicas.

2) Las mejores fuentes de materia orgánica fueron los estiércoles de ovino y de bovino tener los mejores valores de K^+ y también por tener los menores valores de Na^+ .

3) La dosis de 170 ton/ha de estiércoles es una buena dosis para las chinampas porque suple los requerimientos de K^+ para la coliflor y particularmente el nivel medio de 76.71 meq/100g de K^+ se satisfaría con las siguientes dosis: 106 ton/ha de estiércol de ovino, 144 ton/ha de estiércol de aviario, 158 ton/ha de estiércol de porcino y 181 ton/ha de estiércol de bovino.

4) El contenido de materia orgánica del estiércol de bovino es elevado, debido probablemente a la materia orgánica libre, principalmente fibras que mejoran las condiciones físicas del suelo, favoreciendo así, la permeabilidad al agua y lavar el suelo del Na^+ .

5) La composta de basura y los estiércoles de porcino y de aviario en cuanto a K^+ tuvieron valores bajo, medio y medio respectivamente, y en cuanto a Na^+ sus valores fueron altos.

6) El Ca^{++} y Mg^{++} , todas las fuentes de materia orgánica, tuvieron bajos valores de estos elementos.

7) La composta de basura es una buena fuente de materia orgánica pero es necesario enriquecerla con nutrientes como K^+ , Ca^{++} y Mg^{++} .

8) Las fuentes de materia orgánica utilizadas tienen la siguiente serie gradativa según su contenido de carbono total:

EB > EA > EO > EF > CB

9) Las fuentes de materia orgánica tienen la siguiente serie gradativa según su contenido de carbono polimerizado equivalente a ácidos húmicos:

EP > EO > EA > EB > CB

IX BIBLIOGRAFIA

- Acevedo, L. S. 1972 "Monografía histórica de Xochimilco" Edición mimeográfica.
- Aceves, N. L. 1981 "Los terrenos ensalitrados y los métodos para su recuperación". Universidad Autónoma de Chapingo, México. 243 pp.
- Aguilar, M. A. 1976 "El impacto urbano en Xochimilco" Tesis Facultad de Filosofía y Letras. UNAM, México.
- Aguilera, H. N. ; Fuentes, C. E. 1951 "Estudio físico-químico y electromicroscópico de la fracción arcilla de dos micrones de algunos suelos de Xochimilco" Rev. de la Soc. Mex. de Historia Natural tomo XII no. 1-4.
- Aguilera, H. N. et al. 1984-1993 "Rehabilitación de suelos de chinampa y sus relaciones con plantas cultivadas Informes técnicos al CONACYT. Facultad de Ciencias UNAM.
- Alfaro S.G. y Orozco, C.F. 1980 "Estudio edafológico del ejido de Xochimilco" Tesis Facultad de Ciencias UNAM.
- Armillas P. 1971 "Gardens on swamps" Science 17: 653-661
- Balazario, Z. J. 1982 "Contaminación en los canales de Xochimilco y su repercusión en las actividades económicas". Soc. Mex. de Geografía y Estadística.
- Barber, S. 1968 "Mechanism of potassium absorption by plants" in Kilmer, V. ; Younts, S. and Brady, N. "The role of potassium in agriculture" American Society of Agronomy. Crop Science Society of America Soil Science Society of America. USA. p. 293-310.
- Basurto, P. A. 1986. "Efecto de dos mejoradores (yeso y porqueraza) y caracterización de suelos sodico salinos de la chinampería de Xochimilco. México, D. F." Seminario de Investigación de Edafología Avanzada. Facultad de Ciencias. UNAM. 43 pp.
- Bautista, Z. F. 1988 "Algunos estudios edafológicos en San Gregorio Atlapulco, Xochimilco, D. F." Tesis Fac. de Ciencias UNAM. 80 pp.
- Baver, L.D.; Gardner, W. H; Gardner, W.R. 1980 "Física de suelos" Unión Tipográfica Editorial Hispano-Americana México. 529 pp.

- Black, C.A. 1965 "Methods of soil analysis". Vol. II Agronomy 9. American Society of Agronomy, Inc. Publishing Madison, Wisconsin, U.S.A. p.1401-1438.
- Bonnet, J.A. 1960 "Edafología de suelos salinos y sódicos". Universidad de Puerto Rico Estacion Experimental 336 pp.
- Boyko, H. 1966 "Salinity and aridity New approaches to old problems" Dr. W. Junk Publishers The Hague. 408 pp.
- Bouyoucos, G.V. 1963 "Directions for making mechanical analysis of soil by hydrometer method". Soil Sci. 42. 25-30.
- Brumbly, R. 1975 "Análisis cuantitativo" Cia. Editorial Continental, S.A. México. 342 pp.
- Buckman, H.; Brady, N. 1966 "Naturaleza y propiedades de los suelos" Montaner y Simon, S. A. España. 590 pp.
- Buol, S.; Hole, P.; McCracken, R. 1981 "Génesis y clasificación de suelos" Editorial Trillas, México. 417pp.
- Carter, D.L.S.; Fanning, C.D. 1984 "Combining surface mulches and periodic water applications for reclaiming saline soils". Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 28, 564-567.
- Castellanos, J. Reyes, J. (eds.) 1982 "La utilización del estiércol en la agricultura" Memorias del Congreso Ingenieros Agrónomos del Tecnológico de Monterrey, A.C. Sección Laguna Torreón, Coahuila, México. 154pp.
- Cervantes, G. E.; Torres, R.A. 1981 "Algunos aspectos del crecimiento de las plántulas en chapines" Tesis. Fac. de Ciencias. UNAM. 55 pp.
- Cervantes B.J. 1983 "Genesis, morfología y clasificación de los suelos de la Cuenca de México". Tesis doctoral Fac. de Ciencias. UNAM.
- Cochran, W.; Cox, G. 1965 "Diseños experimentales" Editorial Trillas Mexico. 661 p.
- Coe, M 1964 "The chinampas of Mexico". Scientific American 211 (1) 90-98.
- Chapman, H. (ed.) 1965 "Diagnostic criteria for plants and soils" University of California Citrus Research Center and Agricultural Experiment Station, Riverside USA. 787 pp.

- Chapman, H.; Pratt, P. 1973 "Métodos de análisis para suelos, plantas y aguas" Ed. Trillas. Mexico. 195 pp.
- Chouliaras, N.; Vedy, S.C.; Jacquin, F 1975 "Fractionnement et caractérisation de la matière organique dans les rendsines. Bull I.N. Polytechnique du Nancy, 17 (1): 65-74.
- Chen, Y. ; Schnitzen, M. 1976 Soil Sci. Am. J. 40: 682-672.
- Cruz, M.S. 1987 "Abonos orgánicos" Universidad Autonoma de Chapingo PATENA 129 pp.
- Dabin, B. 1971 "Estude d' une methode d' extraction de la matiere humique du sol. Sci. Sol 1:47-63.
- D D F 1981 "Atlas de la Ciudad de México" Publicación del Departamento del Distrito Federal México, D. F.
- Desai, S.V. 1946 "The study of the formation of alkalinity in soils" Sci. Repts. Imp. Agric. Res. Inst. 1944-45, 1946 55-56.
- Dhawan, C.L., Malhotra, M. M.; Singh, J. 1953 Reclamation of alkaly soil santar (*Sesbania cannabiana*) root system in black-alkali soils treated with different reclaiming agents. Inst. Comm. Irrig. Drain. Ann. Bull. 76-82. Bl. S. Mo. Biblog. Bull' May. 1954 (16).
- Dijk, H. 1972 "Colloid chemical properties of humic matter" en McLaren, A. and Peterson, G. Eds. Soil Biochemistry Vol. 2. Marcel Dekker USA.
- Donahue, R.; Miller R. Shickluna, J. 1961 "Introducción a los suelos y al crecimiento de las plantas" Editorial Prentice/Hall International. Mexico. 654 pp.
- Duchaufour, Ph.; Jacquin, F. 1975 "Comparaison des processus d' humification dans les principaux types d' humus forestiers". Bull A. F. E. S. 1:29-36.
- Duchaufour, Ph.; Souchier B. 1984 "Edafología: l edafogénesis y clasificación. Editorial Masson, S.A. España 493 pp.
- Escobedo, F.M. 1987 "Estudio edafológico de chinampas de Xochimilco y San Gregorio Atlapulco Tesis. Fac. de Ciencias UNAM. 80 pp.
- Fanning, C.D.; Carter, D.L. 1963 "The effectiveness of a cotton bur mulch and ridge-furrow system in reclaiming saline soils by rainfall. "Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 27. 703-706.

- FAO-UNESCO 1989 "Mapa mundial de suelos" Informes sobre Recursos Mundiales de Suelos 60. 201 pp.
- Farias, G.J. 1984 "Xochimilco". Colección Delegaciones Políticas (4). Mexico. 63 pp.
- Fassbender, H. 1975 "Química de suelos; con énfasis en suelos de América Latina" Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura Costa Rica. 398 pp.
- Fernández, Q.M. 1988 "Manejo y recuperación de suelos salino-sódicos en chinampas de Xochimilco, D.F." Tesis Fac. de Ciencias. UNAM. 98 pp.
- Forsythe, W. 1980 "Física de suelos" Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas. Costa Rica. 312 pp.
- Gamble, D. 1972 "Potentiometric titration of fulvic acid: equivalence point calculations and functional groups" Canadian Journal of Chemistry Vol. 50 pp. 2680-2690.
- García, E. 1973 Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen". Universidad Nacional Autónoma de México.
- García, C.N. 1984 "Estudio bioquímico, mineralógico y fisicoquímico de diversos andosoles de México" Tesis doctoral. Facultad de Ciencias Biológicas. Universidad Complutense de Madrid, España.
- García, C.N.; Galicia, P.M.; Aguilera, H.N. 1990 "Grados de humificación en suelos de chinampa" Memorias del Primer Simposio Nacional de Degradación del Suelo. Instituto de Geología, UNAM.
- García, G.C. 1984 "Abonos orgánicos IV compost-catalogo general de productos" Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación Dirección General de Producción Agraria. España. 71 pp.
- Ghosh, K. and Schnitzer, M. 1980 "Micromolecular structures of humic substances" Soil Science 129 (5): 266-276.
- Grundey, K. 1982 "Tratamiento de los residuos agrícolas y ganaderos" Ediciones Gea España. 304 pp.
- Hardan, A. 1969 "Arid lands in a changing world" en: Abstracts of contributed papers. An international conference sponsored by the American Association for the Advancement of Science Committee on Arid Lands. Univ. of Arizona, Tucson, Ariz. U.S.A.

- Jackson, L.M. 1982 "Análisis químico de suelos" Ed. Omega. España. 662 pp.
- Kearney, 1982 "Crops used in the reclamation of alkali lands in Egypt". Year Book of Dept. of Agriculture p. 573-588.
- Kononova, M.M. 1966 "Soil organic matter" Pergamon Press Oxford 450 pp.
- Kumada, K. 1987 "Chemistry of Soil Organic Matter. Developments in Soil Science 17. Japan Scientific Societies Press. Tokyo/Elsevier. Amsterdam. 241 pp
- Leal, L.H. 1981 "Principio de composteo" en Monroy, H.D.; Viniegra, G.G. "Biotecnología para el aprovechamiento de desperdicios orgánicos" AGT Editor. S.A. Mexico. 260 pp.
- López, R.J.; López, M.J. 1985 "El diagnóstico de suelos y plantas" 4a. ed. Ediciones Mundi-Prensa. España. 363 pp.
- Lugo, de la F.J.A. 1984 "Suelos sódicos - salinos del Ejido Xochimilco. Tesis Fac. de Ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México. 90 pp.
- Marsal, R. Mazari, M. 1969 "El subsuelo de la Ciudad de México" 2a. Ed. Facultad de Ingeniería. UNAM Congreso Panamericano de Mecánica de Suelos y Cementaciones. 377 pp.
- Martínez, L. A. 1964 "Control de calidad de las aguas de irrigación y su influencia en la planeación y conservación de los distritos de riego" III Seminario Latinoamericano de Irrigación (Memorias Tomo IX. S. R. H. México 16 pp.
- Mendoza, R.M. 1961 "Estudio geográfico de la Delegación de Xochimilco". Tesis de Maestría. Fac. de Filosofía y Letras. Colegio de Geografía. UNAM.
- Merlet, D. 1971. "Mise du point technique concernant l'extraction et la caractérisation des composés organiques présents dans les sols". Centre de Pédologie Biologique C.N.R.S., Nancy. Doc. 15: 19 pp.
- Moncada, M.F.O. 1976 "El uso del suelo en el sureste del Distrito Federal". Tesis Fac. de Filosofía y Letras. Colegio de Geografía. UNAM.
- Moncada, M. O. 1982 "Evolución y problemas actuales de la zona de

TEES CON
FALLA DE ORIGEN

- chinampas del Distrito Federal". Boletín del Instituto de Geografía Universidad Nacional Autónoma de México, No. 12 México, p. 211-225.
- Montero, S.R. 1978 "Estudio del contenido de carbono y nitrógeno de algunos abonos orgánicos y sus efectos en la mineralización del nitrógeno en el suelo". Tesis de Maestría, Colegio de Posgraduados Chapingo, México, 85.
- Mooser, F. 1961 "Informe sobre la geología de la Cuenca del Valle de México y zonas colindantes" Sría. Rec. Hidráulicos, Comisión Hidrológica de la Cuenca del Valle de México.
- Munsell soil color charts, 1954. Ed. Munsell Color Company, Inc. Baltimore, Maryland, USA.
- Munson, R. 1968 "Interaction of potassium and other ions" en Kilmer, V. ; Younts, S. and Brady, N. "The role of potassium in agriculture" American Society of Agronomy, Crop Science Society of America, Soil Science Society of America, USA. p. 321-353.
- Nacif, J.; Amerlinck, M. 1983 "Ciudad de México" Desarrollo Social, Sociocultur, Departamento del Distrito Federal, p.1-24.
- Orlov, D. 1985 "Humus acids of soil" Amerind Publishing Co. New Delhi, 375 pp.
- Ortiz, O. M. 1987 "Efecto de la salinidad edáfica sobre la distribución de Na^+ y K^+ en dos variedades de Phaseolus vulgaris L. de diferente tolerancia a la salinidad bajo condiciones de invernadero" Tesis de maestría, Facultad de Ciencias, UNAM.
- Palmer, R.; Troch, F. 1979 "Introducción a la ciencia del suelo" AGT, Mexico, 158 p.
- Park, K.P.; Filippova, V.N. 1951 "Restoring the fertility of irrigated soils under conditions of farming". Soviet Agron. No.2, 48-63.
- Pizarro, F. 1976 "Drenaje agrícola y recuperación de suelos salinos". Editora Agrícola Española, S.A. Madrid España, 521 pp.
- Ramirez, J. 1976 "Memoria acerca de las obras e inundaciones en la ciudad de México" Centro de Investigaciones Superiores, Instituto Nacional de Antropología e Historia, 254 pp.
- Restrepo, I.; Phillips, D. 1985 "La basura consumo y desperdicio

- en el Distrito Federal" Centro de Ecodesarrollo. Mexico. 193 pp.
- Reyes. J.I. 1985 "Efecto de mejoradores quimicos en suelos sódico-salinos del Estado Ciénega Grande Xochimilco. D.F." Tesis de Posgrado Universidad Nacional Autónoma de México. 140 pp.
- Reyes. O.A. y García C.N. 1990 "Respuesta del rosal a láminas de lavado y mejoradores orgánicos en suelo salino" Memoria del Primer Simposio Nacional de Degradación del Suelo. Instituto de Geología. UNAM.
- Richards. L.A. 1973 "Suelos salinos y sódicos" Sexta Edición Editorial Limusa. Mexico. 172 pp.
- Rojas. R.T. 1983 "La agricultura chinampera". Universidad Autónoma Chapingo. Mexico. 229 pp.
- Ruiz. B.A.; Ortega, T.E. 1979 "Prácticas de laboratorio de química de suelos" Universidad Autónoma Chapingo Mexico. 76 pp.
- Rzedowski. J. 1965 "La vegetación de México" Ed. Limusa Mexico.
- Rzedowski. J. 1979 "Flora fanerogámica del Valle de México". Compañía Editorial Continental. S.A. México 403 pp.
- Salas. G. de las 1987 "Suelos y ecosistemas forestales, con énfasis en América tropical". Instituto Inteamericano de Cooperación para la Agricultura. Costa Rica. 447 pp.
- Sánchez. S.O. 1980 "La flora del Valle de México" Ed. Herrero. México. 519 pp.
- Schnitzer. M.; Khan. S. 1978 "Soil organic matter" Elsevier Scientific Publishing Company Amsterdam. 319 pp.
- Schnitzer. M.; Kodama. H. 1975 Geoderma 13: 279-287.
- Sierra. C. 1984 "Historia de la navegación en la Ciudad de México". Desarrollo Social Socicultur. Departamento del Distrito Federal. 94 pp.
- Steel. R.; Torrie. J. 1985 "Bicestadística: principios y procedimientos". Mc Graw-Hill Latinoamericana. Colombia.
- Stevenson. F. 1982 "Humus chemistry. genesis. composition. reactions" John Wiley and Sons. USA. 443 pp.

- Stevenson, F. ; Schnitzer, M. 1982 "Transmission electron microscopy of extracted fulvic and humic acids" Soil Science 133 (3): 179-185.
- Swift, R.; Posner, A. 1977 "Humification of plant materials properties of humic acid extracts". International Atomic Energy Agency. Soil organic Matter Studies Vol. I p. 171-182.
- Tisdale, S.; Nelson, W. 1982 "Fertilidad de los suelos y fertilizantes". Unión Tipográfica. Editorial Hispano-Americana, S.A. de C.V. México. 760 pp.
- Trejo, C.A. 1984 "Estudios edafológicos del Ejido Grande de Xochimilco". Tesis Fac. de Ciencias. UNAM. 111 pp.
- Trinidad, S.A. 1987 "El uso de abonos orgánicos en la producción agrícola" Serie Cuadernos de Edafología 10. Centro de Edafología. Colegio de Postgraduados Chapingo. México. 45 pp.
- Velasco, F.; Mingo, P. de 1981 "Distribución de la materia orgánica libre y ligada y de las fracciones de humina en suelos climáticos y en suelos degradados" Anales de Edafología y Agrobiología tomo XI. num. 1-2 Consejo Superior de Investigaciones Científicas, España. p. 179-189.
- Weber, H.W.; Roayen, P.V. Van 1971 "Polysaccharides in molasses meal as an ameliorant for saline-sodic soils compared to other reclamation agents. Geoderma. 6 (4) 233-253 Univ. of Stellenbosch, South-africa.
- Yadav, J.S.P. 1961 "A comparative study on the effectiveness of gypsum and dhaincha (Sesbania aculeata) in the reclamation of saline-alkali soil". J. Indian Soil Sci. 9. 151.

X. ANEXO

Cuadro 16 Análisis de Varianza para PF

Fuente de variación	Suma de cuadrados	g.l.	Cuadrado medio	Relación F	Nivel de sig.
Efectos principales	21.848022	3	7.282674	1.349	.3337
Dosis	11.254619	3	3.751539	.722	.5747
FNC	10.593403	3	3.531134	3.508 *	.0192
Residual	22.941750	20	1.147087		
Total	44.789772	23			

Ningún valor ha sido excluido.

* Estadísticamente significativo.

Cuadro 16 Tabla de medias para PF

Nivel	Conteo	Promedio	Error estand. Interno	Error estand. combinado	95 % de confianza para media	
	Dosis					
20	5	3.1415099	.1257840	.4322164	2.8074907	3.4755290
50	5	3.6275796	.1151835	.4122164	3.2074907	4.0476685
200	5	1.4016060	.0628151	.3122164	1.0844907	1.7187213
170	5	2.1016060	.0712467	.3322164	1.7444907	2.4587213
140	5	4.0747384	.11122815	.4322164	3.6444907	4.5049681
170	5	4.5727384	.1263824	.4722164	4.1044907	5.0409681
	FNC					
EB	5	2.7025100	.1307965	.4372164	2.2444907	3.1605293
EO	5	4.2447384	.1561267	.5122164	3.7044907	4.7849681
CB	5	1.4516060	.0614928	.3072164	1.1444907	1.7587213
EP	5	1.3016060	.0546034	.2772164	1.0344907	1.5687213
EA	5	2.1216060	.077174	.3372164	1.5444907	2.7005293
Total	20	3.6262500	.1131111	.4122164	3.1774907	4.0750093

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Cuadro 16 Análisis de rangos múltiples para PF por LOSIS

Método:	Tukey (95 por ciento)	Intervalos	
Nivel	Conteo	Promedio	Grupos homogéneos
110	5	3.1415000	*
20	5	3.1450000	*
80	5	3.4815000	*
50	5	3.4215000	*
140	5	4.0050000	*
170	5	4.5900000	*

Cuadro 16 Análisis de rangos múltiples para PF por FMO

Método:	Tu key (95 por ciento)	Intervalos	
Nivel	Conteo	Promedio	Grupos homogéneas
EA	2	3.1900000	*
EP	2	3.5050000	**
EB	2	3.4500000	**
EO	2	4.1400000	**
EB	2	4.1150000	*

Cuadro 17 Análisis de Varianza para PS

Fuente de variación	Suma de cuadrados	g.l.	Cuadrado medio	Relación F	Nivel de sig.
Efectos principales	.4052867	3	.0450319	1.174	.0819
DOSES	.0561867	3	.0112213	.293	.6114
FXO	.3491000	4	.0872750	2.277	.0265
Residual	.7663500	20	.0383175		
Total	1.1721467	29			

Ningún valor ha sido excluido.

Cuadro 17 Tabla de medias para PS

Nivel	Conteo	Promedio	Error estand. interno	Error estand. combinado	95 % de confianza para media
	DOSES				
20	3	.3200000	.0100165	.0175708	.2852641
50	3	.3520000	.0117914	.0205700	.3107000
80	3	.3520000	.0117914	.0205700	.3107000
110	3	.3480000	.0112124	.0195700	.2951000
140	3	.3200000	.0112072	.0195700	.2852641
170	3	.3480000	.0112124	.0195700	.2951000
	FXO				
EB	3	.3333333	.0112430	.0175400	.2852641
EO	3	.3333333	.0112430	.0175400	.2852641
CB	3	.3333333	.0112430	.0175400	.2852641
EP	3	.3333333	.0112430	.0175400	.2852641
EA	3	.3333333	.0112430	.0175400	.2852641
Total	30	.3333333	.0112430	.0175400	.2852641

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Cuadro 17 Análisis de rangos múltiples para PS por DOSIS

Método:	Tukey (95 por ciento)		Intervalos
Nivel	Conte	Promedio	Grupos homogéneos
20	5	.6380000	.
110	5	.6460000	.
30	5	.6520000	.
50	5	.6520000	.
140	5	.7220000	.
170	5	.7480000	.

Cuadro 17 Análisis de rangos múltiples para PS por FMO

Método:	Tukey (95 por ciento)		Intervalos
Nivel	Conteo	Promedio	Grupos homogéneos
EA	5	.6890000	.
EP	5	.6720000	.
CB	5	.6890000	.
ED	5	.7250000	.
EB	5	.6890000	.

Cuadro 18. Análisis de Varianza para NHF

Fuente de variación	Suma de cuadrados	g.l.	Cuadrado medio	Relación F.	Nivel de sig.
Efectos principales	170.54812	9	18.949791	2.203	.0679
Dosis	35.81687	5	7.123373	.828	.5446
FMO	134.93125	4	33.732813	3.922 *	.0165
Residual	172.01947	20	8.6009730		
TOTAL	342.56759	29			

Ningún valor ha sido excluido.

* Estadísticamente significativo.

Cuadro 18. Tabla de medias para NHF

Nivel	Conteo	Promedio	Error estand. interno	Error estand. combinado	95 % de confianza para media
	Dosis				
20	5	8.581000	1.8670554	1.2115619	5.7434474
50	5	8.410000	1.4207564	1.2115619	5.4854474
80	5	8.820000	1.2088803	1.2115619	5.1134474
110	5	6.851000	1.2391871	1.2115619	4.2234474
140	5	7.844000	1.2547477	1.2115619	4.5204474
170	5	7.540000	1.2177711	1.2115619	4.3204474
	Fm.				
EB	5	11.286667	1.4111065	1.1870367	8.1115222
EO	5	10.223333	1.2847345	1.1870367	7.1752222
CB	5	7.270000	1.2712071	1.1870367	5.1182222
EP	5	7.213333	1.1175144	1.1870367	5.1252222
EA	5	4.813333	1.2045211	1.1870367	3.1112222
Total	20	8.127000	1.354429	1.2554429	7.1712222

TESIS CON
SALA DE ORIGEN

Cuadro 18 Análisis de rangos múltiples para NHF por DOSIS:

Método:	Tukey (95 por ciento)	Intervalos	
Nivel	Conteo	Promedio	Grupos homogéneos
110	5	6.000000	*
140	5	7.944000	*
50	5	8.420000	*
20	5	8.580000	*
80	5	8.620000	*
170	5	9.560000	*

Cuadro 18 Análisis de rangos múltiples para NHF por FMO

Método:	Tukey (95 por ciento)	Intervalos	
Nivel	Conteo	Promedio	Grupos homogéneos
EA	6	4.800000	*
CB	6	7.270000	**
EP	6	7.930000	**
EO	6	10.230000	*
EB	6	10.566667	*

Cuadro 19 Análisis de Varianza para AFO

Fuente de variación	Suma de cuadrados	g.l.	Cuadrado medio	Relación F	Nivel de sig.
Efectos principales	5123.6719	9	569.2960	1.376	.0961
Dosis	275.0920	5	155.0166	1.517	.2461
FMO	4348.5899	4	1087.1472	3.779 *	.0192
Residual	5762.6184	20	288.13092		
Total	10886.290	29			

Ningún valor ha sido excluido.

* Estadísticamente significativo

Cuadro 19 Tabla de median para AFO

Nivel	Conteo	Promedio	Error estand. interno	Error estand. (combinado)	95 % de confianza para media
Dosis					
20	5	29.324000	4.134949	7.591181	17.485215
50	5	41.352000	2.581587	7.591181	16.725215
80	5	30.544000	7.510721	7.591181	18.120215
110	5	21.698000	10.504107	7.591181	15.115215
140	5	28.518000	10.562049	7.591181	15.120215
170	5	45.470000	11.567823	7.591181	20.420215
FMO					
EB	5	75.185000	10.104119	6.509777	4.716215
EO	5	40.423000	4.511481	6.509777	31.915215
CB	5	18.112000	4.172566	6.509777	27.715215
EP	5	74.132000	6.550181	6.509777	15.115215
EA	5	11.435000	5.471760	6.509777	15.115215
Total	20	27.562000	5.199091	6.509777	15.115215

TESIS CON
FALLA DE CALIDAD

Cuadro 19 Análisis de rangos múltiples para AFO por DOSIS

Método:	Tukey (95 porciento)		Intervalos
Nivel	Conteo	Promedio	Grupos homogéneos
110	5	31.058000	*
20	5	33.324000	*
30	5	35.944000	*
140	5	38.918000	*
50	5	41.358000	*
170	5	45.470000	*

Cuadro 19 Análisis de rangos múltiples para AFO por FMO

Método:	Tukey (95 porciento)		Intervalos
Nivel	Conteo	Promedio	Grupos homogéneos
EA	6	32.458000	*
EP	6	34.243000	**
CB	6	36.112000	**
EO	6	42.428000	**
EB	6	55.188000	*

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Cuadro 20 Análisis de Varianza para K'

Fuente de variación	Suma de cuadrados	g.l.	Cuadrado medio	Relación F.	Nivel sig.
Efectos principales	7742.795	8	967.8494	11.859	.0000
I0111	5195.4831	1	5195.4831	12.100	**
F00	2547.3115	4	636.8279	11.109	**
Residual	1056.4211	28	37.7293		
Total	8800.2166	36			

Ningún valor ha sido excluido.

** Altamente significativo

Cuadro 20 Tabla de medias para K'

Nivel	Conteo	Promedio	Error estand. interno	Error estand. combinado	95 % de confianza para media
	I0111				
20	5	48.328000	1.9810254	1.1561799	45.99794
50	5	52.202000	4.4728564	1.2502799	40.42134
80	5	52.174000	4.762947	1.2517799	46.39764
110	5	50.112000	6.107767	1.2517799	42.36134
140	5	52.118000	7.111784	1.2517799	44.36934
170	5	54.404000	7.918101	1.2517799	48.12634
	F00				
EB	5	52.521000	4.117657	1.2517799	47.71134
EO	5	52.500700	4.117657	1.2517799	47.71134
CB	5	52.255300	4.117657	1.2517799	47.71134
EP	5	52.255300	4.117657	1.2517799	47.71134
EA	5	52.255300	4.117657	1.2517799	47.71134
Total	35	52.210000	1.3216110	1.2517799	47.71134

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Cuadro 20. Análisis de rangos múltiples para K' por DOSIS

Método:	Tukey (95 por ciento)	Intervalos
Nivel	Conteo	Promedio Grupos homogéneos
20	5	48.228000 *
50	5	53.202000 *
110	5	60.112000 **
200	5	72.174000 ***
140	5	70.112000 **
170	5	75.434000 *

Cuadro 20 Análisis de rangos múltiples para K' por FMO¹

Método:	Tukey (95 por ciento)	Intervalos
Nivel	Conteo	Promedio Grupos homogéneos
CB	5	48.255000 *
EB	5	62.522000 *
EA	5	65.590000 *
EP	5	64.631000 *
EO	5	72.500000 *

Cuadro 21 Análisis de Varianza para Na/K

Fuente de variación	Suma de cuadrados	g.l.	Cuadrado medio	Relación F	Nivel de sig.
Efectos principales	56.908293	9	6.3231379	8.383	.0000
DOSIS	30.950926	5	6.1903840	8.219	**
FMO	25.911313	4	6.4778283	8.568	**
Residual	15.086247	26	.5793120		
Total	71.994490	29			

Ningún valor ha sido excluido.

** Altamente significativo

Cuadro 21 Tabla de medias para Na/K

Nivel	Conteo	Promedio	Error estand. interno	Error estand. combinado	95 % de confianza para media	
DOSIS						
20	5	6.8640000	.3624859	.3884102	6.0525944	7.6744056
50	5	6.5780000	.4432764	.3884102	5.7277844	7.4282156
80	5	5.9220000	.6388615	.3884102	5.0115944	6.8324056
110	5	5.2540000	.8518360	.3884102	4.5625944	6.1244056
140	5	4.6420000	.7512283	.3884102	3.2915944	4.9924056
170	5	4.5000000	.7125967	.3884102	3.7175944	5.1284056
FMO						
EB	6	4.7966667	.6170590	.3545694	4.1561700	5.4371634
EO	6	4.4600000	.4089254	.3545694	3.7262047	5.1937953
CB	6	7.1457143	.2734075	.3545694	6.4082047	7.8832953
EP	6	5.6133333	.5363809	.3545694	4.6725170	6.5541496
EA	6	5.6750000	.5521154	.3545694	4.9282047	6.4147953
Total	30	5.5760000	.1585678	.1585678	5.2071132	5.9448868

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Cuadro 21 Análisis de rangos múltiples para Na/K por DOSIS

Método: Nivel	Tukey (95 por ciento) Conteo	Promedio	Intervalos Grupos homogéneos
140	5	4.8420000	*
170	5	4.5280000	*
110	5	5.3540000	**
80	5	5.8220000	**
50	5	6.2780000	*
20	5	6.8640000	*

Cuadro 21 Análisis de rangos múltiples para Na/K por FMO

Método: Nivel	Tukey (95 por ciento) Conteo	Promedio	Intervalos Grupos homogéneos
EO	6	4.4600000	*
EB	6	4.7860000	*
EP	6	5.6400000	**
EA	6	5.8780000	**
CB	6	7.1400000	*

Cuadro 22 Análisis de Varianza para K/Ca

Fuente de variación	Suma de cuadrados	G.L.	Cuadrado medio	Relación F	Nivel de sig.
Efectos principales	133.91401	9	14.879334	4.171	.0038
DOSIS	69.50671	5	13.901342	3.897 **	.0125
FMO	64.40730	4	16.101825	4.513 **	.0092
Residual	71.351696	10	3.5675948		
Total	205.26530	19			

Ningún valor ha sido excluido.

** Altamente significativo

Cuadro 22 Tabla de medias para K/Ca

Nivel	Conteo	Promedio	Error estand. interno	Error estand. combinado	95 % de confianza para media
POSIS					
20	5	2.5250000	.3409493	.3447005	2.1177416
50	5	1.3514000	.2697448	.3447005	1.0233551
80	5	4.2523000	.7139441	.3447005	3.2311050
110	5	3.6156000	.5711956	.3447005	2.7511050
140	5	3.6120000	.5471438	.3447005	2.7511050
170	5	7.0746398	1.3420734	.3447005	5.7121050
FMO					
EB	6	6.1973333	1.5500517	.7711025	4.5807522
EO	6	5.2550000	1.1674320	.7711025	3.7441111
CB	6	2.2008333	.3966134	.7711025	1.3945822
EP	6	4.8965000	.8571004	.7711025	3.1171111
EA	6	1.9418333	.4006944	.7711025	1.1707522
Total	30	4.3789999	.3448475	.3448475	3.1511050

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Cuadro 22 Análisis de rangos múltiples para K/Cs por DOSIS

Método:	Tukey (95 por ciento)		Intervalos
Nivel	Conteo	Promedio	Grupos homogéneos
20	5	2.5250000	*
50	5	3.3914000	**
110	5	3.6134000	**
80	5	4.0523000	**
140	5	5.6160000	**
170	5	7.0746000	*

Cuadro 22 Análisis de rangos múltiples para K/Cs por FMO

Método:	Tukey (95 por ciento)		Intervalos
Nivel	Conteo	Promedio	Grupos homogéneos
CB	6	1.3658333	*
EA	6	2.0418333	**
EP	6	2.9456667	**
EO	6	3.4813333	**
EB	6	6.1273333	*

Cuadro 23 Análisis de Varianza para K/Mg

Fuente de variación	Suma de cuadrados	g.l.	Cuadrado medio	Relación F	Nivel de sig.
Efectos principales	.2176727	9	.0241859	7.126	.0091
LOSIS	.1053694	5	.0210739	6.209 **	.0015
FMO	.1123033	4	.0280758	8.272 **	.0004
Residual	.6678815	20	.0333941		
Total	.8855542	29			

Ningún valor ha sido excluido.

** Altamente significativo

Cuadro 23 Tabla de medias para K/Mg

Nivel	Conteo	Promedio	Error estand. interno	Error estand. combinado	95 % de confianza para media
LOSIS					
20	5	.2998000	.0197719	.0266541	.2544791
50	5	.3620000	.0362000	.0266541	.2544791
90	5	.3200000	.0177319	.0266541	.2544791
110	5	.3698000	.0194227	.0266541	.2544791
140	5	.4050000	.0544368	.0266541	.2544791
170	5	.4602000	.0561559	.0266541	.2544791
FMO					
EB	5	.4986667	.0207005	.0266541	.2544791
EO	5	.4570000	.0543804	.0266541	.2544791
CB	5	.2710000	.0207419	.0266541	.2544791
EP	5	.3170000	.029415	.0266541	.2544791
EA	5	.3401000	.0381136	.0266541	.2544791
Total	30	.3518000	.0196365	.0266541	.2544791

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Cuadro 23 Análisis de rangos múltiples para K/Mg por DOSIS

Método: Tukey (95 porciento) Intervalos			
Nivel	Conteo	Promedio	Grupos homogéneos
20	5	.2908000	*
50	5	.3080000	*
80	5	.3206000	*
110	5	.3329000	**
140	5	.4036000	**
170	5	.4602000	*

Cuadro 23 Análisis de rangos múltiples para K/Mg por FMO

Método: Tukey (95 porciento) Intervalos			
Nivel	Conteo	Promedio	Grupos homogéneos
CB	6	.2580000	*
EA	6	.2493000	**
EP	6	.2523000	**
EB	6	.4086667	*
EO	6	.4143000	*

Cuadro 24 Análisis de Varianza para Co+Mg/K

Fuente de variación	Suma de cuadrados	g.l.	Cuadrado medio	Relación F	Nivel de sig.
Efectos principales	20.373367	9	2.2643741	10.437	.0000
LOSIS	8.839106	5	1.7678212	8.148	.0002
FMO	11.540260	4	2.8850651	13.298	.0000
Residual	4.3391837	20	.2169592		
Total	24.718550	29			

Ningún valor ha sido excluido.

** Altamente significativo

Cuadro 24: Tabla de medias para Co+Mg/K

Nivel	Conteo	Promedio	Error estand. interno	Error estand. Combinado	95 % de confianza para media	
LOSIS						
20	5	3.3046000	.1981072	.2083071	3.4994739	4.1097261
50	5	3.8956000	.5606205	.2083071	3.5049739	4.4142261
80	5	3.4802000	.3297444	.2083071	3.3450739	3.9147261
110	5	3.0556000	.2850026	.2083071	2.8209739	3.4902261
140	5	3.9338000	.4582191	.2083071	3.4991739	4.3684261
170	5	2.4932000	.2076660	.2083071	2.6985739	2.9170261
FMO						
EB	6	3.8453000	.1573762	.1901575	3.4405739	4.2499261
EO	6	3.8876000	.2115595	.1901575	3.5043739	4.2709261
CB	6	4.4075000	.3399008	.1901575	4.0647739	4.7502261
EP	6	3.1251667	.1307442	.1901575	2.7284739	3.5218261
EA	6	3.4751667	.2560511	.1901575	3.1784739	3.7718261
Total	36	3.3161667	.4071419	.2050417	3.1187211	3.4936111

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Cuadro 24 Análisis de rangos múltiples para Ca+Mg/K por DOSIS

Método:	Tukey (95 por ciento)	Intervalos	
Nivel	Conteo	Promedio	Grupos homogéneos
170	5	2.4522600	*
140	5	2.3338000	**
110	5	3.0556000	***
80	5	3.4502000	**
20	5	3.1346000	*
50	5	3.2296000	*

Cuadro 24 Análisis de rangos múltiples para Ca+Mg/K por FMO

Método:	Tukey (95 por ciento)	Intervalos	
Nivel	Conteo	Promedio	Grupos homogéneos
EO	6	1.6576000	*
EB	6	2.5482000	*
EP	6	1.1200000	*
EA	6	3.4700000	*
CB	6	4.4070000	*

Cuadro 25

Análisis de regresión

modelo

lineal: $Y = a + bX$

Variable dependiente:

Potasio

V. independiente: Dosis de FMO

Parámetro	Estimado	Error estandard	Valor de T	Nivel de prob.
Intercepción	43.7308	2.7811	15.725	.00010
Pendiente	0.194743	0.0297664	7.55801	.00184

Análisis de varianza

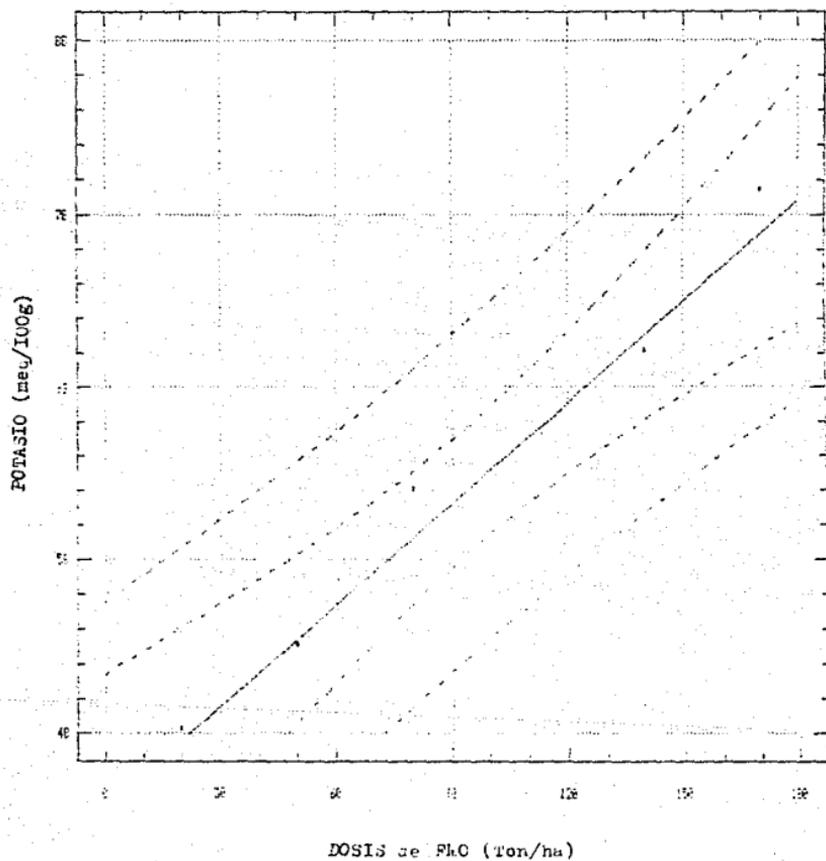
Fuente	Suma de cuadrados	G.l.	Cuadrado medio	Relación F	Nivel prov.
Modelo	597.31529	1	597.31529	57.1235 **	.00164
Error	41.826242	4	10.456560		
Total	639.14153	5			

Coeficiente de correlac. = 0.966726

R-cuadrada = 93.46 por ciento.

** Altamente significativo.

Regresión de POTASIO vs DOSIS de PKO



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Cuadro 26

Análisis de regresión mod. lineal: $Y = a + bX$ Variable dependiente: N_0/K V.independiente: Dosis de FMO

Parámetro	Estimado	Error estandard	Valor de T	Nivel de prob.
Intercepción	7.21752	0.343731	21.2885	.00003
Pendiente	-0.013781	3.1846E-3	-5.29742	.00414

Análisis de varianza

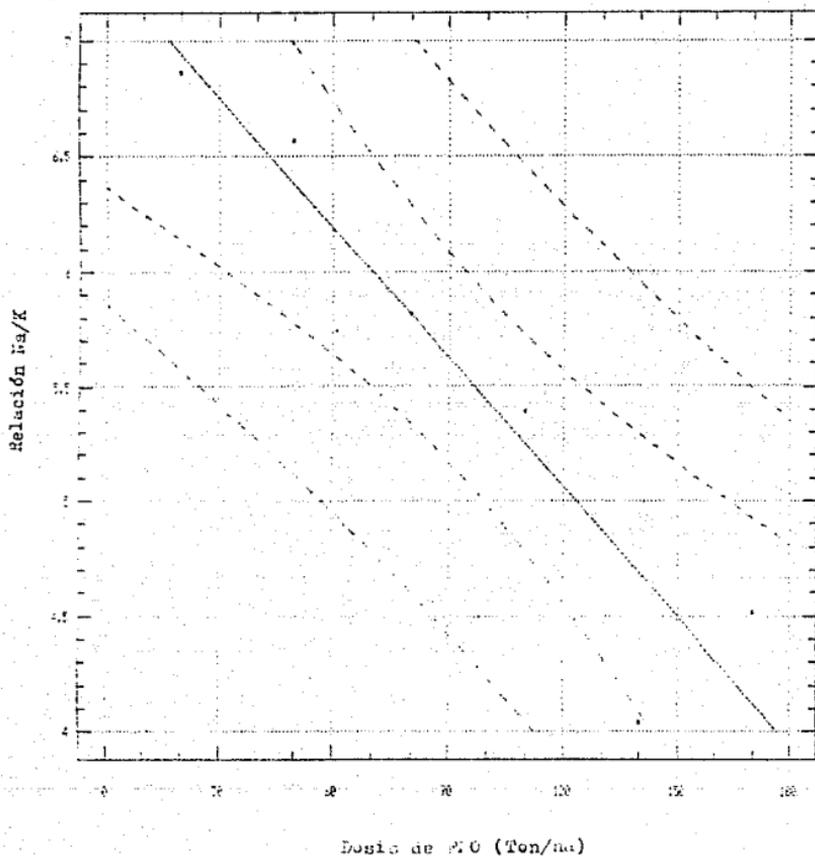
Fuente	Suma de cuadrados	G.l.	Cuadrado medio	Relación F	Nivel prob.
Modelo	5.555406	1	5.555406	34.77206 **	.00414
Error	.639276	4	.1597319		
Total	6.194683	5			

Coeficiente de correlac. = -0.347629

R-cuadrada = 29.69 por ciento.

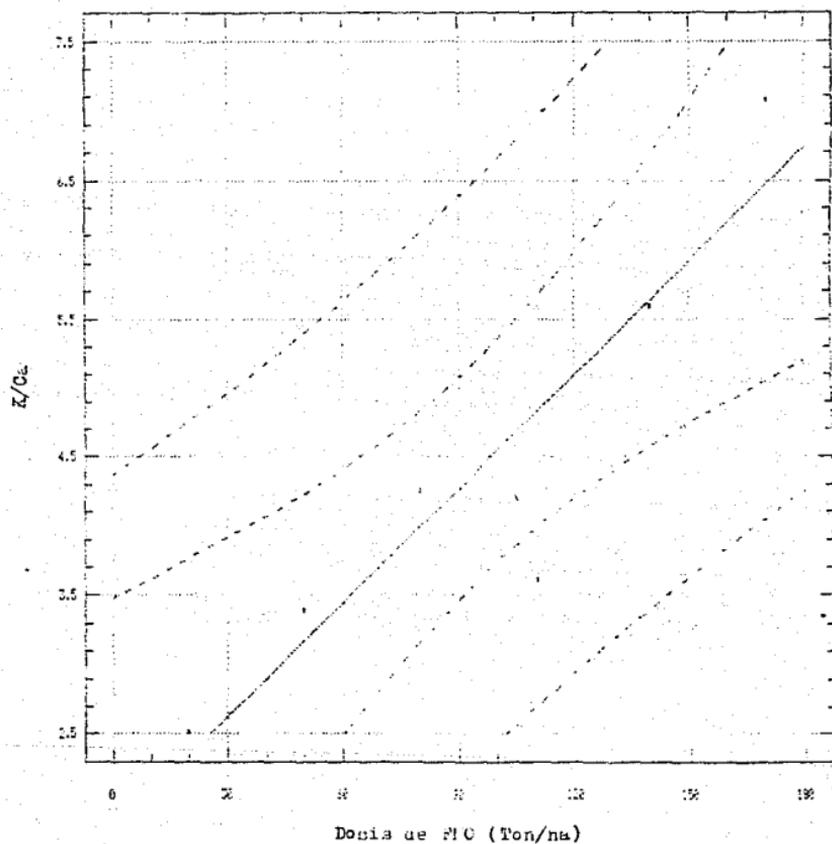
** Altamente significativo.

regresión de Na/K vs Dosis de P2O



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Regresión de K/C_0 vs Dosis de FIC



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Cuadro 28

Análisis de regresión

modelo

lineal: $Y = a + bX$ V. dependiente: $1/M_0$

V. independiente: Dosis de FMD

Parámetro	Estimado	Error estándar	Valor de T	Nivel de prob.
Intercepción	0.141448	0.0158372	15.3088	.00011
Pendiente	1.18478E-3	1.46728E-4	8.07482	.00128

Análisis de varianza

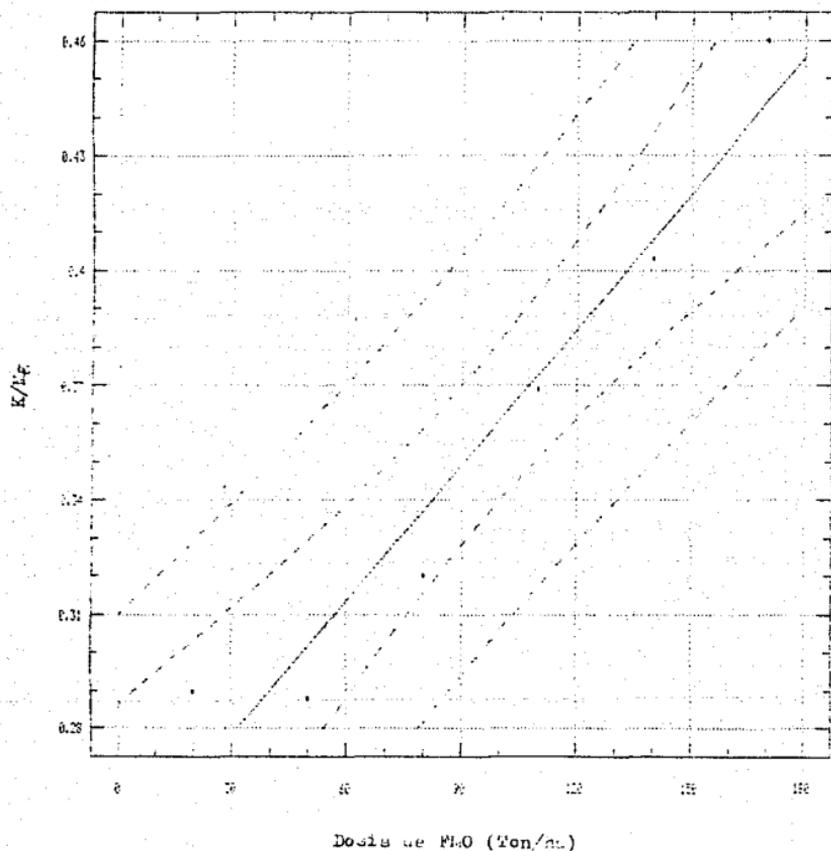
Fuente	Suma de cuadrados	G.l.	Cuadrado medio	Relación F	Nivel prov.
Modelo	.022108	1	.022108	55.19784 ***	.00128
Error	.0012563	4	.0003141		
Total	.0233643	5			

Coeficiente de correlac.² 0.970367

R-cuadrada = 94.22 por ciento.

*** Altamente significativo.

Regresión de K/D_2 vs Dosis de FeO



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Cuadro 29 modelo
 Análisis de regresión lineal: $y = a + bx$

V. dependiente: $Y_{1973/4}$

V. independiente: Dosis de FMO

Parámetro	Estimado	Error estándar	Valor de T	Nivel de prob.
Intercepción	4.28534	0.110794	32.6405	.00001
Pendiente	-0.0100124	1.21178E-3	-8.21009	.00185

Análisis de varianza

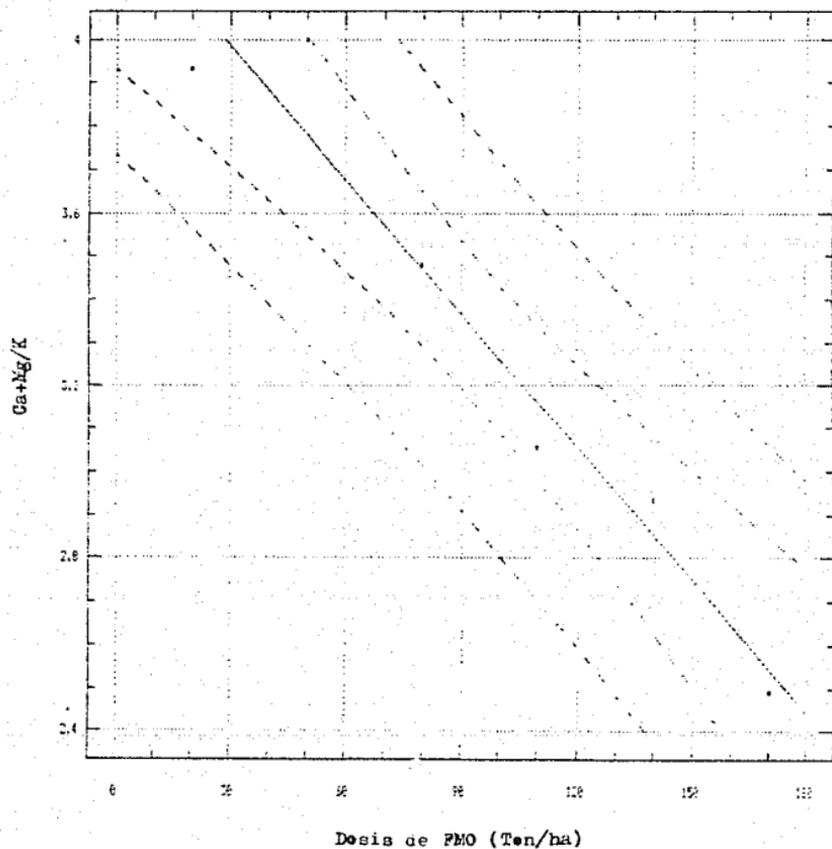
Fuente	Suma de cuadrados	G.l.	Cuadrado medio	Relación F	Nivel prov.
Modelo	1.674937	1	1.674937	72.42155 **	.00195
Error	.0925104	4	.0231276		
Total	1.7674473	5			

Coefficiente de correlac. = -0.973478

R-cuadrada = 94.77 por ciento.

** Altamente significativo.

Regresión de $Ca+Mg/K$ vs Dosis de P_2O_5



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Cuadro #30

POTASIO VS DOSIS

FMO	Coefficiente de correlación	Coefficiente de determinación (%)	Análisis de varianza del modelo $Y=a+bx$	Parámetros del modelo $Y=a+bx$	Valores de X en ton/ha cuando $Y=76.71$ meq/100g
EB	0.8723	76.09	<u>Signif.</u>	a=47.669 b= 0.160571	180.8
EO	0.9653	93.19	<u>Altamente signif.</u>	a=44.7304 b= 0.302838	105.6
EP	0.8802	74.01	<u>Signif.</u>	a=46.3672 b= 0.192257	157.8
EA	0.9226	85.13	<u>Altamente signif.</u>	a=39.1782 b= 0.260019	144.3

Cuadro # 31

RELACION Na⁺/K⁺ VS DOSIS

FMO	Coefficiente de correlación	Coefficiente de determinación (%)	Análisis de varian-za del modelo $Y=a+bx$	Parámetros del modelo $Y=a+bx$	Valores de Y ¹ cuando $K=76.71$ meq/100g
EB	-0.761713	58.02	Se acepta H ₀	a= 7.37705 b=-0.0271619	2.46
EO	-0.957345	91.65	<u>Altamente signif.</u>	a= 6.08314 b=-0.01708557	4.27
EP	-0.981283	96.29	<u>Altamente signif.</u>	a= 7.79562 b=-0.0246997	4.17
EA	-0.976985	95.45	<u>Altamente signif.</u>	a= 8.02545 b=-0.0246997	4.46

Nota: H₀-Hipótesis nula

Cuadro # 32

Relación K/Ca⁺⁺ Vs DOSIS

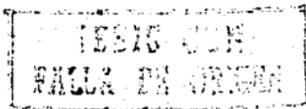
FMO	Coefficiente de correlación	Coefficiente de determinación (%)	Análisis de varianza del modelo $Y = a + bx$	Parámetros del modelo $Y = a + bx$	Valores de Y cuando $K^+ = 76.71$ meq/100g
EB	0.925833	85.72	<u>Altamente signif.</u>	$a = 0.247257$ $b = 0.0626324$	11.57
EO	0.729672	53.24	Se acepta Ho	$a = 1.82299$ $b = 0.037179$	5.74
EP	0.782718	61.26	Se acepta Ho	$a = 2.21481$ $b = 0.029281$	6.83
EA	0.300033	9.00	Se acepta Ho	$a = 2.54412$ $b = 0.005239$	3.30

Nota: Ho: Hipótesis nula

Cuadro # 33

Relación K^+/Mg^{++} VS DOSIS

PMD	Coefficiente de correlación.	Coefficiente de determinación (t)	Análisis de varianza del modelo $Y = a + bx$	Parámetros del modelo $Y = a + bx$	Valores de Y cuando $K^+ = 76.71$ meq/100g
EB	0.931883	86.84	<u>Altamente sig.</u>	$a = 0.328686$ $b = 0.000841$	0.48
EO	0.928529	86.22	<u>Altamente sig.</u>	$a = 0.224971$ $b = 0.002203$	0.45
EP	0.553595	30.65	Se acepta H_0	$a = 0.299676$ $b = 0.000554$	0.38
EA	0.798597	63.78	Se acepta H_0	$a = 0.214619$ $b = 0.001328$	0.40

Nota: H_0 : Hipótesis nula

Cuadro # 34

Relación $Ca^{++} + Mg^{++}/K^{+}$ VS DOSIS

PNO	Coefficiente de correlación.	Coefficiente de determinación (%)	Análisis de varianza del modelo $Y=a+bx$	Parámetros del modelo $Y= a+bx$	Valores de Y cuando $K^{+}= 76.71$ meq/100g
EB	-0.841824	70.87	<u>Signifi-</u> <u>cetivo</u>	a= 3.74575 b=-0.009478	2.03
EO	-0.923672	85.32	<u>Altamente</u> <u>Sig.</u>	a= 3.89467 b=-0.0126	2.56
EP	-0.734495	53.95	Se acepta Ho	a= 3.6759 b=-0.005797	2.76
EA	-0.799875	63.98	Se acepta Ho	a= 4.65597 b=-0.012429	2.86

Nota: Ho: Hipótesis nula

Cuadro 35Regression Analysis - Linear model: $Y = a + bX$

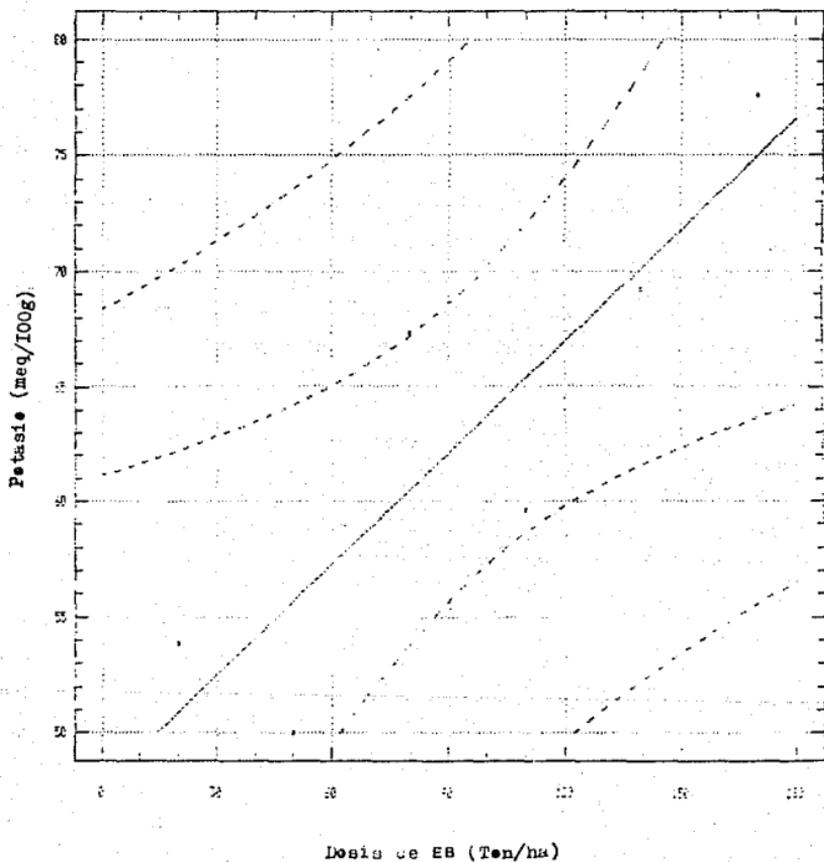
Dependent variable: POTASIO			Independent variable: Dosis de EB	
Parameter	Estimate	Standard Error	T Value	Prob. Level
Intercept	47.469	4.85704	9.81428	.00066
Slope	0.180571	0.0449998	3.56827	.02341

Analysis of Variance

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	Prob. Level
Model	406.08514	1	406.08514	12.7226 *	.02341
Error	127.57379	4	31.89345		
Total	533.65893	5			

Correlation Coefficient = 0.872322 R-squared = 76.09 percent

Regresión de Potasio vs Dosis de EB



Cuadro 36

Regression Analysis - Linear model: $Y = a + bX$

Dependent variable:		POTASIO		Independent variable: Dosis de EO	
Parameter	Estimate	Standard Error	T Value	Prob. Level	
Intercept	44.7304	4.41828	10.1239	.00054	
Slope	0.302839	0.0409345	7.39811	.00178	

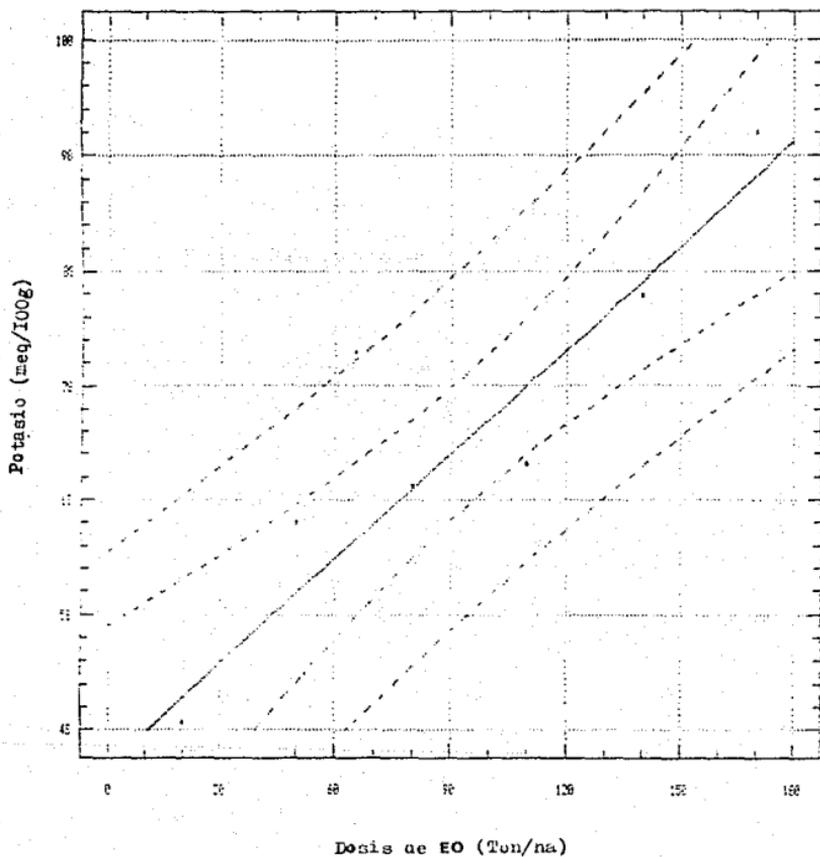
Analysis of Variance

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	Prob. Level
Model	1444.4469	1	1444.4469	54.722 **	.00178
Error	105.56514	4	26.39128		
Total	1550.0120	5			

Correlation Coefficient = 0.965047

R-squared = 93.19 percent

Regresión de Potasio vs Dosis de EO



Cuadro 37Regression Analysis - Linear model: $Y = a + bX$

Dependent variable:		Independent variable: Dens de EP		
Parameter	Estimate	Standard Error	T Value	Prob. Level
Intercept	46.7672	6.14843	7.54131	.00166
Slope	0.192257	0.0569641	3.37506	.02791

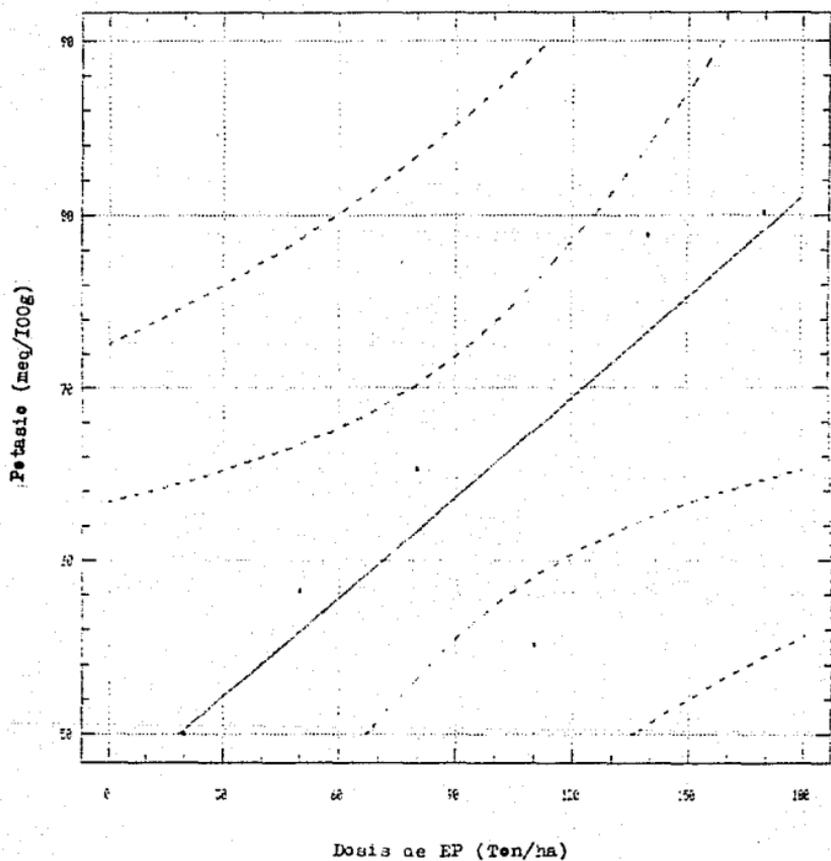
Analysis of Variance

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	Prob. Level
Model	582.16424	1	582.16424	11.3916*	.02791
Error	264.42944	4	51.10736		
Total	756.59368	5			

Correlation Coefficient = 0.860295

R-squared = 74.01 percent

Regresión de Potasio vs Dosis de EP



Cuadro 38

Regression Analysis - Linear model: $Y = a + bX$

Dependent variable:		POTASIO		Independent variable: Dosis de EA	
Parameter	Estimate	Standard Error	T Value	Prob. Level	
Intercept	39.1782	5.56364	6.88154	.00261	
Slope	0.260019	0.0543256	4.78201	.02674	

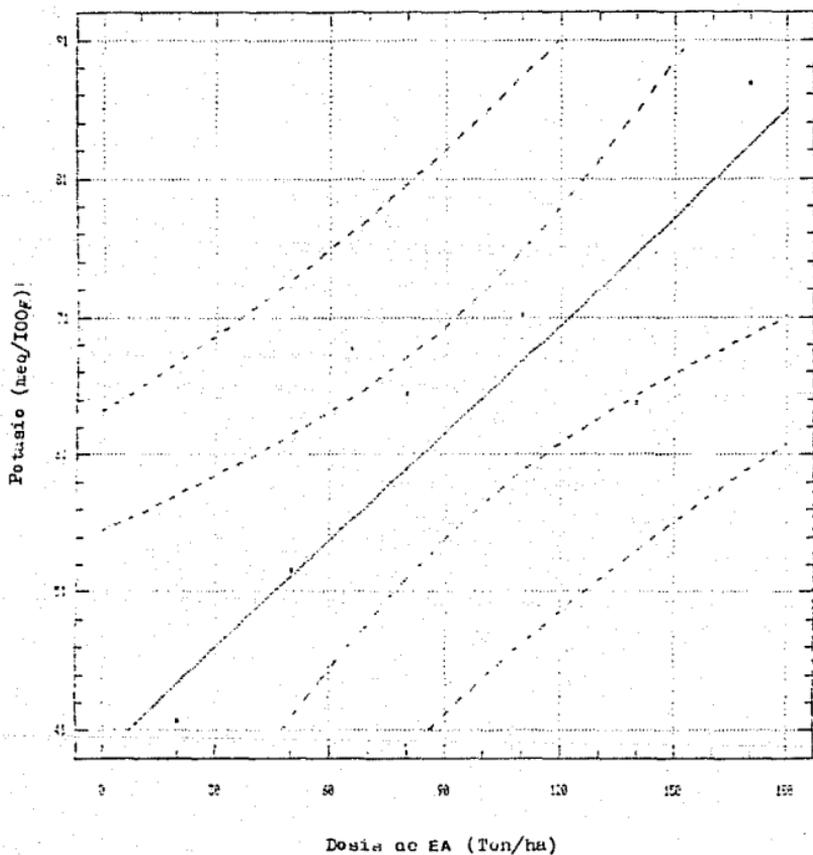
Analysis of Variance

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	Prob. Level
Model	1064.8560	1	1064.8560	22.909**	.00374
Error	185.93019	4	46.48255		
Total	1250.7862	5			

Correlation Coefficient = 0.922686

R-squared = 85.10 percent

Regresión de Potasio vs Dosis de EA



Cuadro 39Regression Analysis - Linear model: $Y = a + bX$

Dependent variable:		Independent variable: Dominio de EB		
Parameter	Estimate	Standard Error	T Value	Prob. Level
Intercept	7.37705	1.24687	5.91647	.00409
Slope	-0.4271619	0.111550	-2.35127	.07841

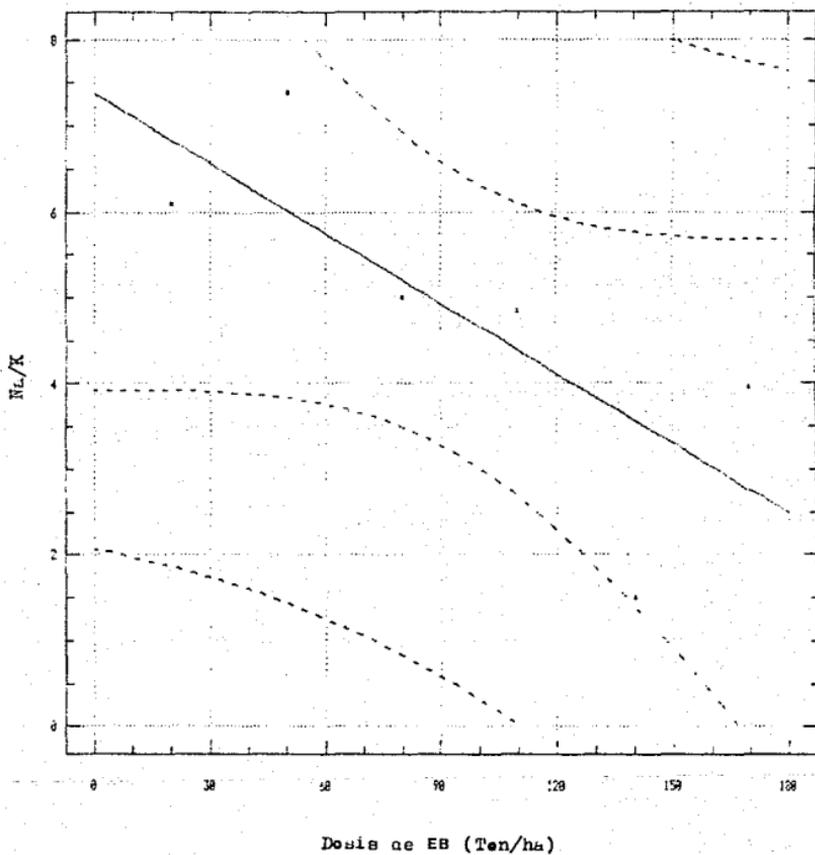
Analysis of Variance

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	Prob. Level
Model	11.619963	1	11.619963	5.52843	.07841
Error	3.4872705	4	2.1018176		
Total	20.027133	5			

Correlation Coefficient = -0.761715

R-squared = 58.02 percent

Regresión de Na/K vs Dosis de EB



Cuadro 40

Regression Analysis - Linear Model: Y = a+bx

Dependent Variable: N ₁ ²		Independent Variable: Dens de EO		
Parameter	Estimate	Standard Error	T Value	Prob. Level
Intercept	4.95714	0.2783	17.8092	.00003
Slope	-0.0170857	2.5784E-3	-6.62647	.00269

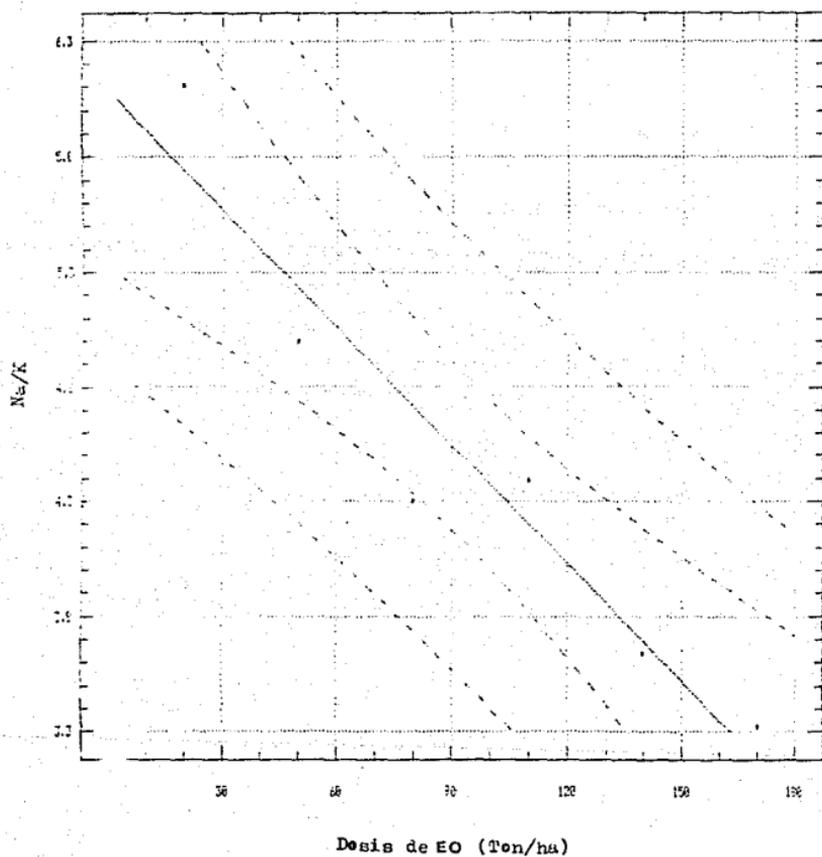
Analysis of Variance

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Statistic	Prob. Level
Model	4.897766	1	4.897766	42.91612	.00269
Error	.416544	4	.104136		
Total	5.014310	5			

Correlation Coefficient = -0.957345

R-squared = 91.65 percent

Regresión de Nu/K vs Dosis de EO



Cuadro 41

Regression Analysis - Linear Model: Y = a+bX

Dependent variable:	NA/	Independent variable: Dosis de KP		
Parameter	Estimate	Standard Error	T Value	Prob. Level
Intercept	7.79562	0.242285	32.19421	.00001
Slope	-0.0229714	2.25399E-3	-10.1914	.00012

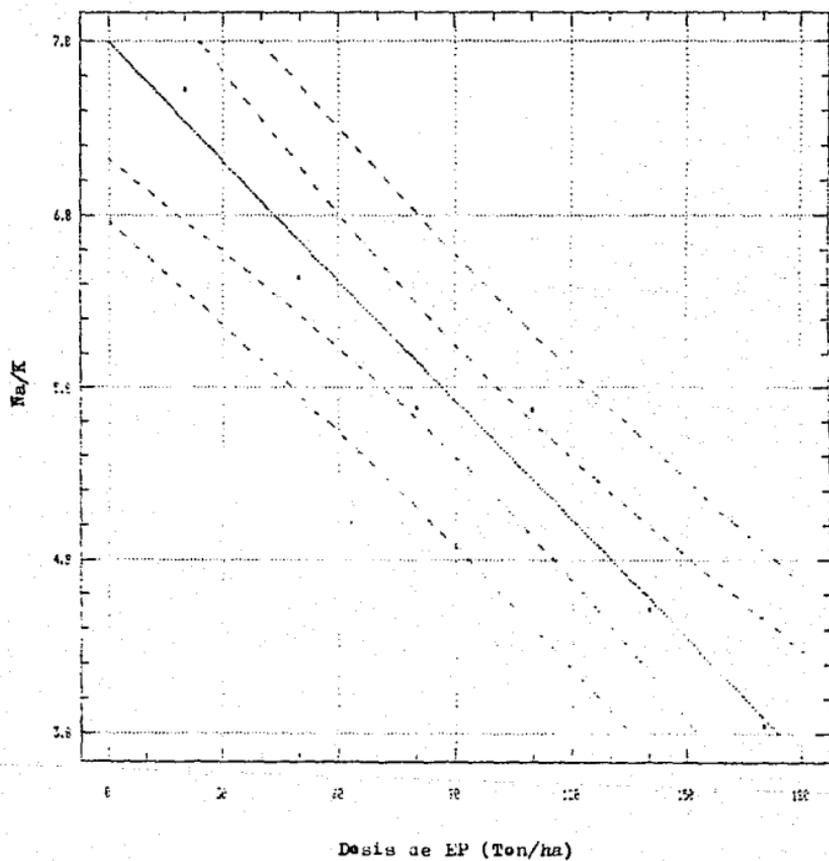
Analysis of Variance

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	Prob. Level
Model	8.31106	1	8.31106	102.8654	.00052
Error	.1266795	4	.031670		
Total	8.43774	5			

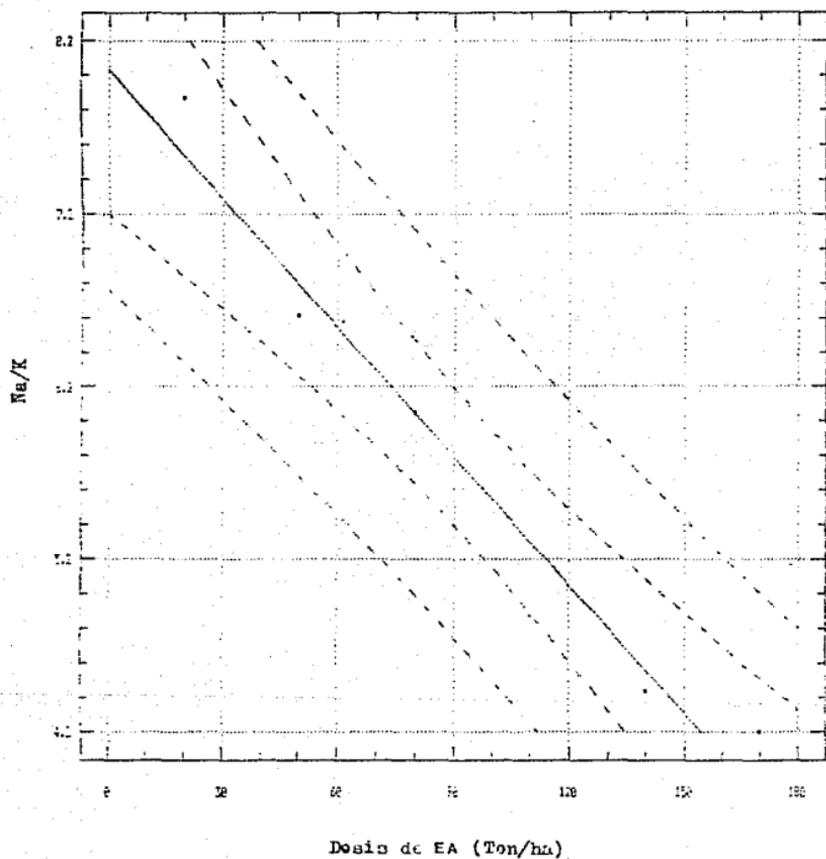
Correlation Coefficient = -0.981283

R-squared = 96.29 percent

Regresión de Na₂/K vs Dosis de EP



Regresión de Na/K vs Dosis de EA



TESIS UNN
FOLIO 12

Cuadro 43

Regression Analysis - Linear model: $y = a + bx$

Dependent variable: k/ea Independent variable: **Dosis de EB**

Parameter	Estimate	Standard Error	T Value	Prob. Level
Intercept	0.247257	1.3796	0.179198	.06646
Slope	0.0626324	0.0127326	4.89944	.00005

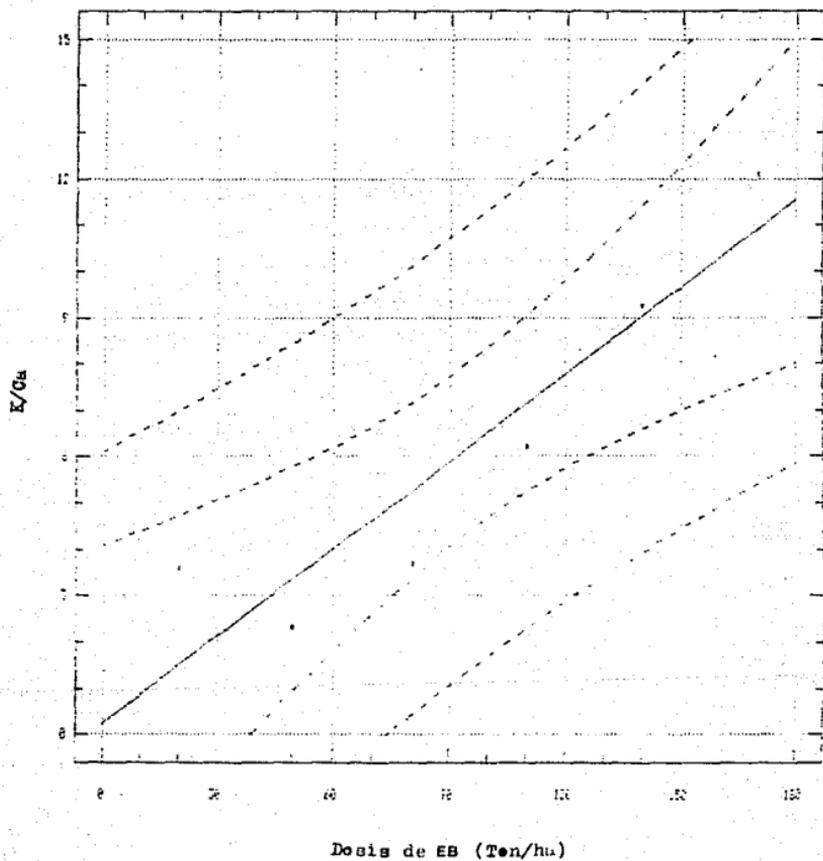
Analysis of Variance

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	Prob. Level
Model	61.784339	1	61.784339	24.00453 **	.00005
Error	10.295447	4	2.573862		
Total	72.079785	5			

Correlation Coefficient = 0.925633

Required = 95.72 percent

Regresión de K/Ca vs Dosis de EB



Cuadro 44Regression Analysis - Linear model: $Y = a + bX$ Dependent variable: $\frac{Y}{Ca}$ Independent variable: $Do\acute{a}n\ de\ EO$

Parameter	Estimate	Standard Error	T Value	Prob. Level
Intercept	1.02229	1.09002	0.969512	.39719
Slope	0.037173	0.017413	2.13417	.09974

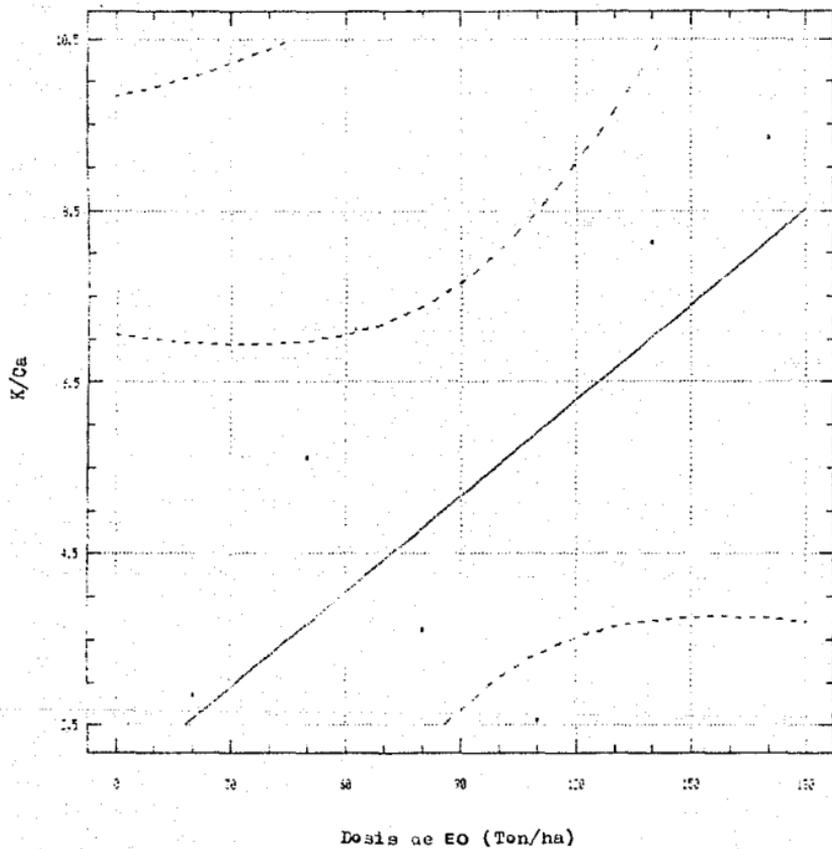
Analysis of Variance

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	Prob. Level
Model	21.770935	1	21.770935	4.55470	.09974
Error	19.119529	4	4.779882		
Total	40.890464	5			

Correlation Coefficient = 0.729672

R-squared = 53.24 percent

Re gresión de K/Ca vs Dosis de EO



TESIS COE
FALSA DE CRISTAL

Cuadro 45

Regression Analysis - Linear Model: Y = a + bX

Parameter	Estimate	Standard Error	T Value	Prob. Level
Intercept	2.21461	1.72951	1.28067	.15274
Slope	0.029261	0.0114413	2.55525	.06569

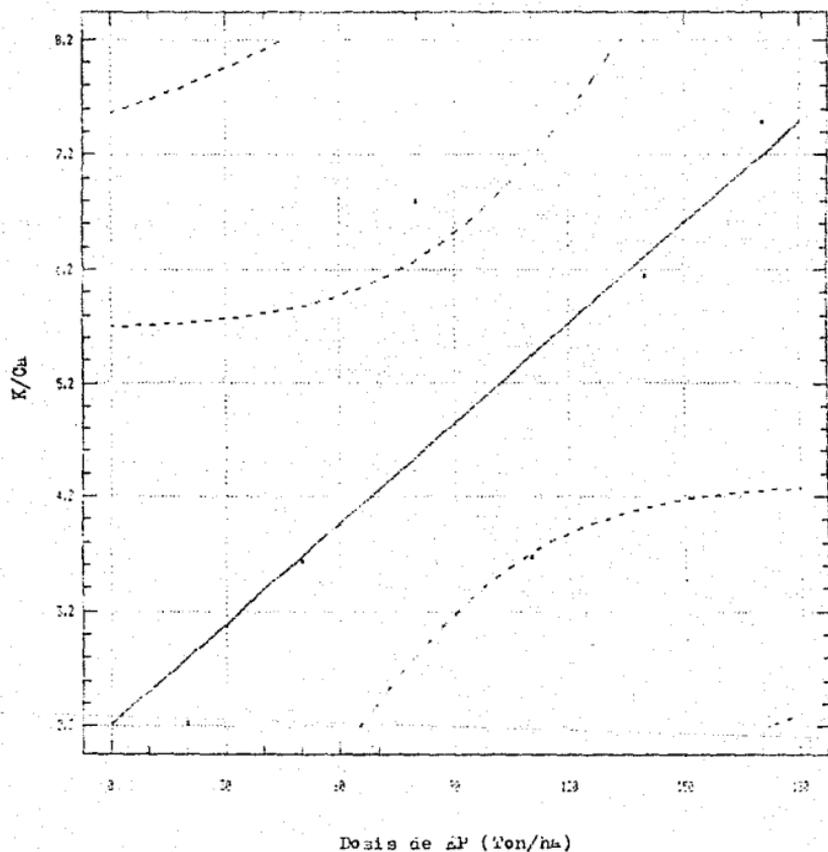
Analysis of Variance

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	Prob. Level
Model	13.593643	1	13.593643	6.32651	.06569
Error	3.5378203	4	2.1344551		
Total	22.041464	5			

Correlation Coefficient = 0.782718

R-squared = 61.26 percent

Relación de K/Ca vs Dosis de EP



Cuadro 4b

Regression Analysis - Linear Model: Y = a + bx

Dependent variable:		Independent variable: Dosis de EA		
Parameter	Estimate	Standard Error	T Value	Prob. Level
Intercept	2.54412	0.298242	2.83013	.04734
Slope	5.23902E-3	8.32854E-3	0.629648	.56345

Analysis of Variance

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	Prob. Level
Model	.4323000	1	.4323000	.395701	.56345
Error	4.3699668	4	1.0924917		
Total	4.8022668	5			

Correlation Coefficient = 0.300030 R-squared = 9.00 Percent

Cuadro 47

Regression Analysis - Linear model: $Y = a + bX$

Dependent variable: $1/mo$		Independent variable: Dosis de EB		
Parameter	Estimate	Standard Error	T Value	Prob. Level
Intercept	0.323636	0.0178669	18.1336	.00005
Slope	2.41295E-4	1.82365E-4	5.12777	.00030

Analysis of Variance

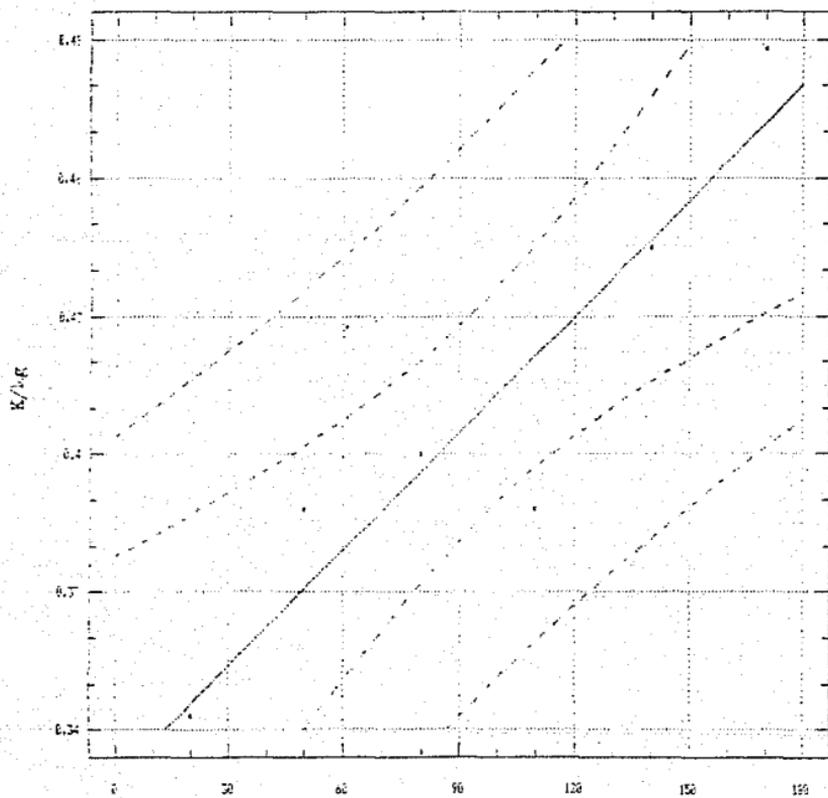
Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	Prob. Level
Model	.011164	1	.011164	26.39668 **	.00030
Error	.0016917	4	.0004229		
Total	.0128557	5			

Correlation Coefficient = 0.921993

R-squared = 96.84 percent

TESIS CON
 FALLA DE ORIGEN

Re presión de K/ha vs Dosis de EB



Dosis de EB (Ton/ha)

Cuadro 4B

Regression Analysis - Linear model: Y = a+bx

Dependent variable:		k/mg	Independent variable:Dosis de EO		
Parameter	Estimate	Standard Error	T Value	Prob. Level	
Intercept	0.124971	0.0478842	4.73983	.00910	
slope	2.20361E-3	4.48582E-4	5.60204	.00748	

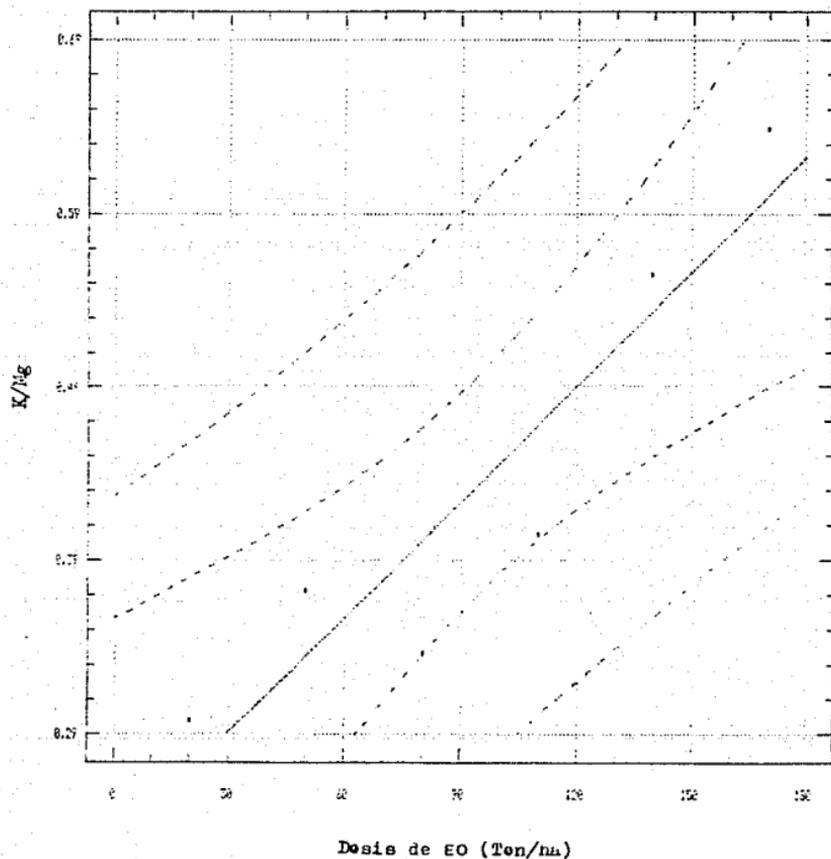
Analysis of Variance

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	Prob. Level
Model	.976494	1	.976494	25.62039	.00748
Error	.0122291	4	.0030573		
Total	.988723	5			

Correlation Coefficient = 0.928529

R-squared = 94.22 percent

Regresión de K/Mg vs Dosis de EO



TESIS CON
FALLA DE CUBIEN

Cuadro 49

Regression analysis = Linear Model: $y = a + bx$

Parameter	Estimate	Standard Error	t-value	Prob. Level
Intercept	0.22007	0.04014	5.48954	.00204
Slope	5.54266E-4	4.16313E-4	1.3295	.25444

Analysis of Variance

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	Prob. Level
Model	.0048219	1	.0048219	1.767572	.20474
Error	.1195504	4	.0298876		
Total	.0157893	5			

Correlation Coefficient = 0.553595

R-squared = 30.65 percent

Cuadro 50

Dependent variable	Independent variable	Estimate	Standard Error	T-Value	Prob. > T
Intercept		1114212	61771762	0.17971	.8650
Slope		1.318576	2.9064104	0.45374	.65676

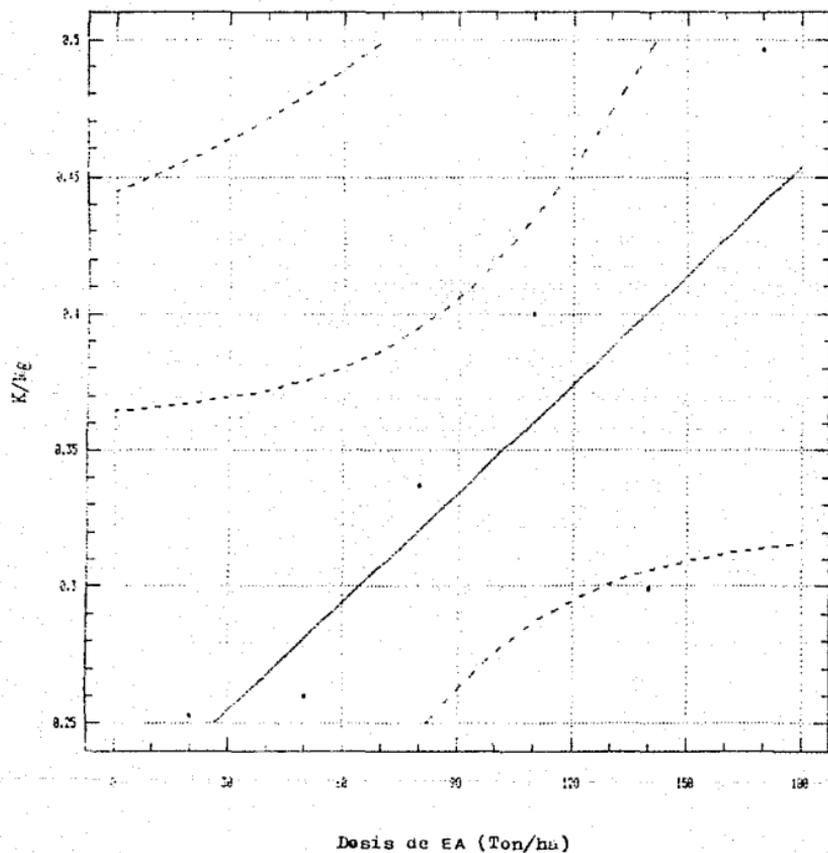
Analysis of Variance

Model	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	Prob. Level
Model	1076904	1	1076904	7.042310	.05676
Error	1157905	4	289476		
Total	2234809	5			

Correlation Coefficient = 0.798527

R-squared = 63.78 Percent

Regresión de K/ha vs Dosis de EA



Cuadro 51

Regression Analysis: Linear model 1 * 1 * 1

Dependent Variable: $\ln(\text{camp})$		Independent Variable: $\ln(\text{Dens de EB})$		
parameter	Estimate	Standard Error	T-Value	Prob. Level
Intercept	1.74000	0.117825	14.7692	<.0001
Slope	-0.4711E+0	0.00934E+0	-50.1129	<.0001

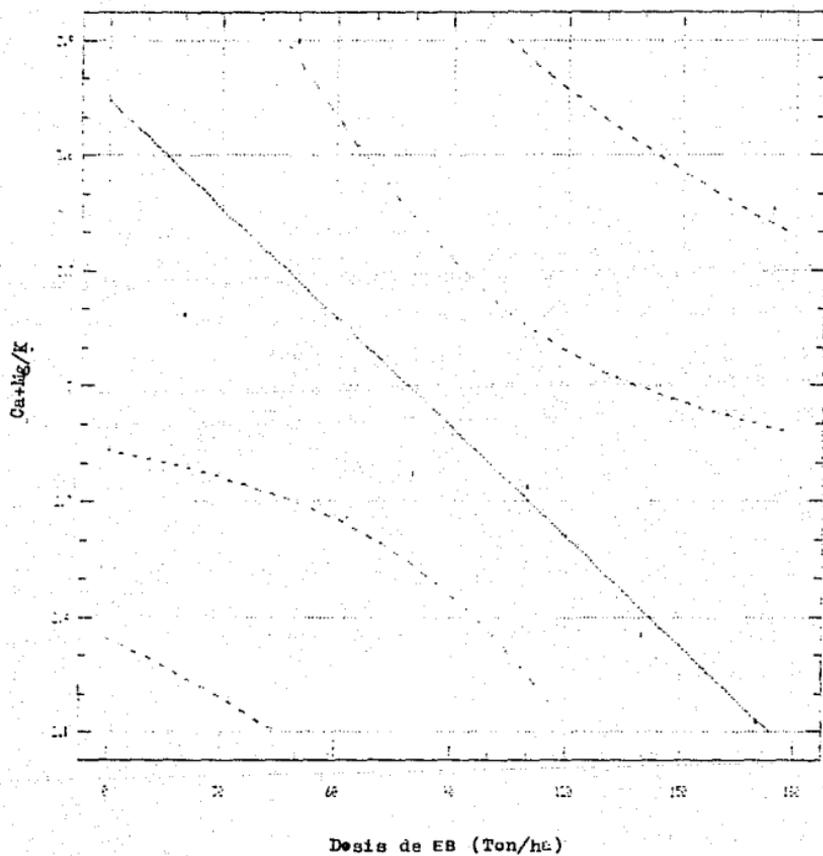
Analysis of Variance

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Value	Prob. Level
Model	1.414896	1	1.414896	6.72089 *	<.0001
Error	.981610	4	.245403		
Total	2.396506	5			

Correlation Coefficient = 0.741014

Adjusted R² = 71.87 percent

Regresión de Ca+Mg/K vs Dosis de EB



Cuadro 52

Least Squares Analysis of Variance - Linear - 1971 - 1974

Dependent Variable	Coeff.	Standard Error	t-value	Prob. Level
Interest	0.25107	0.202074	13.0063	.00016
Price	0.09106	2.81055E-03	32.2194	.00000

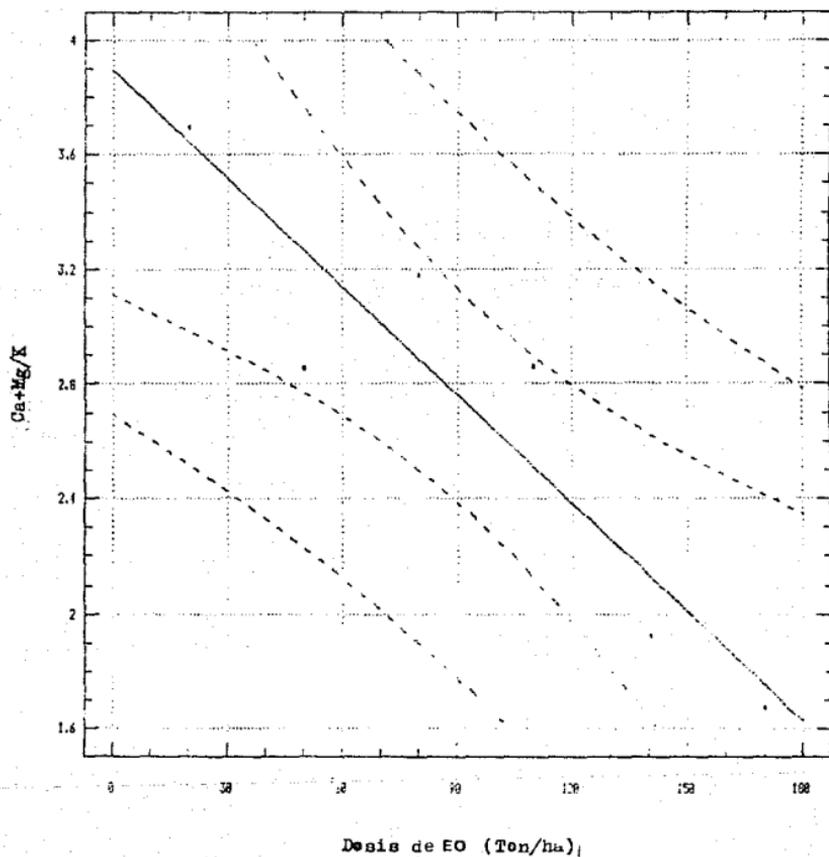
Analysis of Variance

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	Prob. Level
Between	2.500476	1	2.500476	29.24236**	.00052
Within	.4303293	4	.1075823		
Total	2.9308053	5			

Adjusted R-Square Coefficient = 0.92067

R-squared = 95.02 percent

Regresión de Ca+Mg/K vs Dosis de EO



Cuadro 53

Regression Analysis - Linear Model: $Y = a + bX$

Independent variable	coeff./	Independent variables: Desia de KP		
Parameter	Estimate	Standard Error	T Value	Prob. Level
Intercept	3.6759	0.25905	12.7169	.0000
Slope	-5.72714E-3	2.67804E-3	-2.16469	.03038

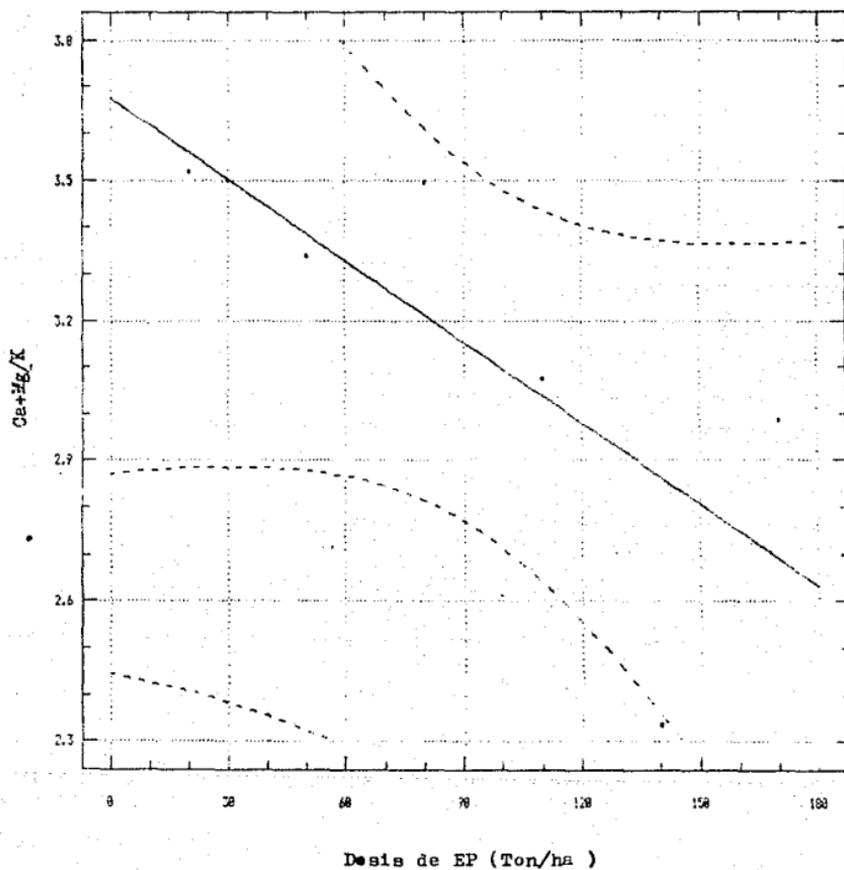
Analysis of Variance

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	Prob. Level
Model	.5293081	1	.5293081	4.685698	.03638
Error	.4518307	4	.1129577		
Total	.9811388	5			

Correlation Coefficient = -0.734495

R-squared = 53.98 Percent

Regresión de Ca+Mg/K vs Dosis de EP



Cuadro 54

Regression Analysis Linear model: Y vs X

Dependent Variable:		Independent variable: Dosis de EA		
Parameter	Estimate	Standard Error	t Value	Prob. Level
Intercept	4.65597	0.593913	9.25665	.00076
Slope	-0.0124295	4.7831E-3	-2.60031	.05607

Analysis of Variance

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	Prob. Level
Model	2.4332657	1	2.4332657	7.104919	.00807
Error	1.3696551	4	.3424138		
Total	3.8029208	5			

Correlation Coefficient = -0.799375

R-squared = 63.93 percent

Re gresión de Ca+Mg/K vs Dosis de EA

