

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE QUIMICA

INTERCAMBIO CATIONICO EN SUELOS DE ANDO

T E S I S

Que para obtener el título de :

Q U I M I C O

p r e s e n t a :

FERNANDO ZARZOSA MANRIQUEZ

México, D. F.

1980

M-41494



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

Presidente: Alberto Obregón Pérez
Vocal: Jorge Soto Soria
Secretario: Nicolás Aguilera Herrera
1er. Suplente: Arturo Pérez Alonso
2° suplente: Alfredo Echegaray Alemán

Sitio donde se desarrolló el tema: Instituto de Geología
Facultad de Ciencias
CIDAGEM

Fernando Zarzosa Manriquez

Nicolás Aguilera Herrera

A mis Padres:

Con agradecimiento y respeto
por la labor de formación a mi persona.

A mi querida Esposa:

Por su dedicación y paciencia.

A mis Hermanos:

Por su gran alegría
ante la vida.

A mi Abuela:

Por su entereza y carácter donados

A mis Hijos:

Por su amor diáfano a nosotros.

A mis Maestros:

en especial al

M. en C. Nicolás Aguilera H.

I N D I C E

Capítulo		Pág.
I	INTRODUCCION	4
II	REVISION DE LITERATURA	8
III	GENERALIDADES	13
	Fenómeno de Intercambio Catiónico y Aniónico	17
	Origen de las Propiedades de Intercambio Iónico del Suelo	19
	Clase de Iones Intercambiables y Capacidad de Intercambio	26
	Clasificación del Suelo	27
IV	MATERIALES Y METODOS	30
	Reacción del Suelo o pH	34
	Densidad Real o Peso Específico	36
	Densidad Aparente	38
	Capacidad de Campo o Humedad Equivalente	40
	Textura del Suelo	43
	Materia Orgánica	48
	Nitrógeno	53
	Alófono	57
	Intercambio Iónico	58
	Salinidad	68
V	CONCLUSIONES	70
VI	RESUMEN	74

I N T R O D U C C I O N

En México se están estudiando los suelos de acuerdo a sus características físicas, químicas y biológicas para poder clasificarlos de acuerdo con una nomenclatura adecuada; los suelos constituyen uno de los mayores recursos naturales básicos de cualquier Nación. Su mejor utilización depende del conocimiento y de la aplicación racional de los conocimientos sobre la naturaleza, propiedades, extensión y localización de los --suelos.*

Se espera que este tema de tesis sea idóneo para satisfacer las necesidades de información para estudiantes y profesionistas interesados en la química del suelo.

* Siendo la ciencia del suelo (la edafología y/o pedología) la que reúne un sistema científico con todos los conocimientos naturales, para estudiar un producto peculiar de la naturaleza: el suelo; recurso básico en la producción agropecua-

ria.†

Mientras que en un principio las investigaciones del -- suelo fueron solamente auxiliares de otras ciencias; actualmen^{te} te esta ciencia se divide en: Química, Física, Biología, Esta-
dística, Agronomía, Urbanismo y otras ciencias.†

† La ciencia de la Química, como rama auxiliar de divi---
sión de la ciencia de la Edafología sirve para caracterizar al-
gunas de [las propiedades de los suelos. Dentro de las cuales-
se puede mencionar: El intercambio iónico, la reacción del --
suelo, su acidez, la alcalinidad y la fertilidad. Ya que el -
suelo es un medio químico biológico complicado.]†

† Se puede mencionar la Bioquímica del suelo donde se de-
sarrollan algunos procesos microbianos, y suponiendo que esta-
actividad del suelo se lleva a cabo en la parte coloidal del -
suelo, llamada: arcilla y humus. Siendo el humus y las arci-
llas productos de mineralización de la materia orgánica, y la-
meteorización de las rocas y minerales del suelo, procesos ocu-
rrentes en la naturaleza y que también dichas partículas se --
reagrupan por síntesis o por degradación.†

† En el caso de las arcillas se obtienen por degradación-
de la roca madre, por factores bioclimáticos, como es el caso-
de la erosión debido al viento y al agua, cambio de temperatu-
ra y las biomasas.†

El humus se obtiene de la degradación de la materia or-
gánica encontrada en el suelo, en la que intervienen microorga

nismos desdobladores de las macromoléculas orgánicas que utilizan como sustento energético y como estructura carbonada.

Para el estudio del suelo, primeramente tenemos que caracterizarlo y luego dosificarlo; dentro de esta caracterización interviene el que nos atañe, y propiedades relacionadas; como el pH, cantidad de materia orgánica, textura, color y - - otros.

Es común encontrar en México, Aguilera (1969), depósitos de cenizas volcánicas de origen basáltico, andesítico y riolítico.

Estas formaciones geológicas se observan de norte a sur en la Sierra Madre Occidental, desde los Estados de Chihuahua hasta Chiapas.

En la mesa Central se localizan en el eje Neovolcánico formando macizos montañosos en el Estado de México (fotografía) Colima, Michoacán, Puebla y Veracruz. Otra formación geológica es la Sierra Madre del Oriente y del Sur.



Fotografía tomada a un perfil en las faldas del nevado de Toluca, en el que se observan la formación de diferentes horizontes. El amarillo claro es ceniza volcánica.

II. REVISION DE LITERATURA

Actualmente existe bastante información bibliográfica - donde se puede constatar la existencia de estudios sobre el intercambio catiónico en los suelos, y poderlos relacionar al caso particular de los suelos de ando.

Entre la información bibliográfica que se puede consultar se encuentra: El boletín de la Sociedad Mexicana de Geografía y Estadística de Enero-Junio de 1951 tomo LXXI, N°1-3, con el título: La Edafología o Ciencia del Suelo por Macías, donde nos habla de la historia de la Edafología en México y sus progresos hasta 1951 donde muchos de los estudios realizados actualmente son considerados.

A) La revista de Ingeniería Hidráulica en México de Julio-Agosto-Sept., 1957, Vol. XI. N° 3.

En la que se consultaron los métodos de análisis químico de algunas determinaciones como base para la cuanti-

ficación actual de las características químicas del suelo. Como es el caso de la evaluación del humus por titulación con permanganato de potasio. Situación que no es del todo realizable ya que en el suelo se presentan muchas moléculas orgánicas reducibles sin ser precisamente el nivel de moléculas consideradas como humus.

- B) Manual 60 del Servicio de conservación de los Suelos de E.U. o Diagnóstico y Rehabilitación de Suelos Salinos Sódicos. Para consultar las medidas de la textura por el método del Hidrómetro; junto con el artículo de la A.S. T.M., (1972), así como la preparación de la pasta de saturación en % en peso de humedad y la determinación de las constantes de humedad en laboratorio.
- C) La Química del Suelo de Bear, (1955), para consultar el fenómeno de intercambio catiónico y aniónico (Wiklander 1949) del Departamento de Pedología del Colegio Real de Agricultura de la Uppsala, Suecia.
- CH) Folleto de los Suelos de Ando: Génesis, Morfología y -- Clasificación por Aguilera, (1965), de donde se extrae la información de la ubicación y existencia de los tipos de suelos de Ando en México.
- D) Investigación de Suelos, métodos de laboratorio con procedimientos para recoger muestras, (1973), donde se consultó la metodología para determinar el nitrógeno por el método de Kjeldahl y la determinación del hidrógeno-

intercambiable.

- E) La Geología de Orestes Cendrero, que es un curso de his-
toria natural, para consultar el aspecto del origen de-
los minerales del suelo, como son las cenizas volcáni--
cas que proceden de las rocas eruptivas, efusivas e ins-
trusivas, de donde proceden los basaltos, la andesita y
la riolita que están formados de feldespatos semicrista-
linos.
- F) Cálculos de pH y de Solubilidad de Butler, (1968), donde
se consultó cómo se lleva a cabo el cálculo de solución
tampón o reguladora, así como el uso del efecto del ión
común y la fuerza iónica para el cálculo de sales para-
el intercambio iónico iónico en suelo.
- G) Métodos de Análisis para Suelos, Plantas y Aguas de - -
Chapman, (1961) y por Pratt, (1961), de donde se tomó -
el método para la determinación del intercambio iónico,
y de la materia orgánica por el método de vía húmeda de
Walkley y Black, (1934).
- H) Análisis Químico de Suelos de Jackson, (1958), para la-
determinación del fósforo intercambiable.
- I) Diagnóstico de Suelos y plantas de López, (1967), donde
se consultó el método para detērninar los nitratos in--
tercambiables así como algunos criterios de diagnóstico.
- J) Naturaleza y propiedades de los Suelos de Buckman y Bra

- dy, (1966), donde se consultó el color del suelo, la humedad y la estructura de algunas arcillas.
- K) Fundamentos de la Ciencia del Suelo de Millar y Turk -- (1971), se utilizó para confirmar la clasificación de las series, tipos y clases de suelos.
- L) Fertilizantes y Fertilidad de los Suelos de Tisdale y Nelson, (1971), donde se consultó la determinación de las bases extraíbles, el aluminio, el hidrógeno y clasificación del índice de fertilidad.
- M) Suelos: su química y fertilidad en zonas tropicales se utilizó para clasificarlos de acuerdo a su propiedad de Donahue, (1966).
- N) Monografía 109 del Intercambio Catiónico en Suelos de Kelley, (1948), donde se consultó la historia del intercambio catiónico y algunas teorías.
- O) La Fisicoquímica y Mineralogía de los Suelos de Marshall, volumen I: materiales de suelo, (1964), donde se consultó sobre las reacciones de intercambio iónico así como las propiedades del Alófono.
- P) Teoría simple Cinética del Intercambio Iónico de Jenny, N., J. Phys. Chem., 40 p. 501, (1936), donde se consultaron algunas primeras teorías del Intercambio Iónico y su mecanismo.

- Q) Propiedades y Génesis de Andosoles seleccionados de Colombia de Luna, Calhoun y Carlise., Soil Sci. Amer., -- Proc., Vol. 36, (1972), de donde se investigó el método para determinar el Alófono y algunas otras propiedades.

III.- GENERALIDADES.

Para tener un conocimiento más amplio, de qué, es un -- suelo de Ando, vamos a clasificarlo dentro de los grandes grupos mundiales de suelos, según la 7a. Aproximación (1967), y su correspondencia con la de Baldwin (1938), tomando en cuenta cuáles fueron los procesos de desarrollo de su formación y cuáles fueron los factores climáticos que le afectaron, como la humedad relativa, la precipitación media anual, la vegetación, el material parental y la pendiente.

La humedad relativa es un dato físico de importancia -- desde el punto de vista del contenido de ésta en el aire del -- suelo, que se mantiene saturado de vapor de agua, mientras el contenido de humedad no sea inferior al coeficiente higroscópico.

A esta tensión (31 atmósferas), y menor, el agua parece estar lo bastante libre para mantener el aire aproximadamente-

a una humedad relativa de 100%. Pero cuando la humedad forma gotas por debajo del coeficiente higroscópico, y por tanto está tetenido con mayor tenacidad, el agua se evapora cada vez con mayor dificultad y su presión de vapor va siendo cada vez menor. El mantenimiento del aire en el suelo, con la humedad relativa del 100% o muy próximo, es muy importante, en especial respecto a las actividades biológicas. Ya que el aire húmedo entra por los poros de la raíz llamados neumatóforos. Esto es quizás el carácter más importante respecto a las interrelaciones entre vapor-líquido en los suelos. Al mismo tiempo su relación con las demás constantes de humedad del suelo: como la capacidad de campo; su retención de humedad es donde la tensión de retención está en función de la gravedad, la histéresis y de las fuerzas polares de las sustancias disueltas.

Se encuentra otro límite de retención de humedad, siendo el máximo a un punto de marchitez de las plantas, donde ya no puede la raíz absorber agua al interior y donde la humedad relativa es reducida al mínimo, y que el agua que se encuentra entre estos límites es llamada, el agua aprovechable.

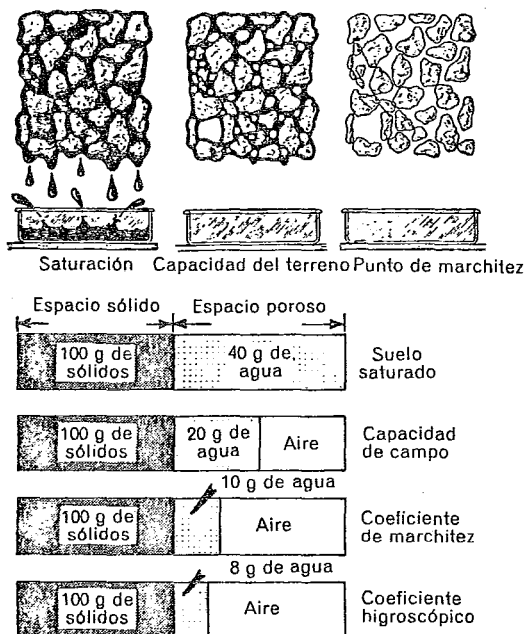


Figura N° 1, mostrando la relación de retención de la humedad, su espacio sólido, su espacio poroso con su consecuente proporción entre de agua y aire en sus diferentes retenciones de humedad.

factores físicos

Estos factores físicos modifican la ecología del lugar, alterando el desarrollo de algunas especies vegetales, o sea - que, está relacionado con el clima (relación humedad-temperatura).

Tomando en cuenta la precipitación media anual, nos demuestra que es un factor que influye bastante en la formación del suelo, modificando la meteorización, y el movimiento del agua en el suelo, que nos va a determinar las especies vegetales que se desarrollan en el área.

La temperatura media anual es otro de los datos físicos que nos afecta directamente para el desarrollo de un suelo; referente a su relación con el desarrollo vegetativo de las raíces y su aereación del suelo, por lo tanto con la Porosidad -- (% de poros totales), evapotranspiración del agua; por transpiración del suelo y plantas. Tan útil para mantener la turgencia en los organismos vegetales.

*La temperatura de un suelo se puede relacionar con el color de los mismos, de la siguiente manera: los suelos oscuros absorben mayor energía solar, más que los colores claros y la posición de los rayos solares, nos dice el porqué de la temperatura de algunos suelos, y de acuerdo con su pendiente o relieve están en relación con el clima circundante, por estaciones del año.

Ya que la difusión de gases en el aire del suelo, se -- lleva a cabo, en suelos calientes y bien drenados, intercambian

dose el O_2 por el CO_2 , propiciando que se lleve a cabo el fenómeno de la oxidación biológica en la raíz y que se manifieste el mecanismo de absorción activa; proceso por el cual son -- transportados los elementos nutritivos metálicos al interior -- de las plantas, con el uso de energía proporcionada por el proceso de la Oxidación biológica.

Situación que se puede analizar desde el punto de vista de que un suelo con una atmósfera de O_2 , propiciada por las -- condiciones anteriormente mencionadas, mantendrá una buena población de microorganismos y una buena asimilación de nutrientes. Ocasionando que se lleve a cabo un intercambio iónico -- provocado por la formación de moléculas orgánicas intercambiadoras, así como la obtención de partículas minerales coloidales que estén en contacto directo con la superficie de la raíz, para llevar a cabo el mismo fenómeno.

FENOMENO DE INTERCAMBIO CATIONICO Y ANIONICO.

2º *de pág. 17*
 Se entiende por intercambio iónico, al proceso reversible por el cual los cationes o bases y los aniones o acidoides son intercambiados entre las fases sólidas, si está en contacto cerrado con otro. *ver en la pág.*

Así como la carga electroquímica de los mismos. *

Para intercambio de cationes, el término "base intercambiable" es distinta de "intercambio aniónico". Fenómeno que se presenta en la naturaleza y que se considera la 2a. reacción después de la fotosíntesis.

Otros términos que serán usados en esta tesis es la Adsorción iónica", que significa un incremento en concentración o acumulación de una especie iónica en un sólido, causado por el intercambio iónico; y una desadsorción, la cual es el proceso opuesto, o sea, el reemplazamiento o liberación de las especies iónicas adsorbidas. *

El suelo es un sistema heterogéneo y polidisperso de componentes sólidos, líquidos y gaseosos en varias porciones. El componente sólido del suelo está hecho de minerales primarios, arcilla mineral y óxidos hídricos, junto con materia orgánica y organismos vivos, formando un sistema polifásico de partículas más o menos discretas o agregadas. En este sistema heterogéneo, la solución del suelo actúa como medio por el cual reacciones químicas entre los miembros de las diferentes fases, y de la misma fase suceden, aún cuando los reactivos no estén en contacto directo, ya que la propiedad del material del suelo para unir e intercambiar cationes y aniones se facilitan o se hacen posibles los procesos químicos y físicos más o menos conectados íntimamente en el intercambio iónico incluyendo el desgaste debido a los agentes atmosféricos, de los minerales, la adsorción de nutrientes por las plantas, hinchazón encogimiento y lixiviación de los electrólitos.

El intercambio iónico puede considerarse como el más importante proceso de los que ocurren en el suelo.

ORIGEN DE LAS PROPIEDADES DE INTERCAMBIO IONICO DEL SUELO

De numerosas investigaciones en suelos y arcillas, se sabe que la propiedad del suelo de intercambiar iones se debe casi enteramente a la fracción mineral arcillosa y a la materia orgánica, esto es, el material coloidal del suelo.

Las partículas tienen un carácter anfotérico que es evidente por su poder para unir cationes y aniones. En general, tienen una carga negativa neta, la cual puede estar directamente demostrada por una electrofóresis. Esta carga aparece esencialmente en dos formas o mecanismos:

- 1° Por sustituciones isomórficas iónicas, y
- 2° Por ionización de grupos hidróxilo unidos al silicio de planos tetraédricos separados por rotura; del mismo modo, como, para el ácido silícico ordinario: $\text{Si-OH} + 4\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{SiO}_3^{3-} + 2\text{H}_3\text{O}^+$ + las cargas negativas creadas en aquellas circunstancias, o sea;

Una valencia del 0 está satisfecha dentro del cristal por el Al^{+++}	-O-----H ⁺
--	-----------------------

Carga negativa de la superficie del cristal

Hidrógeno débilmente-unido, intercambiable

son más uniformemente distribuidas en las partículas de arcillas en forma de placas o en forma de listón, mientras que éstas están en las esquinas y a lo largo de los lados. En suma, a estos dos métodos de formación las cargas negativas, también pueden originarse de los ácidos húmicos (-COOH, -OH), fosfóri-

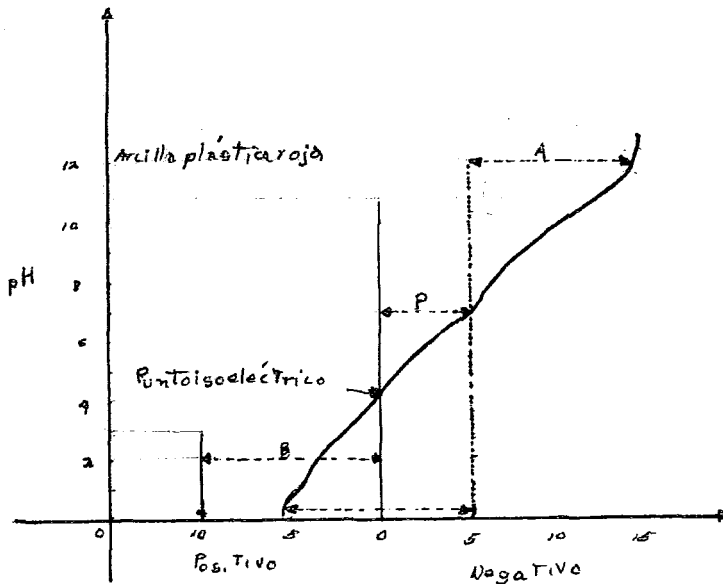
cos y silíceos, constituyendo más o menos la parte integral de la superficie de las partículas arcillosas. La parte relativa representada por estos métodos diferentes de formación de carga negativa, varía en el suelo con la composición mineral (tipos de arcilla), tamaño de partícula, contenido de materia orgánica (humus), y en alguna cantidad, la fertilización de fosfatos. *

La naturaleza anfotérica de la fracción arcillosa requiere sin embargo, la existencia de cargas positivas; esto puede originarse de los óxidos e hidróxidos de hierro y aluminio, manganeso y por los grupos octaédricos expuestos, los cuales reaccionan como bases por aceptación de protones de la solución del suelo circundante, así adquiere carga eléctrica positiva. Los grupos básicos del humus son debidos al nitrógeno de los aminoácidos, amidas, aminas y ácidos nucleicos. La existencia de cargas positivas y negativas en el mismo mineral ha sido demostrado por los trabajos de Thiessen (Wechselseitige Adsorption von Kolloiden, Z. Elektrochem 48, 675, 1942), de la adsorción negativa y positiva de sales de oro en la caolinita. En fotografías de microscopio electrónico mostró la adsorción de las partículas (de oro coloidal sobre los lados de las placas de la caolinita. La carga eléctrica y al mismo tiempo la densidad de carga superficial no son constantes sino que varía más o menos con el pH de la solución.

Las cargas positivas crecen, y la carga positiva decrece con la elevación del pH, como resultado de la creciente io-

nización de los grupos ácidos, y disminuye con la adición de protones a los grupos básicos. El pH disminuye si el cambio va en dirección opuesta.

En la mayoría de los casos la carga negativa de la partícula de la arcilla excede grandemente la carga positiva, resultando una carga negativa neta, como se manifiesta en el fenómeno electrocinético. Lo interesante en esta exposición son los hallazgos de Schofield (J. Soil Sci. vol. 1: 1-8, 1969) -- quien demostró que en el rango de pH de 2.5 - 5, la carga negativa permanente de un subsuelo de arcilla es constante, probablemente debido a las sustituciones isomórficas iónicas.



Carga en miliequivalentes por 100g de suelo o arcilla.
Gráfica mostrando la variación del pH con las cargas de los --
cristales de arcilla (carga dependiente).



Figura N° 2 Micrografía electrónica de oro coloidal adsorbido sobre los lados de cristales de caolinita (75,000 aumentos).

La explicación de la gráfica de titulación anterior por lo que se refiere a la variación del pH y su relación con la variabilidad de la carga, dada en miliequivalentes por 100 g de suelo o arcilla es la siguiente:

El cambio de la carga negativa neta en una arcilla de un suelo causada por la variación del pH, (curva de titulación).

Se explica donde P es la carga permanente negativa en la arcilla; A, la carga negativa adicional desarrollada a pH alto

B, La carga positiva desarrollada a pH bajo.

La ionización de los grupos hidroxilo es ligero a pH = 6, pero considerable a pH = 7.

La figura demuestra estas relaciones entre la carga negativa permanente y esa formada por ionización en el Lattice o red de la celda en el cristal de la arcilla.

El decremento de la carga negativa, abajo de pH = 6, es causada no por el actual decremento de la carga negativa misma, sino por un incremento de la carga positiva, la cual, a cierto pH se balancea la carga negativa permanente, y se crea la partícula isoeléctrica.

Esto será discutido en lo que respecta en la conexión con las reacciones anfotéricas que presentan los suelos y las arcillas.

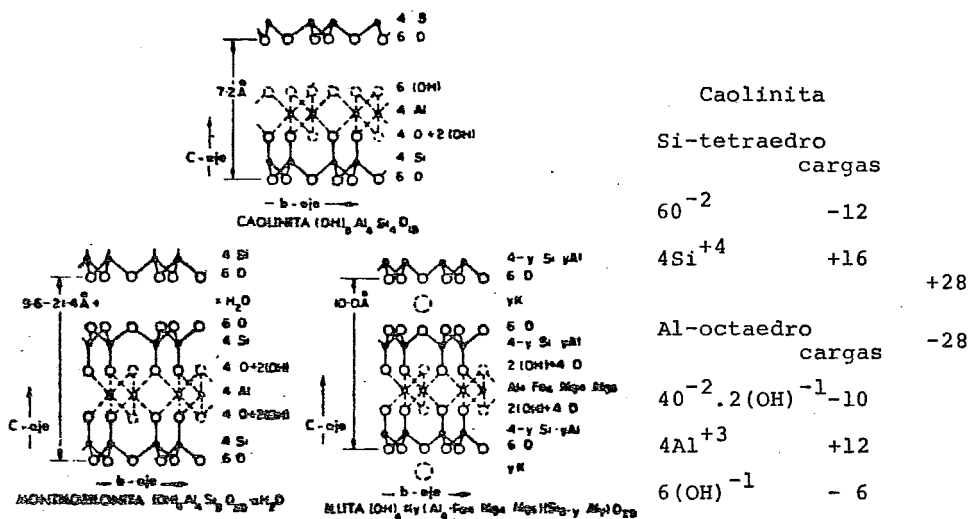


Figura N° 3 Estructura de cristal de Caolinita Montmorillonita y la Illita.

La ionización de los grupos carboxilo del humus se ionizan arriba de la parte ácida de la escala del pH, y los hidroxilos principalmente encima de pH = 6. En los coloides orgánicos los grupos funcionales básicos son de acción débil, predominando las propiedades ácidas; por eso el humus nunca llega a ser isoeléctrico, en pH neutro.

Debido a la forma irregular de las partículas de arcilla y a la desigual distribución de las cargas, la densidad de carga de superficie (siendo la densidad de carga la cantidad de iones próximos a la superficie de la partícula) varía no solamente con la clase del mineral sino también sobre la misma partícula.

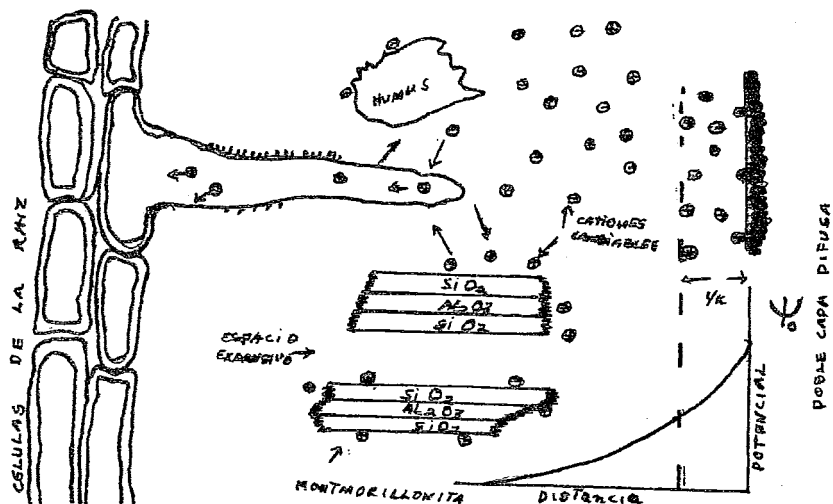


Figura N° 4 mostrando el efecto del potencial eléctrico de la doble capa difusa, de una partícula arcillosa (Montmorillonita) sobre el intercambio iónico con la raíz.

Así, la densidad de carga y el potencial son elevados sobre los lados, las orillas y en los surcos y en las cavidades más que en las superficies planas; para suelos en general, varían no solamente con la naturaleza de los coloidales del suelo, sino también con el pH y por tanto con el encalado varía el grado de ionización.

CLASE DE IONES INTERCAMBIABLES Y CAPACIDAD DE INTERCAMBIO

La carga eléctrica en las partículas del suelo se neutraliza por una cantidad equivalente de iones cargados opuestamente, contraiones o "iones gegen", el así llamado "intercambiable" manteniéndose unidos a la superficie por fuerzas eléctricas. En los suelos los cationes más comunes, intercambiables, son: Ca^{++} , Mg^{++} , H^+ , K^+ , NH_4^+ ; el Ca^{++} es generalmente el ión dominante, la abundancia relativa de los otros iones varía grandemente.

En muchos suelos ácidos el Al^{+3} , puede constituir una parte considerable de los iones contrarios; la proporción aumenta con la disminución del pH en los suelos minerales. En suelos alcalinos el contenido de Na^+ es esencialmente alto. Los aniones comunes son: SO_4^{--} , Cl^- , NO_3^- , H_2PO_4^- , HCO_3^- ; así como los aniones su función nunca es como iones intercambiables sino que están presentes en la solución del suelo. En suelos ácidos-salinos o sulfatados, el contenido de SO_4^{--} es muy alto.

La capacidad de los suelos al sorber e intercambiar cationes y aniones varía grandemente con el contenido del tipo de arcilla y materia orgánica y la composición mineralógica.

La capacidad de intercambio catiónico total (C.I.C.T.), es definida como la cantidad de especies catiónicas alrededor de $\text{pH} = 7$, que se intercambien de la superficie de los coloides hacia el medio. Esto varía ligeramente con la afinidad de sorción, la cantidad de arcilla y materia orgánica. La C.I.C.

T. de los suelos minerales puede alcanzar de acuerdo con el -- contenido de arcilla unos 50 a 60 me/100 g. de suelo, mientras que la C.I.C.T. de los suelos orgánicos puede exceder a 200 -- me/100 g. de suelo.

CLASIFICACION DEL SUELO

Para llevar a cabo la clasificación de los suelos en -- función de los datos físicos y químicos, y poderlos relacionar con los aspectos morfológicos del perfil, así como las relaciones con los datos climatológicos y de vegetación natural, se - puede llegar a una conclusión para saber de qué unidad de suelo se encuentra de acuerdo a estos datos, así como su posición dentro de la clasificación de suelos de la 7a. aproximación -- (1960-1975) y la Francesa, en ésta se toma en cuenta las fases químicas y físicas, así como su clase textural que estén contenidas en las unidades de suelo diagnosticándolos según las características principales de los horizontes que forman estos - suelos.

[Los suelos de Ando o Andosoles se clasifican según las unidades de suelo del sistema de la 7a. aproximación (1960- -- 1975) como suelos derivados de cenizas volcánicas recientes, - muy ligeros y con alta capacidad de retención de agua y nutrientes.]

Por su alta susceptibilidad a la erosión, así como por la fuerte fijación de fósforo que presentan, deben destinarse a la explotación forestal o al establecimiento de parques re-- creativos y otros.

↳ Son suelos que presentan los horizontes:

- a) Mólico; suelos con horizontes que significa que tienen una capa superficial blanda de color obscuro rica en materia orgánica y nutrientes.
- b) Húmico; suelos con horizonte A úmbrico, que significa que tiene una capa superficial blanda de color oscuro, rica en materia orgánica y pobre en nutrientes.
- c) Ocrico; suelos con horizonte A ocrico, que significa que tienen una capa superficial de color claro, pobre en materia orgánica o con ambas características.
- d) Vítrico; suelos de textura gruesa y con fragmentos de vidrio volcánico.

Considerándose las siguientes fases y clases:

↳ Clase textural gruesa: se refiere a suelos de textura arenosa de muy baja retención de agua y nutriente, con drenaje interno excesivo. Si se usan en agricultura es recomendable agregarles abonos verdes o estiércol, a fin de mejorar las propiedades físicas del suelo. En caso de presentar fases salinas y sódicas o ambas, su recuperabilidad es relativamente fácil, mediante lavados y mejoradores.

Las fases químicas son: concrecionaria dúrica, dúrica - profunda frágica gravosa, lítica, lítica profunda, pedregosa, petrocálcita, petrocálcica profunda, petrogypsica, petrogipsica profunda.

└─ La clase topográfica contiene: Plana, ondulada, y la --
montañosa con pendiente mayor de 20%. ┘

IV MATERIALES Y METODOS

Se tomaron 9 ^{las muestras} muestras de suelo a 2 km. de distancia de Jalapa en el ejido de potreros Municipio de Jalapa camino a Coatepec, Ver. que fue auxiliado por una carta de recomendación para el presidente Municipal de Coatepec, Ver., del Departamento de Edafología del Instituto de Geología de la U.N.A.M., y a su vez prestaron auxilio, el jefe del laboratorio de suelos en Jalapa y el jefe de la Residencia de Agrología dependiente de la SARH.

Tomándose muestras de un perfil formado por un corte de carretera y que fue debidamente limpiada la superficie de materiales vegetales y hojarasca para poder realizar la toma de muestras a las profundidades de 10 a 20 cm. y de 20 a 30 cm. - de 30 a 50 cm. de 50 a 60 cm. de 60 a 70 cm. de 70 a 90 cm. y de 90 a 100 cm. Raspando la pared del perfil en sentido vertical y recibiendo la muestra en una pala horizontal, luego se -

envasan en bolsas de plástico y etiquetadas con los datos correspondientes al lugar. Posteriormente fueron trasladadas a la Ciudad de México para su análisis físico y químico en el laboratorio de suelos de la Facultad de Ciencias en la U.N.A.M.

Las determinaciones de laboratorio que se llevaron a cabo para caracterizar dichas muestras fueron las siguientes:

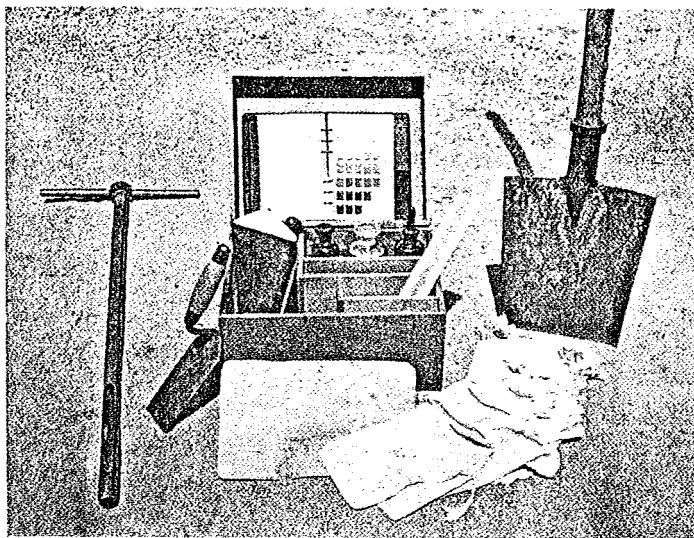
Color del suelo, Densidad real, Densidad aparente, Textura, Materia orgánica, Nitrógeno total, así como la capacidad de intercambio catiónico y aniónico, también la capacidad de campo así como el extracto de saturación fueron realizadas en el laboratorio de suelos del Centro de Investigación para el Desarrollo Agrícola y Ganadero del Estado de México.

Uno de los métodos usados para llevar a cabo la estimación del color del suelo es aquél que se realiza en seco y en húmedo, en muestras de 25 g de suelo aproximadamente, se colocan en un vidrio de reloj y se hace la comparación visual del color del suelo contra las tablas de color de Munsell, en las que se identifica de acuerdo con el resultado de la luz reflejada desde el suelo, y que depende de la combinación de tres variables de color, a saber: el tono, el valor y la croma.

Tono es el color espectral dominante.

Valor es la brillantez o cantidad total de luz.

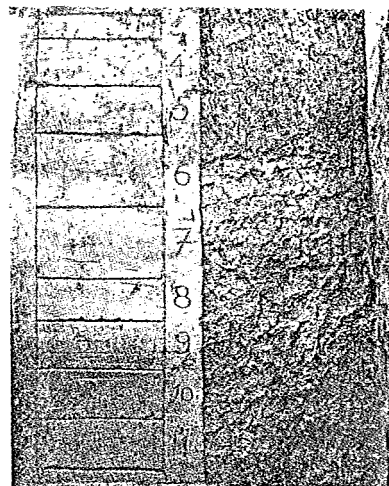
Croma es la pureza o saturación relativa del color espectral dominante.



Fotografía N° 2 Muestra estuche con los utensilios necesarios para estudiar un perfil del suelo.



Fotografía N° 4 Toma de muestras de suelo para su análisis de un perfil hecho.



Fotografía N° 3 que muestra un perfil del suelo con sus horizontes separados, de acuerdo a las formaciones del suelo para poderlo describir.

Las notaciones de color de Munsell con designaciones numéricas y literales sistemáticas de cada una de éstas tres variables. Por ejemplo, la notación: 7.5YR 7/4; constituye: - - 7.5YR como tono, 7 como valor y 4 como croma. El nombre equivalente del color del suelo de esta notación de Munsell es "roésado", en seco; y en húmedo se tiene: 7.5YR 5/4, en la que - - 7.5YR representa lo mismo que la anterior, pero tiene 5 de valor y 4 de croma, lo que corresponde a un nombre equivalente al de color café.

El color del suelo cuando esté mojado es normalmente -- más oscuro que cuando está en seco. Los colores son más vivos y difieren con mayor intensidad, de muestra a muestra, en condiciones mojadas. Un suelo rico en materiales coloidales -- es comparativamente más coloreado en condiciones secas que mojadas, y con contenido alto de materia orgánica.

(COLOR DEL SUELO:

Prof. (cm.)	color en seco
0-10	4/2, 10YR (café grisáceo oscuro)
10-20	6/4, 10YR (café amarillento brillante)
20-30	5/4, 10YR (café amarillento)
30-50	7/4, 10YR (café muy pálido)
50-60	6/6, 10YR (café amarillento cafesáceo)
60-70	6/4, 10YR (café amarillento brillante)
70-90	7/4, 7.5RY (rosado)
90-100	8/6, 10YR (amarillo)
100-120	7/4, 7.5RY (rosado)

Prof. (cm.)	Color en húmedo
0-10	2/2, 10YR (café muy oscuro)
10-20	4/4, 10YR (café amarillento oscuro)
20-30	3/2, 10YR (café grisáceo muy oscuro)
30-50	5/4, 6.5TY (café)
50-60	4/2, 7.5RY (café oscuro)
60-70	4/2, 7.5YR (café oscuro)
70-90	6/8, 7.5YR (amarillo rojizo)
90-100	4/4, 10YR (café grisáceo muy oscuro)
100-120	5/4, 7.5YR (café) ↓

REACCION DEL SUELO O pH

La reacción del suelo es la característica química más importante, que determina muchas propiedades físicas y químicas del suelo como medio para el desarrollo de las plantas y de microorganismos deseables, depende de que el suelo sea ácido, neutro o alcalino; además de la compensación de amortiguación que presente dicho suelo.

Se utilizó un potenciómetro de electrodos de vidrio para evaluar la acidez o alcalinidad en laboratorio, pero su campo se utilizó tiras de papel pH, y ácido clorhídrico al 10%, - así como una solución de fenolftaleína al 0.5% en alcohol al 75% para evaluar cualitativamente la existencia de carbonatos alcalinotérreos.

El pH cuantificado en laboratorio se localizó en una re

lación agua: suelo de (1:2.5). Otra de las medidas de pH representativa es la que se toma del extracto de saturación, que nos estima la alcalinidad soluble de un suelo.

✓ Otra de las medidas cualitativas y representativas de la acidez es la del hidrógeno intercambiable; ^{NO.} la que se realiza de la siguiente manera: En una cantidad medida de suelo, se le añade el doble en volumen de una solución al 0.01N, o sea una relación solución: agua = (1:2).

Estas medidas de acidez o basicidad se fundamentan en la medida de la concentración de los iones $H^+ + OH^-$, de las soluciones tomando como referencia el pH, que es:

$$pH = \log \frac{1}{H^+} \quad \text{ó} \quad pH = \frac{1}{OH^-}$$

Siendo que:

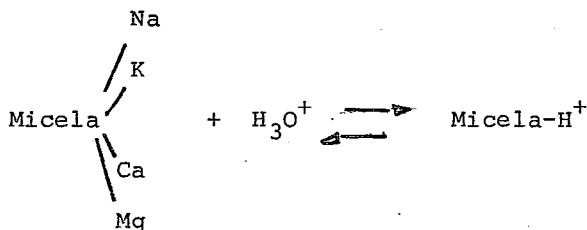
	acidez			neutro			alcalinidad					
pH	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13

Δ(pH) EN RELACION SUELO: AGUA, (1:2.5) de 9 MUESTRAS DE SUELO - PROVENIENTES DEL MUNICIPIO DE POTRERILLOS, JALAPA, VER.

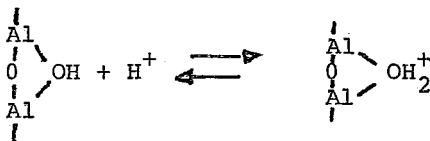
Prof. (cm.)	pH
0-10	7.0
10-20	7.0
20-30	7.0
30-50	6.9
50-60	6.9

60-70	7.0
70-90	6.9
90-100	6.9
100-120	7.0

Los datos anteriormente mencionados nos muestran un pH casi neutro, lo que nos dice que en dichos suelos presentan -- una gran amortiguación a la probable alta acidez de estos suelos lo cual proviene de la alta precipitación media anual en la zona, provocando la formación de algunas arcillas hidrogenadas:



Reacción de amortiguación:



DENSIDAD REAL O PESO ESPECIFICO.

Dentro de las medidas físicas se llevaron a cabo la de la densidad real o peso específico del suelo por el método del picnómetro, en la que se toman cuatro medidas de peso para su cálculo como son: peso del picnómetro solo, luego se pesa solo

La densidad real se calcula con la fórmula: $\rho_r = \frac{P_2 - P_1}{V(P_3 - P_4)}$ (degraves)

La densidad real se calcula con la fórmula: $\rho_r = \frac{P_2 - P_1}{V(P_3 - P_4)}$ (degraves)

con la muestra de suelo fuera de él; luego se pesa el picnómetro lleno de agua, y se pesa lleno de agua con la muestra dentro, y se calcula.

Se define como la densidad real media de las partículas del suelo, sin incluir el volumen de los poros y se expresa generalmente en gramos por centímetro cúbico.]

Para los efectos prácticos puede emplearse indistintamente la densidad real de las partículas o el peso específico. Existiendo una variabilidad de su valor en los suelos minerales y los orgánicos.

DENSIDAD REAL O PESO ESPECIFICO DE 9 MUESTRAS DE SUELO DEL MUNICIPIO DE POTRERILLO, JALAPA, VER.

Prof. (cm.)	Densidad real (gm/cm ³)
0-10	1.9878
10-20	2.0516
20-30	2.0368
30-50	2.1640
50-60	1.9779
60-70	2.1989
70-90	2.2281
90-100	2.1489
100-120	2.2791

Estos valores a peso del suelo pueden considerarse ba--

jos, ya que las cifras para la mayor parte de los suelos co--- rrientes varían entre los estrechos límites de 2.60 y 2.75. -- Cuando hay materia orgánica bajan estos valores, así como también por la hidratación de las arcillas aluminosilicatadas.

⌈ DENSIDAD APARENTE ⌋

✓ ⌈ La densidad de volumen o densidad aparente es un segundo método de expresar el peso de un suelo y se define como la masa (o peso) de una unidad de volumen de suelo seco. ⌋

⌈ Esta medida estimativa de la densidad total de un suelo, donde se incluyen las partículas sólidas y los poros presentes en él variará con la profundidad de los horizontes y la compacidad por los horizontes superiores, y que también normalmente ^(incluso) varían con su contenido de materia orgánica presente. ⌋

⌈ Su valor se estima mediante dos métodos, que son; el de la parafina y el de la probeta. Uno se utiliza para estimar su compacidad o compactibilidad, y el otro, se utiliza cuando tenemos un contenido de materia orgánica alto; ya que por el método de la parafina no se podría estimar su valor debido a que flotaría el terrón en la pesada de la muestra recubierta de parafina, y el principio de Arquímedes no podría ser aplicado. ⌋

En el método de la probeta se usa una de 10 ml. de capacidad, en el cuál se pesa la probeta y luego se llena con suelo seco al aire hasta el envase o nivel de los 10 ml. compactándolo mediante una presión ligera hasta obtener (mediante 20

o 30 golpes sobre una superficie firme) una compactación natural o igual a la estructura del campo, se pesa y se procede al cálculo.

⌋ DENSIDAD APARENTE DE 9 MUESTRAS DE SUELO PROVENIENTES DE UN --
PERFIL UBICADO EN POTRERILLOS MUNICIPIO DE JALAPA, VER.

Prof. (cm.)	Densidad aparente	(gm/cm ³)
0-10	0.671	"
10-20	0.699	"
20-30	0.467	"
30-50	0.730	"
50-60	0.541	"
60-70	0.960	"
70-90	0.871	"
90-100	0.901	"
100-120	0.937	" ⌋

⌋ Estos valores nos indican que son bajos y son característicos de suelos formados por la erosión eólica de materiales piroclásticos o cenizas volcánicas y lapili. ⌋ Ya que a pesar de tener un porcentaje alto de arena, son bajos. Estos materiales provienen de rocas eruptivas o ígneas que corresponden al grupo de las efusivas o vítreas y que su clasificación de acuerdo a la composición química corresponde a las ácidas por sus tonos claros y con contenido de feldespato alcalino. ⌋

⌋ La medida de la densidad aparente es una de las más úti

les para estimar el peso del suelo de la capa arable para el diagnóstico de necesidad de cal y fertilizantes así como de el cálculo del agua que debe agregarse a un suelo, y la porosidad.)

CAPACIDAD DE CAMPO O HUMEDAD EQUIVALENTE

✓ Una de las clasificaciones de la humedad del suelo es dividida en higroscópica, capilar y de gravitación; actualmente se les clasifica basándose en las fuerzas de retención del agua. De esta manera, el agua se relaciona más directamente con la fuerza que ejercen las raíces de la planta al absorber agua.

El total de las fuerzas que ha de vencer la planta para extraer agua del suelo se llama esfuerzo de humedad del suelo. Este esfuerzo representa en su mayor parte las fuerzas combinadas de tensión de humedad del suelo, y de la tensión osmótica debida a las sales disueltas.)

✓ Cuando las plantas se marchitan en forma permanente por falta de agua, significa que la succión de las raíces no es suficiente para evitar el marchitamiento. Esta agua está retenida en el suelo por una tensión de 15 atmósferas de fuerza.)

✓ La capacidad de campo es la cantidad de agua retenida en el suelo una vez drenado el exceso, y en el que la velocidad de movimiento descendente del agua ha desaparecido prácticamente; esta tensión de retención de humedad corresponde a un valor de 1/3 de atmósfera y que está contenida en el espacio -

formado por los microporos o poros de tamaño capilar.]

Entre el porcentaje de marchitamiento (15 atmósferas) y la capacidad de campo (1/3 de atmósfera), se encuentra el agua obtenible siendo éste el límite de humedad que preocupa fundamentalmente al agricultor si se tiene un conocimiento exacto de la evapotranspiración de los cultivos implementados.

La cantidad de agua retenida en la capacidad de campo es más o menos igual a la humedad equivalente, y ésta se refiere a el agua retenida, por lo regular después de una lluvia o riesgo en suelos permeables, de textura y estructura uniformes, una vez drenado el exceso durante dos o tres días.

En el laboratorio el procedimiento más común para determinar la capacidad de campo es averiguar el equivalente de humedad.

Para ello, se centrifuga una muestra de suelo que se ha puesto en contacto con agua colocando una cantidad de suelo en un cono de papel filtro y ensamblado en una canastilla de alambre durante 5 horas, y se centrifuga a una velocidad equivalente a 1000 veces la gravedad durante media hora. La cantidad de agua que quede en esta muestra, después de la centrifugación tiene un valor muy semejante; en tanto por ciento de agua, a la capacidad de campo.

Por lo que se refiere al "porcentaje de marchitez permanente" se usará la fórmula empírica siguiente:

$$\text{PMP} = \frac{\text{C. C.}}{1.84} \quad (\text{Briggs y Shantz}) \text{ también expresado en } \% \text{ por peso.}$$

El dato de agua aprovechable se obtendrá por diferencia de:

$$\text{C.C.} = \text{PMP} = \text{agua aprovechable (en \% por pesos).}$$

CONTENIDO DE HUMEDAD DE LA CAPACIDAD DE CAMPO; PORCIENTO DE --
MARCHITEZ Y AGUA APROVECHABLE, DE LOS 9 SUELOS DEL EJIDO DE --
POTRERILLOS MUNICIPIO DE JALAPA, VER.

Prof. (cm.)	% C.C.	PMP	A.A.	% Humedad de campo
0-10	50.98	27.70	23.28	12.94
10-20	49.60	26.95	22.65	15.87
20-30	48.71	26.47	22.24	40.93
30-50	38.88	21.13	17.75	18.89
50-60	42.16	22.91	19.25	36.44
60-70	40.29	21.89	18.40	12.75
70-90	40.47	21.99	18.48	14.68
90-100	45.88	24.93	20.95	12.16
100-120	44.82	24.36	20.46	10.34

En la última columna se presentan los valores del contenido de humedad del campo la cual se puede relacionar con la capacidad de campo, denotando una diferencia por falta de humedad. Además estos valores son altos para la clase textural a la que corresponden; y es debido a su propiedad hidrofílica de sus partículas minerales así como a su contenido de materia orgánica coloidal, según el artículo de Calhoun, F.G., Carlisle, V. W., Luna, C. L. Properties and Genesis or Selected Co--

lombian Andosols., Soil Sci. Amer. Proc., vol. 36, 1972.

TEXTURA DEL SUELO

La textura del suelo está relacionada con el tamaño relativo de las partículas minerales del mismo. Específicamente - se refiere a la proporción relativa de los grupos de partículas de arena, limo y arcilla; refiriéndose al grado de finura o al grosor, de un suelo dado.

CLASIFICACION DE LAS PARTICULAS O SEPARADOS DEL SUELO SEGUN DOS SISTEMAS (E.E.U.U. y la INTERNACIONAL).

Fracción del suelo	Sistema del Depto. de Agricultura de E.E.U.U.		Sistema Internacional	
	diámetro en mm.		Diámetro en mm.	
Arena muy gruesa	2.00	- 1.00		
Arena gruesa	1.00	- 0.50	2.00	- 0.20
Arena media	0.50	- 0.25		
Arena fina	0.25	- 0.10	0.20	- 0.02
Arena muy fina	0.10	- 0.05		
Limo	0.05	- 0.002	0.02	- 0.002
Arcilla	Menos de 0.002		Menos de 0.002	

El proceso de determinar la cantidad de divisiones individuales del suelo es mediante un análisis mecánico del suelo proporcionando los porcentajes de grupos de tamaños diferentes de las partículas. Se estima cuantificando su estado granulométrico mediante medios físicos y químicos, ya que la cuantifi

cación de las proporciones dadas en por ciento de los tamaños - de granos o cristales se puede hacer por separado (método de la pipeta o por cribado, con tamices de diferentes tamaños de malla), o utilizando las propiedades coloidales que presenta una suspensión formada por agua y suelo, que pueden ser medidos usando un Hidrómetro; que en este caso es el de Bouyoucos. Para estimar las propiedades de la suspensión de precipitación o de sedimentación, así como la densidad presentada por la misma; valorándose mediante una escala marcada en grados de gramos por litro, colocada en el vástago que está encima del bulbo del Hidrómetro.

El método de Bouyoucos es el más usado en los laboratorios de servicio de análisis de suelo; y que es el siguiente:

Se pesan 60 gramos de suelo aproximadamente y se trata con agua oxigenada al 20%, con el fin de eliminar la materia orgánica cementante; con 30 ml. de dicha solución y con un calentamiento suave para acelerar la reacción de oxidación sobre una plancha eléctrica, y proporcionándole una agitación, con agitador de vidrio, para evitar la formación de espuma; lo que también puede ser eliminado por la adición de 5 gotas de alcohol amílico y añadiéndosele 10 ml. de HCl al 10%, que sirve para eliminar los carbonatos alcalino-térreos. Substancias por las cuales se alcanzan a formar grumos, provocando la precipitación presentando una coagulación de la suspensión.

Después de la eliminación de la materia orgánica y llevada a sequedad, se toman 50 gramos de suelo seco y se colocan

en una copa metálica de un agitador para texturas y se le añaden 20 ml. de la solución de hexametáfosfato de sodio al 4%, - amortiguada con carbonato de sodio, añadiéndose 50 ml. de agua destilada. Posteriormente se agita dentro de una probeta de - 1000 ml. de capacidad, bajando todo el suelo ayudado de una pizeta y aforando con agua destilada a la marca de 1000 ml; una- vez dentro de la probeta se tapa en su extremo abierto, agitándose horizontalmente. Se coloca sobre una superficie firme con mucho cuidado de no golpear (con el fin de evitar una sedimentación prematura). Luego se inicia el conteo del tiempo, ayu- dado de un cronómetro marcando 40 segundos a partir del reposo de la probeta. Se introduce el hidrómetro dentro de la suspensión y se toma la lectura de la escala (restándose o sumándose 0.11 del valor de la escala por cada grado de temperatura encima o abajo de 20°C, en ambas lecturas), después de transcurri- dos 120 minutos (2Hr.), se toma la segunda lectura de la esca- la.

La lectura de los 40 segundos = Porcentaje de limos +
arcillas.

La lectura de los 120 minutos = Porcentaje de arcillas
100 - Porcentaje de limos + Porcentaje de arcillas =
Arena (%)

Lo que indica tal procedimiento es que, se está evaluando la densidad de una suspensión de partículas finas y gruesas, para estimar un límite de velocidad de sedimentación, que está fundamentada en la Ley de Stokes, que nos dice:

"La velocidad de sedimentación está condicionada a varios factores, como son: la fuerza de gravedad, los movimientos Brownianos debidos a efectos térmicos y la densidad del medio dispersante, que en este caso es el agua.

La textura es una medida del estado físico del mismo, que nos dice su relación con otras propiedades, como la porosidad del terreno, donde nos relaciona: Qué suelos con porcentaje alto de arcilla tendrá baja porosidad y debido a su estructura una pobre aereación; también nos relaciona la condición de labranza para el manejo de suelos pesados o ligeros, que, como los suelos en estudio son pesados.

✓ Otra de las propiedades que relaciona la textura es la consistencia del suelo o su estabilidad estructural, así se previene el manejo adecuado de un buen laboreo.

La relación de la textura con la materia orgánica existe desde el punto de vista de su influencia en el contenido del humus y del nitrógeno presentes. Un suelo arenoso, por ejemplo, lleva por lo general menos materia orgánica y nitrógeno que otro de textura fina, lo mismo ocurre con la capacidad de intercambio iónico, ya que el humus proporciona un almacén para los cationes; potasio, calcio y magnesio intercambiables y disponibles. También impide la lixiviación de los fertilizantes amoniacales porque el humus retiene el amonio en forma intercambiable y obtenible.

En el caso de arenas y margas arenosas, son pobres en -

arcillas coloidales y casi siempre deficientes en contenido de humedad. Los suelos pesados en contraste marcado siempre llevan arcilla y por lo general, también más materia orgánica.

De aquí que sus capacidades de adsorción catiónica sean mayores por lo general. El porqué se puede esperar que éstas variaciones de la Capacidad de Cambio, se produzcan entre los suelos de diferente textura, acaso sea que las diferencias entre grupos texturales a veces es inquietante.

TEXTURAS DE LOS DIFERENTES SUELOS PROVENIENTES DEL MUNICIPIO - DE POTRILLOS, JALAPA, VER.

Prof. (cm.)	(%) Arcilla	(%) Limo	(%) Arena	Clasificación textural
0-10	4	32	64	Franco arenosa
10-20	6	36	58	Franco arenosa
20-30	4	24	72	Franco arenosa
30-50	4	22	74	Arena francosa
50-60	5	37	58	Franco arenosa
60-70	4	22	74	Arena francosa
70-90	32	18	50	Franco arcillo arenosa
90-100	48	23	29	Arcilla
100-120	32	22	46	Franco arcillo arenosa

La clasificación textural de los suelos provenientes -- del perfil ubicado en el Municipio de Potrillos, Jalapa, Ver.- Se elaboró mediante la guía para la clasificación Textural mediante el sistema de Estados Unidos para la designación de texturas.

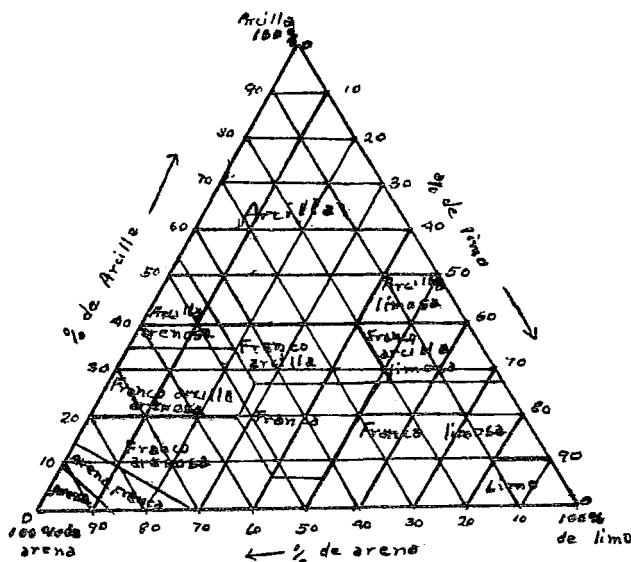


Figura N° 5 Triángulo de texturas mostrando los límites de -- arena, limo y arcilla contenidos en las diferentes clases de textura.

MATERIA ORGANICA

La materia orgánica proporciona una mejoría en la estructura de algunos suelos que contengan mucho sodio intercambiable, motivo por el cual las propiedades físicas del suelo son afectadas proporcionando una baja infiltración de humedad y poca aereación, propiedades que son mejoradas por la adición de ésta, aumentando la granulación y proporcionándole elementos nutritivos al suelo. Una estimación de la materia orgánica nos ayuda a evaluar no sólo la condición del contenido de ésta en el suelo, sino que su valor sirve para estimar la relación Carbono-Nitrógeno calculando su valor a partir de la cuantifica--

ción del nitrógeno de la materia orgánica y de la cuantificación del nitrógeno total del suelo, relacionando el valor del carbón orgánico derivado del valor obtenido de la cuantificación de la materia orgánica, y así poder apreciar la riqueza del suelo, en cuanto al contenido de los diferentes tipos de materia orgánica; como podría ser el caso del aserrín que se añade a algunos suelos para mejorar la condición ácida de los mismos, y que tiene una relación carbono: nitrógeno muy elevada. Lo que nos indica que va a existir una mineralización muy tardada, debido al poco nitrógeno existente. El nitrógeno de la materia orgánica es un elemento que necesitan los microorganismos y que por lo tanto a falta de él, se establece una competencia por el nitrógeno del suelo con las plantas superiores; lo que nos dice que las plantas van a tener una oportunidad reducida para asimilar el nitrógeno de sus estructuras.

Otra de las propiedades de la materia orgánica es la de tener un elevado intercambio iónico y sobre todo en la parte coloidal, o sea al humus; actuando de una manera similar a la arcilla coloidal, pero con una capacidad de intercambio catiónico varias veces mayor (para arcillas síliceas aprox.: 9 a 100 miliequivalentes/100 gramos, y para el humus aprox.: de 150 a 300 me/100 g de suelo). El humus es el estado último de descomposición de la materia orgánica más estable, en donde se encuentra un elevado contenido de ligninas, algunos azúcares y fragmentos proteínicos.

El humus es la fracción de la materia orgánica que re--

tiene mucho la humedad, debido a la fuerte adsorción que posee, y a la gran superficie específica que presenta.

DETERMINACION DE MATERIA ORGANICA EN SUELO

Principio:

Esta determinación por vía húmeda se basa en la oxidación de la materia orgánica, que es reductora, mediante el ácido dicrómico formado con ácido sulfúrico y dicromato de potasio, una vez oxidada la materia orgánica se valora el exceso de ácido dicrómico añadido por retroceso, con una solución de una sal ferrosa.

Materiales:

- 1) Matraces erlenmeyer de 250 ml.
- 2) Bureta de 50 ml.
- 3) Agitador magnético con barra magnética.
- 4) Matraz aforado de 1000 ml.

Reactivos:

- 1) Dicromato de Potasio 1N
- 2) Acido sulfúrico concentrado (98%)
- 3) Sulfato ferroso 0.5 N
- 4) Acido fosfórico al 85%
- 5) Difenilamina
- 6) Fluoruro de sodio (cristales)

Procedimiento:

Se pesan 0.5 gramos de suelo tamizado con malla N° 0.2-mm. de Ø, se colocan en matraz erlenmeyer de 250 ml. de capaci

dad. Añadir 5 ml. de dicromato de potasio 1N, y rápidamente -
10 ml. de ácido sulfúrico concentrado, con cuidado; se agita -
vigorosamente durante 5 minutos y se deja reposar durante 30 -
minutos, hasta que se enfríe.

Se le añaden 100 ml. de agua, 5 ml. de ácido fosfórico -
y 0.5 ó 0.7 gr. de fluoruro de sodio (el cual permite ver con -
mayor claridad el vire del color del indicador), y por último -
10 gotas del indicador difenilamina, con vire de color del -
azul al verde brillante.

Cálculos:

$$\% \text{ Materia Orgánica} = \frac{(V_{\text{ox}} \times N_{\text{ox}} - V_{\text{red}} \times N_{\text{red}}) \times 0.003 \times 1.33 \times 1.724 \times 100}{\text{peso de la muestra}}$$

$$\text{Vol} \times \text{Nor} = \text{meq.}; \quad 0.003 \times 1.33 \times 1.724 \times 100 = 0.69$$

$$\% \text{ de Materia Orgánica} = \frac{(\text{meq}_{\text{ox}} - \text{meq}_{\text{red}}) \times 0.69}{\text{peso de la muestra}}$$

$$\% \text{ Carbón Orgánico} = \frac{(V_{\text{ox}} \times N_{\text{ox}} - V_{\text{red}} \times N_{\text{red}}) \times 0.003 \times 1.33 \times 100}{\text{Peso de la muestra}}$$

Observaciones:

El valor del contenido de materia orgánica en el suelo -
generalmente se obtiene multiplicando el contenido del carbón -
orgánico por 1.724.

El método más exacto para determinar el carbón orgánico -
es el de la combustión seca, pero es un método muy largo y no -
debe aplicarse a suelos que contengan carbonatos, cloruros y -

otros componentes. El método de combustión húmeda si es aplicable a suelos que contengan carbonatos y cloruros, pero debe hacerse una corrección para compensar el error que resulte de la oxidación incompleta de la materia orgánica. El factor de conversión 0.336 se obtuvo dividiendo que es el peso del miliequivalente del carbón entre 89 y multiplicándolo por 100 para convertir a por ciento.

VALORES DE MATERIA ORGANICA DETERMINADOS POR EL METODO DE WALLEY Y BLACK DE 9 SUELOS PROVENIENTES DEL PERFIL UBICADO EN POTRERILLOS, JALAPA, VER.

Prof. (cm.)	(%) Materia Orgánica	(%) Carbón Orgánico
0-10	10.73	1.24
10-20	4.65	0.53
20-30	6.83	0.79
30-50	0.51	0.05
50-60	2.62	0.30
60-70	1.31	0.15
70-90	0.48	0.05
90-100	0.24	0.02
100-120	0.24	0.02

Estos valores no demuestran que tienen un contenido alto de materia orgánica en los niveles 0-10 cm. 10-20 cm. y 20-30 cm. y en el nivel 50-60 vuelve a aumentar ligeramente debido a una acumulación de materia orgánica coloidal o humus ya que si el tono del color del suelo se oscurece en seco y en húmedo y

su capacidad de intercambio catiónico total aumenta bastante - (la más alta de los suelos).

NITROGENO

El nitrógeno intercambiable o asimilable tiene las formas iónicas: NH_4^+ , NO_3^- , NO_2^- . La forma iónica NO_2^- , cuando se acumula produce efectos tóxicos en las plantas.

El ión amonio es uno de los cationes intercambiables de mayor jerarquía en el intercambio catiónico ya que promueve el desplazamiento de las bases (Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , Na^+) con motivo de la asimilación por las raíces de las plantas y además por algunos microorganismos del suelo.

El catión amonio proviene del proceso de mineralización de la materia orgánica mediante la disgregación de la misma, por los microorganismos heterótrofos y la mineralización por los productos de desecho de los microorganismos autótrofos. Dentro del proceso de la mineralización promovido por estos microorganismos se puede mencionar: La Amonificación; que es el proceso de hidrólisis enzimática de las proteínas vegetales y algunos ácidos nucleicos para producir el amoníaco que es captado en forma de sales amónicas.

Otra de las fuentes de obtención del catión amonio por adsorción del complejo húmico-arcilloso es la agregación de fertilizantes comerciales.

Una de las formas en que afecta la textura del suelo al

contenido de nitrógeno es la nitrificación del suelo, que tie-
ne lugar principalmente en la superficie coloidal del suelo, --
 donde el NH_4^+ , es adsorbido y donde se adhieren las bacterias.-
 La nitrificación es favorecida en suelos francos y franco ar--
 cillosos y es más lenta en suelos arenosos. El proceso de ni-
 trificación es promovido por bacterias autotróficas aerobias,-
 por lo que requieren un buen suministro de oxígeno para la pro-
 ducción de nitratos solubles que están débilmente unidos a la
 arcilla coloidal (como anión).

Una relación C/N elevada, unida a un pH bajo o fosfatos
 insuficientes o conductividad eléctrica baja, son signos la ma-
yor parte de las veces de poca habilidad para producir nitra-
tos.

A medida que va disminuyendo la relación C/N, disminuye
 la cantidad de energía y se reduce la cantidad de microorganismos del suelo.

La relación C/N es más elevada en condiciones ácidas --
 que neutras. De ahí que las turberas de terrenos bajos y "Cher-
 nozems" formados en presencia de una buena reserva de calcio o
 demás minerales tienen más nitrógeno, y por lo tanto, una rela-
 ción C/N más baja que las turberas de los terrenos altos, y --
 "Podzoles", que se han formado así como los de "Ando" formándose
 se bajo condiciones ácidas.

VALORES DEL CONTENIDO DE NITROGENO TOTAL EN LOS NUEVE SUELOS -
 PROCEDENTES DEL MUNICIPIO DE JALAPA, VER. Y LA RELACION C/N.

Prof. (cm.)	Nitrógeno (% en peso)	Carbón Orgánico (%)	Relación C/N
0-10	0.473	1.24	2.62
10-20	0.145	0.53	3.65
20-30	0.308	0.79	2.56
30-50	0.050	0.05	1.00
50-60	0.142	0.30	2.11
60-70	0.078	0.15	1.92
70-90	0.028	0.05	1.78
90-100	0.022	0.02	1.00
100-120	0.022	0.02	1.00

DETERMINACION COLORIMETRICA DEL NITROGENO AMONIAL INTERCAMBIA
 BLE DE LOS NUEVE SUELOS PROCEDENTES DE POTRERILLOS, MUNICIPIO
 DE JALAPA, VER.

Prof. (cm.)	Nitrógeno Amoniacal (me/100g)
0-10	1.142
10-20	0.314
20-30	0.382
30-50	0.318
50-60	0.318
60-70	0.382
70-90	0.446
90-100	0.350
100-120	0.472

En los datos anteriores se puede observar que tienen un contenido elevado en las muestras: 0-10, 10-20, 20-30 y 50-60- de nitrógeno total.

La relación C/N nos demuestra que tenemos valores de menores de 20, lo que nos indica una liberación de nitrógeno mineral en forma de amonio; que afecta a la saturación de la base, ya que el amonio como catión desplaza a los demás debido a su más baja electropositividad y además va a estar en función del potencial zeta del tipo de partícula o sea que la densidad de carga superficial de las partículas van a permitir la adsorción de cationes más electropositivos.

Por esta circunstancia se podría encontrar bajos porcentajes de cationes básicos, ya que el amonio actúa como los cationes alcalinos de la tabla periódica de los elementos químicos.

Otra de las observaciones pertinentes a este fenómeno, es la de que no existieron nitratos intercambiables. Detectados por la extracción y cuantificación colorimétrica de los -- mismos, lo que nos indica que el proceso de nitrificación está muy disminuído por los efectos climatéricos (debido a la elevada precipitación media anual del Municipio de Jalapa = 1514.8-mm), ya que los nitratos son bastante solubles y no son retenidos a la superficie coloidal del suelo. Otro de los aspectos de inhibición del proceso, es la temperatura baja (Temperatura media anual del Municipio de Jalapa = 17.9°C), estos dos datos

climatológicos fueron proporcionados por EL DEPARTAMENTO DE ESTUDIOS DEL TERRITORIO NACIONAL.

ALOFANO

Una de las pruebas cualitativas que representan la existencia de materiales minerales amorfos en los coloides arcillosos de los suelos procedentes de cenizas volcánicas y en presencia de condiciones climatológicas húmedas y bajas temperaturas es la realizada por Fieldes y Perrott en 1966 (Fieldes, M. and K. W. Perrott. The Nature of allophane soils, part. 3 Rapid Field an Laboratory Test for Allphane. N.Z.J. Sci. 9: 623-629).

La determinación cualitativa o semicuantitativa del pH de estos suelos es una indicación del contenido de alófono que dominan el complejo de intercambio de estos suelos.

Esta prueba de intercambio en medir el pH de 1 gramo de suelo en 50 ml. de una solución 1 N de fluoruro de sodio, después de un reposo de 2 minutos.

Si el pH está arriba de 9.4, se puede suponer que los coloides del suelo parecidos al alófono. El nombre de alófono se les da a los minerales constituidos por sílicio, aluminio y agua.

VALORES DE pH OBTENIDOS CON LA PRUEBA DE FIELDS Y PERROTT PARA ALOFANO DE LOS 9 NUCLEOS TOMADOS DEL PERFIL UBICADO EN POTRERILLOS, JALAPA, VER.

Prof. (cm.)	NaF (pH)	Simbología
0-10	9.3	++++
10-20	9.5	++++
20-30	10.0	++++
30-50	8.5	+++
50-60	10.0	++++
60-70	8.5	+++
70-90	8.0	++
90-100	7.5	+
100-120	8.0	++

INTERCAMBIO IONICO

La historia del intercambio iónico data desde tiempos muy antiguos; desde que se inició el estudio de las propiedades físico-químicas de los coloides, en donde se trataron las propiedades eléctricas de los mismos.

Dentro de las propiedades eléctricas de los coloides se puede incluir los mecanismos electrocinéticos de intercambio iónico y que nos conducen a la observación de la formación de una doble capa de iones formada por las partículas coloidales y en su superficie una atmósfera de iones cargados (fijos) que le propician su carga permanente y otra capa de iones móviles (doble capa difusa) creándose una diferencia de potencial en-

tre ambas capas (potencial zeta) que es el responsable de las propiedades electrocinéticas coloidales.]

[Estas propiedades coloidales explican una buena parte del mecanismo de intercambio iónico, ya que se presentan las físicas en donde por histéresis son retenidos algunos iones en los intersticios de el latice de las partículas minerales de intercambio:]

[Otro de los mecanismos de intercambio iónico se manifiesta por cambio químico catiónico y aniónico reversible, en la superficie de los coloides orgánicos e inorgánicos.]

[El tipo y el tamaño de las arcillas coloidales minerales presentes en el suelo tienen una significación y naturaleza práctica.]

Su ^{l. a} constitución general de las arcillas, en la que ^{c.} influye su forma, el área superficial, la carga electronegativa y los cationes adsorbidos, mientras que la organización mineralógica de varios tipos de arcillas incluyen: el grupo de la caolinita, el grupo de la montmorilonita, el grupo de las micas hidratantes y otros grupos.]

Si observamos la génesis de las arcillas veremos que sufren una alteración así como una recristalización y grados relativos de meteorización para así originar arcillas de diferentes relaciones sílice-aluminio o sílice sesquióxidos.

[El origen de la carga negativa de las arcillas por lo -

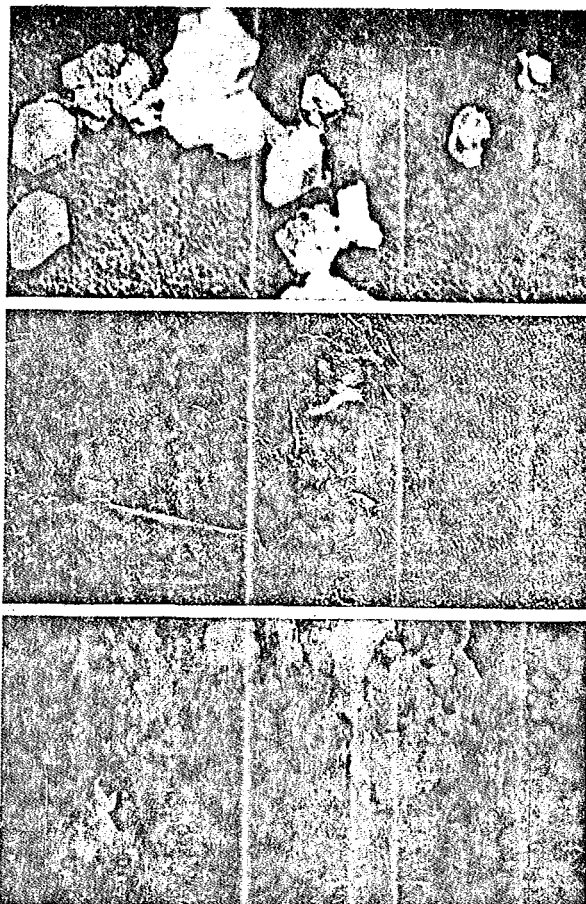


Figura N° 6 Cristales de caolinita (arriba), montmorillonita (centro), y una mica hidratada (ilita), tal como se ven por el microscopio electrónico. Obsérvese su naturaleza cristalina y aspecto micáceo. Los cristales de caolinita son exagonales, - mientras que los otros son copos irregulares. Los aumentos -- son de 38000 para la caolinita y montmorillonita, y de 45000 - para la ilita.

regular se debe a los bordes de los cristales expuestos y a la sustitución iónica o isomórfica como se ha venido mencionando, que para conocerlas se requiere el estudio de la composición química de las arcillas para poder encuadrar sus propiedades, así como las arcillas con óxidos hidratados de fierro y aluminio; sin olvidarnos de ^{de sus} la organización coloidal de los coloides orgánicos del suelo como es el humus incluyéndose algunas sales ácidas, por lo que los iones de calcio e hidrógeno son tan importantes para su estudio de cambio catiónico bajo condiciones naturales, produciendo una pérdida de elementos metálicos y su influencia de la cal y los fertilizantes.

Se menciona un aumento en la capacidad de cambio de las arcillas de organización molecular de red cristalina 2:1.

El grupo de la montmorilonita está formada por unidades de dos puentes de sílice y uno de alúmina, y unidos fuertemente en su interior por átomos de oxígeno. La red cristalina es pues del tipo 2 por 1.

Las unidades cristalinas estructurales están tan débilmente soldadas por los puentes de oxígeno-oxígeno que se dilatan muy fácilmente.

El grupo de las micas hidratadas está formada por una red del tipo 2:1, en la que se parece a la montmorilonita pero donde un 15% de silicio es en los puentes silícicos es reemplazado por el aluminio, donde las valencias que quedan libre por esta sustitución se satisfacen casi todas por el ión potasio.

El grupo de la caolinita y la haloisita son constituyentes comunes de suelos de climas húmedos y bien lixiviados, donde el contenido de humus es bajo y la capacidad de intercambio total es también baja. Tiene en su unidad estructural dos planos atómicos uno de sílice y otro de alúmina.

Dentro de los grupos de arcillas, como la clorita y la vermiculita tienen puentes de silicio y de brucita conteniendo cada cristal 2 de cada uno de ellos. A pesar de que se conozcan algunos de las propiedades específicas de estos minerales, se sabe que tienen facultad de intercambio de cationes en alguna proporción.

El alófono es uno de los constituyentes no-cristalinos del material inorgánico mineral de los suelos que pertenecen al grupo de los silicatos, que presentan dificultades para su identificación por los métodos mineralógicos de laboratorio -- tradicionales (rayos X, microscopía petrográfica y electrónica, etc.) debido a su condición estructural amorfa, pero según Grim (Mineralogía de las arcillas, 1953, McGraw-Hill, Nueva York), es que los alófonos son arreglos al azar del silicio en coordinación tetraédrica y iones de aluminio en coordinación octaédrica, que presentan un alto intercambio iónico y propiedades superficiales semejantes a la haloisita y la caolinita pero diferentes a la sílica gel y por otro lado a las micas y montmorilonita.

El alófono presenta curvas de deshidratación diferentes de las arcillas cristalinas pero semejantes a la de la sílice-

coloidal y es un constituyente importante de ciertos suelos -- procedentes de cenizas volcánicas.

METODO DE EVALUACION:

Principio:

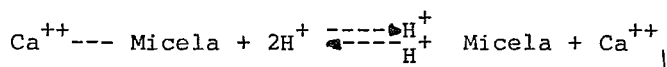
En los métodos usados corrientemente, los nutrientes adsorbidos originalmente, son reemplazados por Ba^{++} ó NH_4^+ y entonces la cantidad de Ba^{++} ó NH_4^+ adsorbido, o inclusive, el -- ocluído puede determinarse.

Esta ^{1a} capacidad de intercambio catiónico se expresa en -- términos de Equivalentes, o más exactamente como miliequivalentes por 100 gramos de suelo o de arcilla. La unidad empleada en relación con la capacidad de cambio y las reacciones es el miliequivalente. Este término de expresión significa que en -- una reacción química la cantidad en gramos del peso molecular de una especie iónica, que es reemplazada por un átomo-gramo -- de hidrógeno, en 100 gramos de suelo o arcilla.

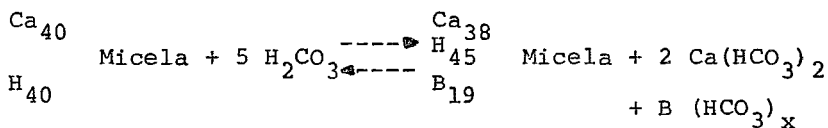
Consideremos para empezar un suelo de Ando superficial-mineral en una región húmeda, más bien alta en calcio adsorbido y actuando en condiciones óptimas tanto de humedad como de temperatura donde las descomposiciones o desdoblamientos de la materia orgánica forman considerables cantidades de ácido carbónico y otros ácidos.

Los iones H^+ así tenderán a reemplazar al calcio intercambiable de los complejos coloidales; esto ocurre no solo a -- causa de la acción de la masa sino también porque el H^+ (ióni-

co), es adsorbido más fuertemente que el calcio:



Con estos principios planteados suponemos que escribiremos la reacción más completamente, y según sucede realmente en los -- suelos superficiales de las regiones húmedas, diremos siguiendo en forma simplificada, que el número de Ca^{++} , H^+ y otros cationes metálicos (B), están en relación de 40, 40, 20 por micela respectivamente. Los cationes metálicos (B) se consideran monovalentes en este caso;



En la que los bicarbonatos formados tienden a perderse por drenaje.)

De esta manera si una arcilla tiene una capacidad de intercambio catiónico de 1 miliequivalente (1 me/100 g) es capaz de adsorber y combinarse con cada 100 g de suelo seco.)

Como podría suponerse, esta capacidad de la fracción coloidal de los suelos presenta una variedad de valores, pues el humus y varios minerales pueden estar presentes en cantidades variables las capacidades de cambio del humus, montmorilonita, micas hidratadas, caolinita y óxidos hídricos, son más o menos del orden: 200, 100, 30, 8 y 4 miliequivalentes /100 g., respectivamente. Para evaluar dicho intercambio en tales minera-

les, se procede a saturar las micelas de las partículas coloidales mineral-arcillosas con el catión amonio, aprovechando la propiedad de este catión de tener una electronegatividad muy baja (más que la de todos los cationes nutrientes), y siguiendo la ley de acción de masa, para las reacciones de intercambio, y además aumentando la fuerza iónica de este catión por concentración, se puede establecer una cuantificación definida de los lugares de intercambio.

Se obtiene así

Para así poder obtener ^{a la} una solución extractiva con los cationes desplazados; que en este caso es la del acetato de amonio a pH 7, y que mediante una agitación de muestras preparadas en las que se pesan 10 gramos de suelo o arcilla y se les añade 60 mililitros de dicha solución en un recipiente, y agitándose durante 45 minutos; se les extrae la solución ayudado de vacío y a través de un embudo buckner revestido de papel filtro. Una vez vertida la suspensión sobre el embudo buckner y ya que se le haya añadido el total a 100 ml. de solución, se retira el extracto para cuantificarle los cationes extraídos.

Al suelo que queda retenido en el papel filtro del embudo, se le lava con alcohol etílico, en porciones, hasta obtener una lectura negativa a la prueba del nitrógeno amoniacal, mediante el uso del reactivo de Nessler.

El nitrógeno amoniacal sorbido por los sitios de intercambio se extrae mediante 5 lavados con K_2SO_4 1N de alícuotas de 20 ml. y ayudados de succión. Una vez que se hayan extraído se determina colorímetricamente por el método de Nessler.

Una vez realizada la capacidad de intercambio catiónico, se puede establecer ^{la relación} la relación de la saturación de bases mediante la cuantificación de los cationes intercambiables, que en este caso se llevó a cabo usando un equipo de absorción atómica Perkin-Elmer modelo 460.]

Ya determinadas las cantidades de los cationes en me/100 g, se relacionan a la Capacidad de Intercambio catiónica tomándola como 100%, y la cantidad del metal básico al porcentaje correspondiente, así en el caso de los cuatro metales básicos.

Cuantificada la Saturación de bases se puede marcar el nivel de equilibrio de las bases, en ^{rangos} rangos preestablecidos de estudios anteriores (Bear, F. E. Chemistry of the soil, Kelley W. P. Cation exchange in soils, etc.) para el caso de estos -- suelos y así poder calificar la calidad nutricional de los suelos de Ando.]

↑ VALORES DE INTERCAMBIO CATIONICO Y PORCENTAJES DE SATURACION DE BASES DE 9 MUESTRAS DE SUELO PROCEDENTES DEL PERFIL DE POTRERILLOS, JALAPA, VER.

Prof. (cm.)	C.I.C. (me/100 g)	Bases (%)
0-10	19.285	58.9
10-20	21.42	58.7
20-30	28.00	40.8
30-50	16.857	28.1
50-60	30.714	35.9
60-70	16.142	36.3
70-90	21.14	42.5
90-100	16.00	55.7
100-120	19.00	60.5

CATIONES INTERCAMBIABLES Y SUMA DE CATIONES

Prof. (cm.)	(-----me/100 g -----)				
	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	K ⁺	Na ⁺	Suma
0-10	8.25	1.88	1.13	0.18	11.43
10-20	7.28	3.60	1.54	0.25	12.62
20-30	8.65	2.27	1.92	0.35	13.14
30-50	1.44	2.25	0.60	0.46	4.75
50-60	6.80	3.38	1.69	0.38	11.22
60-70	2.12	2.46	0.75	0.52	5.85
70-90	4.25	2.18	1.90	0.62	8.97
90-100	3.48	1.72	3.16	0.63	8.94
100-120	5.53	2.68	2.60	0.68	11.49

BASES INTERCAMBIABLES EN PORCIENTO

Prof. (cm.)	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	K ⁺	Na ⁺
0-10	42.8	9.75	5.8	0.30
10-20	34.0	16.80	7.2	1.16
20-30	30.0	8.10	6.8	1.25
30-50	8.5	13.30	3.5	2.73
50-60	22.1	7.75	5.5	1.23
60-70	13.1	15.20	4.65	3.22
70-90	20.1	10.30	9.0	2.93
90-100	21.7	10.70	19.7	3.93
100-120	29.1	14.10	13.6	3.57

SALINIDAD

Para llevar a cabo la calificación del grado de salinidad de estos suelos, se llevaron a cabo las pruebas de rutina establecidas por el manual 60 del Departamento de Agricultura de E. U., como son: la obtención de un extracto de saturación, al que se le determina el pH, su conductividad eléctrica en milimhos/cm²; la cantidad de los cationes solubles, como son el calcio + magnesio en me/litro y también el sodio soluble que se cuantifica por medio de absorción atómica y se reporta también en me/litro por lo que se refiere a la cuantificación -- del Ca + Mg se realiza en conjunto mediante la titulación complejométrica usando versenato, al vire del indicador eriocromo negro-T.

Para calificar el suelo de acuerdo a su nivel de salinidad existen cuatro clases, como son:

El suelo libre, en el que la conductividad eléctrica es menor de 4 milimhos/cm², y menor de 15% de sodio intercambiable.

El suelo salino, es el que se califica con conductividad eléctrica mayor de 4 milimhos/cm² y menor de 15 PSI.

El suelo sódico, se califica como conductividad eléctrica menor de 4 milimhos/cm² y PSI mayor de 15%.

El suelo sódico-salino se califica como conductividad eléctrica mayor de 4 milimhos/cm² y PSI mayor de 15%.]

CLASIFICACION POR SALINIDAD DE LOS 9 MUESTRAS PROCEDENTES DEL-
 PERFIL UBICADO EN POTRERILLOS MUNICIPIO DE JALAPA, VER.

Prof. (cm.)	pH	CE (milimhos/cm ²)	P S I	SALINIDAD
0-10	6.9	0.322	0.3	suelo libre
10-20	7.1	0.177	1.16	suelo libre
20-30	7.2	0.222	1.25	suelo libre
30-50	6.8	0.147	2.73	suelo libre
50-60	6.5	0.125	1.23	suelo libre
60-70	6.7	0.147	3.22	suelo libre
70-90	6.4	0.110	2.93	suelo libre
90-100	6.5	0.240	3.93	suelo libre
100-120	6.6	0.147	3.57	suelo libre

CONCLUSIONES

Los Suelos de Ando pertenecen, según la literatura, a suelos formados con cenizas volcánicas como uno de los constituyentes, y que pertenecen a regiones de climas húmedo templados, ya que se presentan colores claros a nivel superficial y que se han formado algunos horizontes con arcillas de la relación 1:1 y amorfas y un poco de las de relación 2:1, que liberan mucho magnesio de acuerdo a la saturación de bases, y que se tiene una fijación de amonio representativa de los suelos de Ando, situación que se confirma por las lecturas del pH intercambiable y por la baja cantidad de cationes intercambiables y que pertenecen a suelos de arcillas ácidas, por lo cual el fósforo no es liberado tan fácilmente (al combinarse con el aluminio se inmoviliza ya que es un compuesto bastante insoluble) siendo que se hizo la cuantificación del mismo aplicando los métodos de extracción con bicarbonato de sodio 0.5N y el de Morgan; situación rara ya que se encontró nitrógeno amoniacal-

fijado en las arcillas, el cual proporciona una liberación del fósforo.

↳ No se encontraron nitratos intercambiables o asimilables, ya que se extrajeron con la solución de Morgan y se cuantificaron por el método de la Brucina (no se encontraron debido a su alta solubilidad en la lixiviación de estos suelos por razón de la alta precipitación pluvial = 1514.8 mm).

↳ Una contradicción de las propiedades físicas de estos suelos es que teniendo una porosidad elevada (mayor de 50%) en suelos de textura franco arenosa, arena frasca y franco arcillo arenosa se ^{tienen} valores altos de capacidad de campo, esto se debe a la propiedad hidrofílica de las partículas coloidales minerales que contengan alófono, situación que se demostró mediante la prueba de laboratorio de Fieles y Perrott, --- (1966), en la que se encontró la existencia del alófono, propio de suelo de cenizas.

↳ En los horizontes profundos cambian sus propiedades de intercambio catiónico por su mayor porcentaje de arcilla que se acumuló, y que además aumenta su saturación de la base potasio.

Otro aspecto que ha de notarse es la intemperización -- que sucede en estos suelos, dando la impresión de que hay una probable síntesis de arcilla montomorilonítica, ya que se encuentra entre los cationes intercambiables el magnesio en una buena proporción, y que a pesar del bajo contenido de arcilla-

en los suelos superficiales existe una capacidad de intercam--
bio catiónico alta y aún del contenido de materia orgánica li-
geramente alta.

↳ Otra de las pruebas realizadas en el extracto de aceta-
to de amonio pH 7, para cationes intercambiables es la detec--
ción del aluminio por absorción atómica, de lo que se obtuvo -
un resultado negativo por la razón de que el ión amonio no al-
canza a coordinar por la débil constante de estabilidad del li-
gando y poder desplazar las moléculas de hidratación de este -
catión (Al^{+3}) como $Al^{+3}(H_2O)_6$, lo que no sucede con la prueba-
de Fieldes y Perrott con el NaF que forma el $Al^{+3}(F)_6$, y lo --
desplaza. ↵

↳ En concordancia con los aspectos de la clasificación --
del suelo del sistema de la 7a. Aproximación y su corresponden-
cia con la Francesa, sí son suelos ligeros con alta capacidad-
de retención de agua, pero poco nutrientes, según la satura---
ción de bases que presentan.

↳ Parece que presentan una alta susceptibilidad a la ero-
sión. ↵

Estos suelos presentan los horizontes húmico; suelos con
horizonte A úmbrico, que significa que tienen una capa super-
ficial blanda de color oscura, rica en materia orgánica y po-
bre en nutrientes.

↳ Si se usan para Agricultura es recomendable aplicar un-
encalado a fin de mejorar las propiedades químicas nutriciona-

les del suelo, ya que no presenta fases salinas ni sódicas.)

(La clase topográfica presenta la ondulada y la montañosa con aproximadamente un 20% de pendiente.

Pertenece al orden de los Inceptisoles, Suborden Andept, gran grupo Umbrandept.

R E S U M E N

Se presentó el estudio de los Andosoles desde el punto de vista del Intercambio Catiónico, ya que es una de las propiedades más importantes de dichos suelos, influyendo en la estructura, la actividad biológica, el régimen hídrico y gaseoso, la reacción, los procesos genéticos del suelo y en su formación.

1) Se llevaron a cabo determinaciones físicas y químicas de laboratorio, para determinar las características de estos suelos (Ando), con el fin de clasificarlos y extraer los datos de Intercambio catiónico necesario para su cualificación y cuantificación.

2) El color del suelo nos demuestra que estos suelos pertenecen a los ácidos por sus tonos claros en seco, y en húmedo sus colores oscuros debido al contenido alto de materia orgánica y al vidrio volcánico sobre todo el suelo superficial.

3) La determinación de pH demuestra su capacidad de -- amortiguación ya que según el pH (1:2.5) relación suelo: agua, se tiene un pH neutro y con la solución de KCl 0.01N en relación (1:2) suelo: solución, se tiene un pH ácido, debido a su acidez intercambiable.

4) Según los datos de las densidades real y aparente nos demuestra que son suelos ligeros y bien aereados.

5) La capacidad de campo expone que son suelos poco --- permeables debido a su condición hidrofílica o bajo régimen hídrico.

6) La textura corresponde a suelos que se aglomeran debido a la propiedad cementante de las arcillas ácidas aún siendo suelos arenosos.

7) En estos suelos sobre todo los superficiales tienen un contenido en porcentaje alto de materia orgánica, motivo -- por el cual se eleva parte su Intercambio Catiónico.

8) De acuerdo al contenido de nitrógeno, que en su relación C/N nos demuestra que es elevado a pesar del contenido casí nulo de nitratos. Situación que se puede analizar desde el punto de vista de que se tiene una población microbiana baja.

9) El Intercambio Catiónico y la Saturación de bases -- nos demuestra que son suelos altamente intermperizables, por--- que se tiene una capacidad de intercambio catiónico ligeramente elevada y una saturación de bases baja o sea que los catio-

nes básicos son lixiviados.

Y además debido a su erosionabilidad existe síntesis de arcillas.

10) La calificación por salinidad se desarrolló con el fin de descubrir alguna fase salina en estos suelos, lo cual fue negativa.