



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO**

FACULTAD DE CIENCIAS

Las propiedades químicas de los suelos de
la Estación “Los Tuxtlas” Ver.

**REPORTE DE ACTIVIDADES DE APOYO A LA
INVESTIGACION
QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:**

BIOLOGO

P R E S E N T A :

ISABEL DIAZ GONZALEZ



TUTOR:

DR. PAVEL VLADIMIROVICH KRASILNIKOV

MEXICO D.F

2010



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.



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

FACULTAD DE CIENCIAS
Secretaría General
División de Estudios Profesionales

Votos Aprobatorios

ACT. MAURICIO AGUILAR GONZÁLEZ
Jefe de la División de Estudios Profesionales
Facultad de Ciencias
Presente

Por este medio hacemos de su conocimiento que hemos revisado el trabajo escrito titulado:

Las propiedades químicas de los suelos de la Estación "Los Tuxtlas" Ver.

realizado por **Díaz González Isael** con número de cuenta **0-8310167-6** quien ha decidido titularse mediante la opción de **actividad de apoyo a la investigación** en la licenciatura en **Biología**. Dicho trabajo cuenta con nuestro voto aprobatorio.

Propietario Dra. Norma Eugenia García Calderón

Propietario Dra. Silke Cram Heydrich

Propietario Tutor Dr. Pavel Vladimirovich Krasilnikov

Suplente Dra. Rosalia Ramos Bello

Suplente M. en C. María del Socorro Galicia Palacios

Atentamente,

“POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU ”

Ciudad Universitaria, D. F., a 30 de octubre de 2008

EL COORDINADOR DEL COMITÉ ACADÉMICO DE LA LICENCIATURA EN BIOLOGÍA

DR. PEDRO GARCÍA BARRERA

FACULTAD DE CIENCIAS



UNIDAD DE ENSEÑANZA
DE BIOLOGÍA

Señor sinodal: antes de firmar este documento, solicite al estudiante que le muestre la versión digital de su trabajo y verifique que la misma incluya todas las observaciones y correcciones que usted hizo sobre el mismo.

A mis padres:

Prof. Isael Díaz Olea

Sra. Margarita González Torres

A mis hermanos:

Miguel A.

César T.

Margarita F.

Y descendencia:

Luís Y.

Frida E.

Yael A.

Valeria Y.

Karen

Por que este trabajo solo ha sido posible gracias a ellos.

A nuestra escuela la Facultad de Ciencias, de la Universidad Nacional Autónoma de México. Por que aquí caminamos como entre sus venas.

Al Dr. Pavel Krasilnikov, por la confianza y apoyo para la realización de este trabajo:

A todos los profesores y compañeros del laboratorio de Edafología Nicolás Aguilera por su apoyo y ayuda para la realización de este trabajo.

Dra. Norma Eugenia

Dra. Rosalía

M. en C. Maria del Socorro

M. en C. Elizabeth

M. en C. Laura

B. Abel

M. en C. Gustavo

Dra. Silke del Instituto de Geografía

Maira

Alicia

INDICE

RESUMEN	6
I. INTRODUCCION	7
1.1 Objetivo	8
II. ANTECEDENTES	9
2.1 Propiedades Químicas de Suelos	9
2.1.1 Materia Orgánica y Carbono Orgánico	10
2.1.2 pH	12
2.1.3 Iones Intercambiables.	14
2.2 Ecología del Suelo	17
2.3 Suelos analizados de la zona de La Estación “Los Tuxtlas”	17
2.3.1 Andosoles	17
2.3.1.1 Material téfrico y andosolización	19
2.3.2 Cambisoles	20
III. AREA DE ESTUDIO	23
3.1 Localización	23
3.2 Clima	23
3.3 Geología y Mineralogía	23
3.4 Vegetación	25
3.5 Florística	26
3.6 Fisonomía	27
3.7 Suelos	28
3.7.1 Andosoles	29
3.7.2 Cambisoles	29
IV. MATERIAL Y METODO	30
4.1 Campo	30
4.2 Laboratorio	30
4.2.1 pH	30
4.2.2 Carbono Orgánico	30
4.2.3 Acidez Intercambiable	30
4.2.4 Bases Intercambiables	31

V. RESULTADOS	32
5.1 Tablas de Resultados SI y SII	32
5.2 Graficas de Resultados SI y SII	32
5.3 pH	39
5.3.1 H ₂ O destilada hervida	39
5.3.2 KCl 1M	39
5.4 Acidez Intercambiable	39
5.5 Carbono Orgánico	39
5.6 Bases Intercambiables	40
VI. DISCUSION	41
VII. CONCLUSION	44
VIII. LITERATURA CITADA	45

RESUMEN

Se realizaron análisis químicos a 10 perfiles edafológicos realizados en dos sitios (SI y SII) de la zona de la Estación “Los Tuxtlas”, en el sur del estado de Veracruz. Esto con el objetivo de conocer algunas de las propiedades químicas del suelo en un ecosistema tropical húmedo con vegetación caracterizada como Selva Alta Perennifolia (SAP).

Los resultados obtenidos a los análisis químicos realizados a estas muestras: pH, Acidez Intercambiable, Porcentaje de Carbono Orgánico (CO) y Bases Intercambiables; realizados en el Laboratorio de Edafología “Nicolás Aguilera” de la Facultad de Ciencias, muestran que:

Los valores de las propiedades químicas encontrados en los perfiles corresponden a los Andosoles vítricos (SII) y Cambisoles téfricos (SI).

Los valores de pH van de medianamente ácidos, a muy fuertemente ácidos. Los perfiles del SII presentan los valores de mayor acidez.

La acidez intercambiable tiende a aumentar con la profundidad, los valores mayores se encontraron en el SII.

Alto contenido de carbono orgánico CO en los horizontes superficiales de los perfiles, con una tendencia de disminución gradual con la profundidad. Mayores cantidades en el SI.

Alto contenido de Na^+ , K^+ , y Ca^{++} en el SI. Aunque ligeramente menor en Mg^{++} .

La mayoría de las altas concentraciones de Na^+ se registraron en horizontes profundos, del SI.

Alto contenido de K^+ sobre todo en los horizontes superficiales del SI.

El Ca^{++} disminuye con la profundidad en la mayoría de los perfiles. Principalmente en el SI.

Los valores mayores del Mg^{++} corresponden a zonas de mayor profundidad.

I. INTRODUCCION

El suelo es un cuerpo natural tridimensional, que cubre parte de la corteza terrestre, un hábitat más; un medio en el cual se soporta el desarrollo de plantas principalmente, y otras formas de vida como: bacterias, hongos, levaduras, protozoos, virus y la llamada macrofauna, mesofauna y la microfauna; que están en íntima correlación con los diferentes suelos por que habitan o se alimentan de los productos derivados de los suelos o de los residuos vegetales (Aguilera, 1989; Bruening, 1996; Whittaker, 1975; Tan, 2000; Krasilnikov, 2001; Bardgett 2005). Aun en pequeñas porciones el suelo, envuelve un número insospechado de organismos conviviendo armónicamente, de tal forma que se mantienen los sistemas ecológicos (Aguilera, 1989). Algunos de las cuales no han sido aun identificados y clasificados (Lal, 1987).

El suelo forma una delgada capa que cubre la corteza terrestre y actúa como una interfase entre la atmósfera y la litosfera. Éste es un sistema multifase, consistiendo de una mezcla de material mineral, agua, gases, raíces de plantas y materia orgánica en varios estados de descomposición. El suelo también provee un medio en el cual habita una gran variedad de organismos. Estos no solamente utilizan el suelo como su hábitat y fuente de energía, si no también contribuyen en su formación influenciando fuertemente las propiedades físicas y químicas, y la naturaleza de la vegetación que crece en ellos. Ciertamente junto con la vegetación la biota del suelo es uno de los cinco factores formadores del suelo: material parental, clima, biota, relieve y tiempo (Lal, 1987; Bardgett, 2005)

Aunque se considera al suelo como el factor más importante para el desarrollo y existencia de los ecosistemas, no todos los ecólogos creen que hay una dependencia directa de la diversidad del ecosistema y el tipo de suelo, Muchos trabajos han investigado la interrelación de la composición florística de la vegetación terrestre y las condiciones del suelo (Krasilnikov, 2001).

Las características del suelo, y en particular las propiedades biofísicoquímicas, ejercen gran influencia sobre la ecología vegetal, edáfica, animal y en el hombre. Influyen en el fenotipo de la planta, germinación de las semillas, desarrollo de las plántulas, densidad y distribución viabilidad de las partes vegetativas y reproductivas, consistencia, profundidad y distribución de la raíz, resistencia a la sequía o heladas, ciclo vegetativo, contenido de nutrientes e influye también en los ciclos tróficos (Aguilera, 1989). El pH del suelo, tanto en ambientes acuáticos como terrestres es una condición que puede influir fuertemente en la distribución y abundancia de los organismos (Begon *et al.*, 1989). El suelo es muy complejo y dinámico, estas características y sus efectos sobre las plantas varían en el espacio en el tiempo y por las condiciones del medio ambiente (Aguilera, 1989). Es por eso que es importante conocer las propiedades biofísicoquímicas de los suelos.

La determinación de las reacciones del suelo; son fundamentales para la taxonomía edáfica, fertilidad y mecánica de suelos. Además de ser importante en su origen y formación influyen en forma decisiva sobre la morfogénesis y en los niveles de fertilidad de los mismos; condiciona los tipos de asociaciones vegetales (Aguilera, 1989).

La materia orgánica al biodegradarse imparte propiedades físicas óptimas para los suelos, como la estructura (granular), modificando la estructura de las capas superficiales, favorece la aeración Además las relaciones C/N son valiosas para detectar la fertilidad de los suelos y los balances de

oxidación y nitrificación (Aguilera, 1989). Algunos factores edáficos tienen gran influencia en los bosques y su diversidad de especies (Lal, 1987).

Para algunos científicos la estructura del ecosistema, la luz, las condiciones microclimáticas, son más importantes para el nivel de la diversidad biológica el suelo es un componente más estable en el paisaje (Krasilnikov, 2001).

Se menciona además que, la diversidad biológica si depende del suelo pero no del tipo de suelo, pero si de las propiedades particulares del suelo como: acidez, contenido de nitrógeno, elementos nutritivos, humedad etc. Además de las variaciones particulares intrínsecas de cada tipo de suelo (Krasilnikov, 2001)

Si los suelos de un ecosistema forestal son diferentes, la diversidad biológica es mayor que en un bosque con un solo tipo de suelo, (Whitaker, 1975). El suelo es un “espejo del paisaje” y refleja los mismos factores ambientales que forman la estructura del ecosistema. Mas importante – y más universal- para la diversidad biológica es la diversidad de los suelos. (Krasilnikov, 2001).

Es por esto que en este estudio de las propiedades químicas del suelo de La Estación de Biología Tropical “Los Tuxtla” que corresponde a una Selva Alta Perennifolia, donde se tomaron las muestras para este análisis; son importantes para ampliar el conocimiento de los suelos de la zona y contar con valores mas confiables en la elaboración de esta tipo de análisis de la biodiversidad de los ecosistemas.

1.1 Objetivo

El objetivo principal de esta actividad de investigación fue analizar algunas propiedades químicas de las muestras de dos grupos de suelos (Andosoles vítricos y Cambisoles tefricos) de dos sitios (SI y SII) la zona de La Estación “Los Tuxtla” Ver., para apoyar el proyecto de investigación de la cuantificación del contraste ecológico entre los diferentes tipos de sitios o provincias fitogeográficas o ecosistemas de nuestro país. En el que se pretende evaluar la diversidad de las unidades de los suelos y su efecto en la diversidad de las especies en ecosistemas forestales de México.

El trabajo en esta y otras zonas tropicales y subtropicales resulta ser todavía de mayor relevancia por que en este tipo de ecosistemas la diversidad de especies es mayor Además de poder contar con información confiable para el correcto planeamiento de la conservación y el manejo de la diversidad biológica en nuestro país. Además la planeación de las áreas protegidas del país.

II. ANTECEDENTES

2.1 Propiedades Químicas de Suelos.

Los suelos de las selvas tropicales son extremadamente heterogéneos. En este tipo de ecosistemas los suelos pueden variar profundamente en una escala de unos cuantos metros cuadrados a hectáreas según la variación espacial de los sustratos geológicos, su geomorfología y la influencia a largo plazo de la vegetación (Bruening, 1996). El intemperismo de los suelos ocurre por una combinación de varios efectos físicos, químicos y biológicos. (Krebs, 1989).

Es importante conocer las propiedades químicas de los suelos por que ejercen gran influencia sobre la ecología vegetal, edáfica, animal y en el hombre. (Aguilera, 1989).

La Química de Suelos se define como la parte de ciencia del suelo que trata de la composición química, de las propiedades y las reacciones químicas del suelo como sistema de tres fases: (Fassbender, 1987; Porta, 2008).

Los elementos químicos pueden hallarse en la **fase sólida** (en las redes cristalinas de los minerales y en la materia orgánica), en la **fase líquida** (en solución y en la interfase entre las partículas sólidas y el agua del suelo) y en la **fase gaseosa**. La forma en la que se encuentre un elemento condiciona su reactividad, movilidad y biodisponibilidad (Porta, 2008).

La mayor parte de los nutrientes existen en la naturaleza en forma de minerales y materia orgánica, insolubles, y por lo tanto; inaprovechables por las plantas. Estos nutrientes se vuelven disponibles a través de la intemperización de minerales y la descomposición de la materia orgánica (Aguilera, 1989).

Tabla 1. Los elementos esenciales para las plantas son aquellos sin los cuales la planta no es capaz de completar cualquier estado de desarrollo (Porta, 2008).

Elemento	Forma Catiónica	Forma Aniónica	Otra Forma
Nitrógeno	NH_4^+	NO_3^- , NO_2^-	N- orgánico
Fósforo		HPO_4^{2-} , $\text{H}_2\text{PO}_4^{2-}$ Polifosfatos	P -orgánico
Potasio	K^+		S -orgánico
Azufre		SO_4^{2-} , S^{2-}	
Calcio	Ca^{2+}		
Magnesio	Mg^{2+}		
Hierro	Fe^{2+} , Fe^{3+} , $\text{Fe}(\text{OH})^{2+}$, $\text{Fe}(\text{OH})_2$		Complejo orgánico
Manganeso	Mn^{2+}		Complejo orgánico
Cobre	Cu^{2+}		Complejo orgánico
Zinc	Zn^{2+}		Complejo orgánico
Molibdeno		MoO_4^{4-}	
Boro		$\text{B}(\text{OH})_4^-$	H_3BO_3
Cloro		Cl^-	
Cobalto	Co^{2+}		
Selenio		SeO_4^{2-} , SeO_3^{2-} , Se^{2-}	

A partir del aire y del agua, en las reacciones fotosintéticas se obtiene de manera combinada el carbono, hidrógeno, y oxígeno. Estos elementos comprenden el 90 % o más de la materia seca. Los elementos restantes se toman principalmente del suelo. El nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio y azufre se necesitan en cantidades mayores y se les denomina macroelementos o elementos mayores. A los nutrimentos requeridos en cantidades considerablemente menores se les llaman microelementos o elementos menores e incluyen al manganeso, hierro, boro, zinc, cobre, cobalto, molibdeno y cloro (Aguilera, 1989).

La biodisponibilidad de un elemento o compuesto expresa su disponibilidad para un organismo específico es decir, la posibilidad de que un efecto (positivo o negativo) sobre el organismo en cuestión (Porta, 2008).

Los elementos solubles son los que pueden ser absorbidos por las raíces, por consiguiente constituyen la base de la nutrición de las plantas (Porta, Op. Cit.).

2.1.1 Materia Orgánica y Carbono Orgánico.

Los productos resultantes de los procesos de meteorización (saprofito o alterita) no empiezan a convertirse en suelo hasta que no haya una incorporación de materia orgánica (Porta, 2008).

La masa de células vivas en un lugar determinado se denomina biomasa, mientras que la masa de células muertas, se denomina necromasa. (Porta, Op.Cit.).

La materia orgánica esta constituida por organismos vivos y por residuos de plantas y animales parcial y totalmente descompuesta. El material orgánico que los microorganismos del suelo han transformado en una forma estable recibe el nombre de humus. El humus esta compuesto por sustancias no húmicas (30%) y sustancias húmicas (70 %). Entre las primeras se incluyen glucidos, lípidos, aminoácidos, etc. resultantes del metabolismo de los organismos vivos. Entre las sustancias húmicas destacan los ácidos húmicos y fúlvicos, sustancias complejas de alto peso molecular sintetizadas por los microorganismos del suelo (Marín, 2002).

Por la forma como se incorpora la materia orgánica en el suelo, esta se acumulara en los horizontes A, O y H y en aquellos casos en que ha sido translocada dentro del suelo, dará lugar a horizontes Bh. La Materia Orgánica del Suelo (MOS), expresión que agrupa a todos los constituyentes orgánicos del suelo. Esta formada principalmente por C, H, O y N y, en menor proporción, por S, P, B, Fe y Mo, entre otros (Porta, 2008).

Con un enfoque operacional se puede separar, por un lado, la materia orgánica macroscópica y la fracción coloidal o humus que esta formada por un conjunto de sustancias orgánicas y de composición química variable de un suelos a otros (Porta, Op.Cit.).

La fracción coloidal presenta **carga eléctrica negativa**, si bien dependiente del pH, debido a la existencia de grupos funcionales carboxílicos (COOH) y fenólicos (OH). Su color es oscuro, actuando como elemento cromógeno del horizonte en que se halle, Presenta una elevada resistencia a la degradación, lo que se debe a la naturaleza recalcitrante de sus componentes, como el hecho de que al unirse con las arcillas y dar lugar a los agregados, pueden pasar a ocupar posiciones que resultan difícilmente accesibles a la acción de los microorganismos (Porta, 2008).

La relación entre el contenido de carbono orgánico(C) total y de nitrógeno total (N), conocida como relación C/N expresa la tasa la cual el nitrógeno estará a disposición de las plantas (Porta, Op. Cit.).

El humus constituye del 50 % al 85 % del contenido total de la materia orgánica del suelo. La mayor parte de las propiedades coloidales de la materia orgánica del suelo se deben al humus. Además de ser altamente coloidales su área superficial y su capacidad de adsorción son mayores que la de los otros elementos constitutivos del suelo como los silicatos. Su gran capacidad de intercambio catiónico se debe a su carga negativa resultado de la disociación de los grupos de ácidos que contiene. Desde el punto de vista químico es una fuente de nutrientes para las plantas principalmente de C, N, P, y S. (Marín, 2002).

La materia orgánica (MO) del suelo esta relacionada con el contenido de carbono orgánico (CO) de un factor (f) que varía entre 1.7 y 2.0:

$$MO = CO \times f_{MO}$$

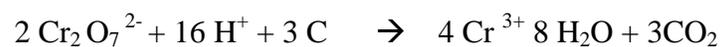
Tabla 2. Los suelos se pueden clasificar e interpretar según el porcentaje de materia orgánica (Marín, 2002).

Interpretación de los resultados	
Menos del 1% de M.O.	Muy mineralizado
1 – 1.5 % de M.O.	Mineralizado
1.5 – 2 % de M.O.	Mineral-orgánico
Mas del 2 % de M.O.	Orgánico

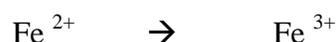
Tabla 3. Interpretación del Porcentaje de Materia Organica y de Carbono (Fassbender, 1987).

Interpretación	Porcentaje de materia orgánica	Porcentaje de C
Muy bajos	< 2	< 1.2
Bajos	2 a 5	1.2 - 2.9
Medios	5 a 8	2.9 - 4.6
Altos	8 a 15	4.6 – 8.7
Muy altos	> 15	>8.7

De entre los métodos existentes en la bibliografía para determinar el carbono orgánico, en éste experimento se utilizo el método descrito por Walkley y Black (Black, 1965). Este método se basa en la oxidación del CO con un exceso de dicromato de potasio y sin aporte de calor externo. En nuestro caso se agrega H₂SO₄ concentrado que llega alcanzar una temperatura de reacción de 120° C (Marín, 2002).



El exceso de dicromato se valora por retroceso con sulfato ferroso amónico:



2.1.2 pH

La biodisponibilidad de los elementos es determinada fuertemente por el pH del suelo. La acidez y la basicidad del suelo afectan a sus diversas propiedades, a su comportamiento y al crecimiento de las plantas. En análisis de suelos, la medida preliminar del pH constituye una información útil para poder decidir que determinaciones deben realizarse y con que métodos (Porta 2003).

Cabe distinguir dos tipos de acidez (Porta, Op.Cit.):

Acidez activa o actual:

- Protones libres en equilibrio en la fase líquida del suelo.
- Resultan de la disociación.
- Se mide con el pH al agua (1: 2,5)

Acidez potencial o acidez intercambiable:

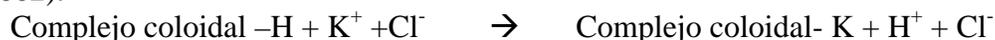
- Protones de las sedes de intercambio.
- Resulta de la hidrólisis de formas de aluminio fácilmente intercambiables, con iones K^+
- Se mide con el pH después de desplazar parte de los protones y aluminio monómero con una solución de KCl 1 M no tamponada. Se trata casi netamente de aluminio monómero que ocupa sedes de intercambio.
- El pH KCl (1:2,5) suele ser del orden de 0,5 a 1,0 unidad de pH inferior al pH- H_2O , en medios ácidos.

La solución del suelo puede ser ácida, neutra o alcalina. Se mide por medio del pH (Porta, 2008). La forma más usual de diagnosticar las condiciones de acidez o de basicidad de un horizonte de un suelo, se basa, por su rapidez y facilidad, en la medida de pH en una suspensión suelo-agua (1:2,5). Los conceptos de acidez, basicidad y alcalinidad, introducidos al estudiar disoluciones en Química, deben ser matizados al utilizarlos referidos al suelo (Porta, 2003).

El grado de acidez o basicidad de los suelos se puede cuantificar por medio del valor de pH de la disolución del suelo. La mayoría de las plantas se desarrollan bien en suelos ligeramente ácidos con valores de pH entre 6.0 y 7.0, ya que en este intervalo de pH prácticamente todos los nutrientes necesarios para las plantas se encuentran disponibles. Con valores inferiores a 6.0 se dan deficiencias de Ca, Mg y K mientras que Al, Fe y Mn pueden alcanzar niveles tóxicos. En suelos alcalinos (pH > 7.0) Fe, Mn, Cu y Zn no pueden ser absorbidos por las plantas e incluso la actividad microbiana se ve afectada. Por todo ello el pH es la propiedad química más importante de los suelos (Marín, 2002).

En algunos casos, las medidas se realizan utilizando soluciones salinas de KCl 1M o de $CaCl_2$, que tienen la capacidad para desplazar del complejo de cambio a cationes acidificantes, tales como el aluminio en sus diversas formas. (Porta, 2003).

La medida del pH puede verse afectada por la relación existente entre la disolución del suelo y la concentración salina de equilibrio. Por ejemplo si se añade una sal tal como KCl a la disolución del suelo el catión de la sal puede intercambiarse con los H^+ adsorbidos en el coloide aumentando así la concentración de H^+ en la disolución del suelo con la consiguiente disminución del pH: (Marín, 2002).



Sin embargo, el empleo de una solución salina tiene las ventajas de evitar las fluctuaciones de medida del pH, evitar la dispersión del suelo e intentar igualar para el contenido salino original del suelo. Por ello se medirá el pH de dos muestras de suelo a la primera se le añadirá agua destilada y a la segunda una disolución de sal neutra. Otro aspecto que hay que tener en cuenta es que el valor de pH también depende de la disolución. Para fijar unas condiciones de trabajo que permitan comparar los resultados obtenidos la Sociedad Internacional de la Ciencia del Suelo (IUSS por sus siglas en inglés) acepta como recomendable la relación suelo: líquido 1:2.5 (Marín, 2002).

El poder amortiguador frente a los cambios de pH es una de las características más importantes del suelo para la vida de las plantas. Los valores de pH en agua (1:2,5) de los sistemas naturales se hallan generalmente en intervalos de 4,5 a 10 (Porta, 2003).

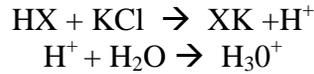
Tabla 4. Los principales efectos esperables para los distintos intervalos de pH establecidos por el USDA (United States Department of Agriculture)

pH	Evaluación	Efectos esperables en el intervalo
< 4.5	Extremadamente ácido	Condiciones muy desfavorables
4.5 – 5.0	Muy fuertemente ácido	Posible toxicidad por Al y Mn
5.5 – 5.5	Fuertemente ácido	Exceso: Co, Cu, Fe, Mn, Zn Deficiencia: Ca, K, N, Mg, Mo, P, S Suelos sin carbonato de calcio El hormigón ordinario resulta atacado Actividad bacteriana escasa.
5.6 – 6.0	Medianamente ácido	Intervalo adecuado para la mayoría de los cultivos
6.1 – 6.5	Ligeramente ácido	Máxima disponibilidad de nutrientes
6.6 – 7.3	Neutro	Mínimos efectos tóxicos Por debajo de pH = 7,0 el carbonato de calcio no es estable en el suelo
7.4 – 7.8	Medianamente básico	Suelos generalmente con CaCO ₃
7.9 – 8.4	Básico	Disminuye la disponibilidad de P y B Deficiencia creciente de: Co, Cu Fe, Mn, Zn Suelos calizos Clorosis férrica debido al HCO ₃ ⁻
8.9 – 9.0	Ligeramente alcalino	En suelos con carbonatos, estos pH altos pueden deberse al MgCO ₃ , si no hay sodio intercambiable. Mayores problemas de clorosis férrica
9.1 --10.0	Alcalino	Presencia de carbonato sódico.
< 10.0	Fuertemente alcalino	Elevado % de sodio intercambiable (ESP > 15 %) Toxicidad: Na, B. Movilidad del P como Na ₃ PO ₄ . Actividad microbiana escasa. Micronutrientes poco disponibles, excepto Mo.

Tomado de: (Porta, 2003)

La acidez intercambiable o potencial expresa la concentración de protones en la solución del suelo, más los que se liberan de las sedes de intercambio y los que se originan por la hidrólisis de formas de aluminio fácilmente intercambiables con iones de K. Se trata casi enteramente de

aluminio monómero que ocupa sedes de intercambio Esta liberación tiene lugar al realizar las medidas con una solución salina de KCl o de CaCl no tamponada (Porta, 2008).



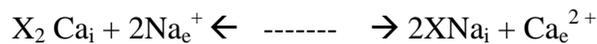
Los efectos perjudiciales de la acidez no se manifiestan hasta valores de pH inferiores a 5,5 y son debidos a la toxicidad del aluminio y a la poca biodisponibilidad de los nutrientes (Porta, 2003).

En suelos ácidos, las plantas sensibles se ven afectadas por la toxicidad del aluminio, por la del manganeso y por la deficiencia, que ocurre simultáneamente. Al aumentar la acidez, el aluminio y el manganeso se hacen mas solubles y pueden encontrarse en formas solubles e intercambiables, siendo la causa de la toxicidad en suelos con pH por debajo de 5.5; el hierro esta mas biodisponible para las plantas que requieren grandes cantidades de este elemento (Porta, 2008).

El uso del suelo, la elección de las plantas a utilizar en jardinería, los cultivos a implementar, así como las prácticas vienen condicionadas por la reacción de los distintos horizontes de cada suelo. Análogamente, los microorganismos, la fauna del suelo, así como las plantas superiores son sensibles las características químicas del medio en el que viven (Porta, 2003).

2.1.3 Iones Intercambiables

La superficie de las arcillas y la materia orgánica presentan **carga eléctrica**, por lo general negativa. Ello permite que iones hidratados, con carga eléctrica de signo contrario, interaccionen con estos componentes al ser atraídos por ellas por fuerzas electrostáticas, dando lugar a uniones de carácter reversible. Los iones que intervienen en este tipo de proceso se denominan **iones intercambiables** (cationes y aniones, según sea la carga del cambiador). De este modo se compensan las cargas de las arcillas y de la materia orgánica y se cumple el **principio de electroneutralidad**, tal como debe de ocurrir en cualquier sistema natural. El proceso se denomina de **intercambio iónico** (catiónico y aniónico), ya que un ión puede ser reemplazado por otro. Un proceso de intercambio (i) indica las formas intercambiables y (e) las de la solución exterior se puede escribir:



La unidad de medida para los cationes intercambiables en el Sistema Internacional es el centimol de carga por unidad de masa: $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ del cambiador que se trate (suelo, arcilla, materia orgánica). Esta unidad da un valor numérico que coincide con el que corresponde a expresarla en $\text{meq}/100\text{g}$ de suelo seco (unidad utilizada anteriormente (Porta, 2008).

Los cationes intercambiables pueden proceder de la meteorización del material originario, de la mineralización de la materia orgánica y de aportes superficiales y subsuperficiales. Las condiciones ecológicas, las extracciones por las plantas y el manejo determinan la composición del complejo catiónico de los suelos (Porta, 2008).

El mecanismo fisoquímico en el que se basa la determinación de los cationes intercambiables y la capacidad de intercambio catiónico consiste en desplazar los cationes adsorbidos por el cambiador, por medio de un catión índice, que no forme complejos de esfera interna con el cambiador, como ocurre con el K y la vermiculita, por ejemplo.

En zonas húmedas (régimen de humedad percolante, údico) con suelos ácidos de $pH_w > 5,5$ pueden además de los cationes basificantes (Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ y K^+); existen cationes acidificantes que se hidrolizan fácilmente liberando protones Al^{3+} y sus distintas formas hidrolizadas, a veces con hierro y manganeso y, en suelos muy ácidos ($pH < 4,0$) puede haber protones intercambiables en cantidad significativa.

Las raíces de las plantas también presenta capacidad de intercambio catiónico, que interviene en la absorción diferencial de nutrientes, que pasan de la fase líquida del suelo, al interior de la raíz, intercambiándose con protones liberados de la raíz (Porta, 2008).

Las propiedades químicas de suelos influyen sobre diferentes procesos de la ecología vegetal, edáfica, animal y humana: la biodisponibilidad de los nutrientes dependientes del grado de acidez o basicidad, la mineralización de la materia orgánica, la misma absorción diferencial de nutrientes, entre otros; son procesos relacionados directamente con las propiedades químicas del suelo.

El suelo de una comunidad natural no es un sustrato inerte, si no que forma parte del ecosistema. Hay una interactiva y complementaria relación entre los suelos que soportan la comunidad y afecta estas características, y la comunidad que desarrolla influencia los caracteres de los suelos (Krebs 1989). El suelo es así mismo una comunidad viviente, o subcomunidad, mucho más que la parte de la cubierta superficial de la comunidad (Bardgett, 2005).

2.2 Ecología del Suelo

Desde el aire, se puede ver claramente la diferencia de tonos entre la cubierta arbórea de un bosque primario asentado en rocas calizas y un bosque adyacente en un suelo de material volcánico. Al revisar en tierra esta suposición se comprueba: solo muy pocas especies se presentan en ambos tipos de suelos. El examen del suelo hace suponer diferencia en la composición florística: solo muy pocas especies se presentan en ambos tipos de suelos. Incluso un cambio menor en las condiciones del suelo se ve reflejado en el bosque (Bardgett, 2005).

En esta relación entre las propiedades del suelo y la composición de la vegetación del bosque, en estudios realizados en las selvas tropicales del noroeste de Borneo, se registra un área de esta selva muy rica en especies y con considerable diferenciación de suelos. Analizando geológicamente su edad y estabilidad (Bardgett, Op.Cit.).

Este mismo autor, reporta que la vegetación secundaria en Brunei que se estableció después que la vegetación primaria fue eliminada, dando la impresión del inicio de diferentes tipos de plantas en diferentes tipos de suelos. En suelos arcillosos reporta plantas pioneras de los cultivos con hojas grandes y delgadas entremezcladas con representantes de los bosques primarios. En suelos arenosos encuentra mas especies con hojas pequeñas y duras, una vegetación arbustiva con pocos signos de desarrollo adicional (Bardgett, 2005).

Los estudios de Ecología del Suelo en el mundo tienen sus antecedentes en los trabajos sobre procesos del ecosistema realizados en la década de 1960 y 1970. Pero es a mediados de la década de 1990 cuando se habla principalmente de Ecología del Suelo dentro de la Ecología (Alvarez 2003; Sommer *et al.*, 2003).

Se puede considerar que son parte de los estudios de Ecología del Suelo los relacionados con las propiedades del suelo, la microbiota que en él habita, su biología, su fauna, su biología poblacional y ecología, y el ciclo de nutrimentos en el suelo, la descomposición, la mineralización, la humificación, la formación de materia orgánica, el crecimiento y la productividad de raíces y fertilidad (Alvarez, 2003). Muchos suelos son producto de la interacción, entre el clima y la topografía, de una comunidad viviente (Krebs, 1989).

En México los estudios de Ecología del Suelo inician con los trabajos que analizan la productividad primaria y las tasas de descomposición de las hojas de las especies arbóreas de una selva baja caducifolia en el occidente del país (Alvarez, 2003).

Sommer *et al.*, (2003) mencionan que el estudio de los suelos tropicales ha tenido un enfoque más que nada genético, lo que da la impresión de que los suelos tropicales son alta y uniformemente intemperizados, además de la confusión generada por los variados sistemas de clasificación. Pero estudios recientes con un enfoque más cuantitativo, se ha llegado a comprobar que los suelos tropicales presentan un ámbito tan amplio de propiedades como los de las zonas templadas.

En un estudio de la cobertura de los suelos sobre la diversidad de la cubierta vegetal en la taiga de los bosque boreales de Fennoscandia, en la Republica de Karelia al NO de Rusia. Demuestra que la relación de la diversidad de especies de plantas de la cubierta vegetal de Este ecosistema depende del contraste de la cobertura de suelos. Aunque de diferente ecosistema comparten algunas características con los suelos tropicales como el alto grado de lixiviación (Krasilnikov, 2001).

Este estudio muestra datos del contraste ecológico de los suelos de los bosques templados de Europa del Norte, encontrando que la diversidad de las especies depende del contraste de los suelos (Krasilnikov, Op.Cit.).

En este estudio se realiza un análisis de la diversidad biológica mediante los siguientes parámetros:

Esta propuesta se basa en la teoría de Whitaker (1975), quien propone tres valores para la biodiversidad:

a- diversidad de un sitio

b- diversidad como la diferencia de los sitios (la estructura tipo mosaico de la comunidad)

g-diversidad de todo el ecosistema.

De esta manera se considera que la diversidad biológica total del ecosistema (**g**) depende de la diversidad alfa (**a**) y beta (**b**).

Y de acuerdo a la “Ley de Jackard” (Krebs, 1989), que dice “la diversidad de un ecosistema es proporcional a la diversidad de las condiciones ambientales dentro de un ecosistema”. De esta manera los suelos pueden ser más o menos “contrastantes” en el sentido ecológico. (Krasilnikov, 2001).

Para realizar la comparación de la diversidad biológica de un sitio con otro Krasilnikov (2001), propone el concepto de “Contraste Ecológico” entre suelos en un paisaje determinado, (o una provincia fitogeográfica) que se define como el grado de diferencia entre la composición de especies de la vegetación que cubre estos suelos.

De esta manera se espera encontrar que, sí en un bosque determinado tenemos diferentes tipos de suelos, esto es una estructura tipo mosaico del suelo, entonces este bosque tendrá una mayor diversidad de especies vegetales de todo el ecosistema (b).

Es importante contar con un valor confiable del contraste ecológico de los suelos Si contamos con estos valores se puede proponer el uso potencial de la biodiversidad de un territorio (aun para los ecosistemas perturbados).

2.3 Suelos analizados de la zona de La Estación “Los Tuxtlas”

2.3.1 Andosoles

Suelo negro formado a partir de materiales ricos en vidrios volcánicos (WRB, 2006).

Los Andosoles contienen los suelos que se desarrollan del material de erupciones volcánicas o vidrios volcánicos, casi bajo cualquier clima (excepto bajo condiciones climáticas hiperáridas). Sin embargo, los Andosoles también pueden desarrollarse a partir de otros materiales ricos en silicatos bajo meteorización ácida en climas húmedos y perhúmedo. Existen muchos sinónimos de los Andosoles pertenecen a: Kouboku (Japón), Andisoles Estados Unidos de Norteamérica); Andosoles y Vitrisoles (Francia)”; y suelos de ceniza volcánica (WRB, 2006).

Resumen de la descripción de Andosoles (WRB, 2006):

Connotación: Típicamente, suelos negros de paisajes volcánicos; del japonés *ando*, *an* Negro y *do*, Suelo.

Material parental: Vidrios y eyecciones volcánicas (principalmente ceniza, pero también tobas volcánicas, pómez, rescoldo y otros materiales ricos en silicatos.

Ambiente: Ondulado a montañoso, húmedo, y regiones árticas a tropicales con un amplio rango de vegetación.

Desarrollo del perfil: La rápida intemperización de rocas porosas o vidrios volcánicos, provoca la acumulación de complejos órgano-minerales estables o minerales de bajo grado de ordenamiento como alofano, imogolita y ferrihidrita. La meteorización acida de otro material rico en silicato en climas húmedos y perhúmedos también lleva a la formación de complejos órgano-minerales estables.

Manejo y uso de los Andosoles: Los Andosoles tienen un alto potencial para la producción agrícola, pero muchos de ellos no son usados en toda su capacidad. Los Andosoles son generalmente suelos fértiles, particularmente los Andosoles en ceniza volcánica intermedia o básica cuando no están expuestos a excesivo lavado. La fuerte fijación de fosfatos de los Andosoles (causada por Al y Fe libres) es un problema. Las medidas de mejora para reducir este efecto incluyen la aplicación de cal, sílice, material orgánico y fertilizantes fosfatados.

Los Andosoles son fáciles de cultivar y tienen buenas propiedades de enraizamiento y almacenamiento de agua. Los Andosoles fuertemente hidratados son difíciles de labrar por su baja capacidad de carga y adhesividad.

En los Andosoles se planta una gran variedad de cultivos que incluyen: caña de azúcar, tabaco, café, papa, (tolerante a bajo nivel de fosfato), te, vegetales, trigo y cultivos frutales. Los Andosoles en pendientes pronunciadas se consideran de vocación forestal (WRB, 2006).

Los Andosoles se presentan en regiones volcánicas en todo el mundo (WRB, Op.Cit.). Estos suelos se presentan principalmente en el sureste de Asia, África oriental y Centroamérica. En climas paisajes y materiales de origen muy variado, así como en grado de desarrollo muy diferentes. Están relacionados de manera estrecha con formaciones volcánicas, en especial con aquellas de materia piroclásticas recientes. Se encuentran preferentemente y más distribuidos en regiones con clima húmedo y perhúmedo, desde los trópicos al ártico. Se relacionan con casi todos los otros grandes grupos de suelos (Lal, 1987; Aguilera, 1989; Sommer *et al.*, 2003; WRB, 2006).

La característica principal de este tipo de suelos es que presentan un horizonte ándico en los primeros 30 cm de profundidad, esto es una capa de suelo de al menos 30 cm de espesor en la que la mineralogía está dominada por minerales de bajo orden estructural, generalmente asociados a productos de intemperismo de materiales piroclásticos. Se distinguen tres subtipos (Sommer *et al.*, 2003):

- a) Andosoles vítricos (vitric-andic), dominados por vidrios volcánicos. Suelos muy recientes.
- b) Andosoles alofánicos (sil-andic) compuestos casi solo por alofano y similares. Suelos de desarrollo incipiente.
- c) Andosoles álicos (alu-andic) dominados por complejos de aluminio con ácidos orgánicos. Suelos de desarrollo maduros.

Los minerales primarios, son ricos en alofano que consisten en vidrio y en agregados de vidrio en varios estados de intemperismo dependiendo de la edad del suelo y de los materiales volcánicos intemperizables, que estén levemente alterados. Los minerales secundarios están dominados por minerales paracrystalinos. También pueden presentarse pequeñas cantidades de minerales cristalinos. En el curso de su evolución se tornan más ácidos (pH (agua) > 5) (ISSS, 1998; Sommer *et al.*, 2003).

En cuanto a los horizontes se puede decir que: El horizonte superficial con frecuencia es grueso oscuro y fuertemente húmico (5 a 20 % de materia orgánica base seca), lo cual es característico de los andosoles. El humus se encuentra mezclado de manera íntima con la fracción mineral, de la cual no puede diferenciarse. El complejo órgano mineral está estrechamente ligado a los

gránulos más gruesos del suelo. Los horizontes subsuperficiales sí están presentes aun conservan una gran cantidad de humus que va de 1 a 5 % de materia orgánica de peso seco (ISSS, 1998; Sommer *et al.*, 2003).

Las propiedades ándicas resultan de la meteorización moderada principalmente en depósitos piroclásticos. La presencia de minerales de bajo grado de ordenamiento y/o complejos órgano-metálicos son característicos de las propiedades ándicas. Estos minerales y complejos comúnmente son parte de la secuencia de meteorización en depósitos piroclásticos (Material de suelo téfrico, propiedades vítricas, propiedades ándicas). Las propiedades ándicas pueden encontrarse en la superficie del suelo en la sub -superficie comúnmente ocurriendo en capas. Muchas capas superficiales con propiedades ándicas contienen elevada cantidad de materia orgánica (mas del 5%) (WRB, 2006).

Los andosoles poseen otras muchas propiedades diagnosticas que le son típicas, conforme a la WRB (2006): bajas densidades aparentes, alta microporividad que varía entre 60 y 90%, una alta capacidad de retención de humedades en relación con los contenidos de partículas de tamaños de arcilla (< 2 micras), una buena estabilidad de los microagregados, baja dispersión de la fracción coloidal y una alta friabilidad después de ser secados (estado polvoso, baja densidad.) (ISSS, 1998; Sommer *et al.*, 2003).

Químicamente los andosoles exhiben ciertas propiedades únicas: Tienen carga variable, dependiente del pH. Esta situación es resultado de la composición química de los productos de alofano y se acentúa conforme aumenta la cantidad de aluminio. Por lo general la retención de fósforo es mayor de 85 % del fósforo añadido a la solución (ISSS, 1998; Sommer *et al.*, 2003).

Los Andosoles también sufren diferenciación espacial de acuerdo con regimenes de temperatura relacionados con latitud y altitud: entre los 10° y 12° C. Por encima de este nivel están dominados por alofano, por debajo de este nivel dominan los Andosoles álicos (Sommer *et al.*, 2003).

Por su alta susceptibilidad a la erosión, así como la fuerte fijación de fósforo que presentan, deben destinarse a explotación forestal o establecimiento de parques recreativos (Aguilera, 1989).

2.3.1.1 Material Téfrico y Andosolización

El material téfrico (del griego *tephra*, montón de ceniza) consiste ya sea de téfra, esto es, productos piroclásticos no consolidados, no o solo ligeramente meteorizados de erupciones volcánicas (incluyendo cenizas, lapilli, pómez, piroclastos vesiculares tipo pómez, bloques o bombas volcánicas), o de depósitos tefricos, es decir (téfra que ha sido re TRABAJADA y mezclada con material de otras fuentes. Esto incluye loess téfrico, arena éolica y téfrica y aluvio vulcanogénico (WRB, 2006).

Las propiedades vítricas (del latín *vitrum*, vidrio) se aplican a capas con vidrio volcánico y otros minerales primarios derivados de eyecciones volcánicas y que contienen una cantidad limitada de minerales de bajo grado de ordenamiento o complejos órgano-metálicos. Estas pueden presentarse en una capa superficial. Sin embargo también pueden estar bajo algunas decenas de

centímetros de depósitos piroclásticos recientes. Las capas con propiedades vítricas pueden tener una cantidad apreciable de materia orgánica (WRB, Op.Cit.).

Las cenizas volcánicas o téfra se encuentran comúnmente sin consolidar, es material pulverizado conteniendo una gran cantidad de vidrios volcánicos que muestran la menor resistencia al intemperismo químico. Por consiguiente, los fragmentos volcánicos rápidamente intemperizados resultan en una formación de grandes cantidades de materiales no-cristalinos. Este proceso ocurre principalmente en fragmentos volcánicos (ceniza, polvo y rocas volcánicas), fue llamado primeramente por Duchaufour en 1984 como “andosolización” (Shoji, 1993). La rápida precipitación de precursores húmicos por aluminio activado (Gobat, *et al.*, 2004).

Desarrollo del horizonte A por la andosolización esta caracterizada por acumulación de materia orgánica, estabilización de materia orgánica por Al y Fe activo, ácido carbónico intemperizado (alofánico) contra ácido orgánico intemperizado (no alofánico) y formación de sílice de opalina laminar. En el horizonte A hay una subsecuente filtración pequeña de estos componentes al horizonte B. La formación del horizonte B esta dominada por una intemperización *in situ* y procede primariamente por ácido carbónico intemperizado con traslocación no significativa de Al, Fe y ácidos orgánicos disueltos. Por lo tanto preferencialmente la formación de materiales no cristalinos tales como el alofano, imogolita, sílice de opalina laminar, ferrihidrita y complejo húmico Al/Fe es una característica distintiva del proceso laminar de andosolización (Shoji, 1993).

2.3.2 Cambisoles

Del italiano *cambiare*, cambiar (WRB, 2006).

Suelos moderadamente desarrollados caracterizados por ligero o moderado intemperismo del material parental (ISSS, 1998).

Los Cambisoles combinan suelos con un formación de por lo menos un horizonte subsuperficial incipiente. La transformación del material parental es evidente por la estructura de formación y principalmente por la decoloración pardusca, incremento en el porcentaje de arcilla y/o remoción de carbonatos. La taxonomía de suelos de los Estados Unidos clasifica a la mayoría de estos suelos como Inceptisoles (WRB, 2006).

Resumen de la descripción de Cambisoles (WRB, 2006):

Connotación: Suelos con por lo menos el principio de un horizonte de diferenciación en el subsuelo evidente por el cambio en estructura, color, contenido de arcilla o contenido de carbonato.

Material parental: Materiales de textura media a fina, derivados de una gran variedad de rocas.

Desarrollo del perfil: Los Cambisoles se caracterizan por intemperismo de ligero a moderado del material parental y por ausencia de cantidades apreciables de arcilla, materia orgánica, compuestos de Al y/o Fe.

Ambiente: Terrenos llanos a montañosos en todos los climas; amplio rango de tipos de vegetación.

Manejo y Uso de los Cambisoles: Los Cambisoles generalmente son suelos buenos para la agricultura y son usados intensivamente. Los Cambisoles con alta saturación de bases en las zonas templadas están entre los suelos más productivos de la tierra. Los Cambisoles más ácidos, aunque menos fértiles son usados para agricultura arable mixta y como terreno de forrajeo y terrenos forestales. Los Cambisoles en pendientes inclinadas es mejor mantenerlos bajo bosque. Los Cambisoles en planicies aluviales bajo riego en la zona seca se usan intensivamente para producción de alimentos y cultivos de oleaginosas. Los Cambisoles en terrenos ondulados o montañosos (principalmente coluviales), son plantados con una variedad de cultivos anuales y perennes o son usadas como tierras de pastoreo.

Los Cambisoles de los trópicos húmedos son típicamente pobres en nutrientes pero son todavía más ricos que los Acrisoles o Ferrasoles asociados y tienen una gran CIC. Los Cambisoles con influencia de agua freática en planicies aluviales son suelos de arrozales inundados altamente productivos (WRB, 2006).

Son suelos con un horizonte cámbico, esto es un horizonte superficial de 15 cm de espesor, que muestre evidencia de alteración con los horizontes subyacentes. Presentando las siguientes características:

- a) estructura moderadamente desarrollada,
- b) colores más rojizos o intensos y
- c) remoción de carbonatos o un horizonte mólico que sobreyacen un subsuelo con una saturación de bases.

Se consideran de desarrollo condicionado por su edad limitada. La principal característica es la presencia de un horizonte de alteración, que en los Cambisoles debe ser visto como un esbozo de formación del suelo. El horizonte cámbico puede ser bastante estable, en especial cuando el ambiente contrarresta las fuerzas de pedogénesis. Un horizonte cámbico en la práctica se considera como cualquiera sección del perfil del suelo que se sitúa entre un horizonte superficial enriquecido en humus y un sustrato relativamente inalterado (Sommer *et al.*, 2003).

Según la FAO (ISSS, 1998; WRB 2006) cubren un área aproximada de 1.5 billones de hectáreas a nivel mundial y constituyen el segundo grupo de mayor distribución. Ocurren en regiones con un excedente de precipitación pluvial, pero en terrenos cuya posición topográfica permite la descarga del exceso de agua superficial. Los Cambisoles son pocos comunes en los trópicos y subtropicos, donde el intemperismo intensivo y los materiales parentales antiguos son la regla. También se localizan en áreas con erosión geológica activa. Son relativamente frecuentes en regiones áridas, en áreas montañosas bajo climas templados o boreales (ISSS, 1998; Sommer *et al.*, 2003).

Minerales: el hecho que este tipo de suelos estén en un primer estado de formación con frecuencia se hace evidente por la presencia de cantidades apreciables de minerales intemperizables y la ausencia de signos de pedogénesis avanzada, además se forman óxidos férricos, óxidos e hidróxidos de aluminio y arcillas silicatadas, y se presenta leve lixiviación de bases, pero no hay una clara migración de Fe, Al, materia orgánica o arcillas (ISSS, 1998, Sommer, *et al.*, 2003).

Las características físicas y químicas de los Cambisoles son muy variadas sin embargo podemos decir que:

La mayoría contiene al menos algunos minerales intemperizables en la fracción limosa y arenosa. Tienen texturas medias y buena estabilidad estructural, alta porosidad, buena capacidad de retención de agua buen drenaje interno. Poseen pH neutros a ligeramente ácidos, una fertilidad satisfactoria y fauna edáfica activa (ISSS, 1998. Sommer *et al*; 2003).

III. AREA DE ESTUDIO

3.1 Localización

La Estación de Biología Tropical “Los Tuxtlas” (EBTLT) se encuentra dentro de la Sierra del mismo nombre en la vertiente del Golfo de México, al SE del estado de Veracruz (Figura 1). La Sierra de Los Tuxtlas se compone de una sucesión de montañas de orientación diagonal NW-SE. Estas son en realidad una aglomeración de cráteres pequeños. La localización geográfica de corresponde a las coordenadas: 95° 04′ – 95° 09′ de longitud oeste y 18° 34′ – 18° 36′ de latitud norte. La EBT cubre una superficie total de 640 hectáreas, enclavada en la vertiente este del Volcán de San Martín Tuxtla, ocupa un terreno inclinado; cuya altitud varía entre los 150 msnm en su lado este, hasta aproximadamente 1650 msnm en su lado oeste (Dirzo *et al.*, 1997; Sommer *et al.*, 2003)

3.2 Clima

La emergencia montañosa de esta sierra “incrustada” en la planicie costera, en contacto directo con la costa y la posición latitudinal se ve sujeta a una gran precipitación, siendo una de las regiones más lluviosas del país (Dirzo *et al.*, 1997; Sommer *et al.*, 2003).

En las sierra de Los Tuxtlas se encuentran cinco variantes del grupo de climas calido húmedos, dadas principalmente por las condiciones de humedad, además del grupo semicálido. Adicionalmente la parte más alta de la sierra tiene características templadas que se reflejan en la vegetación con temperaturas de 18° C por arriba de los 1600 m de altitud (Dirzo *et al.*, 1997).

Para la EBT Los Tuxtlas el clima que se presenta es el: Af(m)w”(i)g, que es el mas húmedo de los climas calidos, con una clara preconcentración de la precipitación en los meses de verano y con un porcentaje de lluvia invernal menor del 18%. La precipitación promedio anual es de 4 725 mm y la del mes mas seco es mayor de 60 mm. Las temperaturas máximas de 32.18° C, media 24.3° C y mínima 16.4° C, con una oscilación de 6° C (García 1970, Ibarra-Manríquez (1987) en (Dirzo *et al.*, 1997).

La Sierra de los Tuxtlas se ve afectada por la presencia de dos tipos de perturbaciones atmosféricas: los ciclones tropicales y los llamados “nortes”. Los primeros son alteraciones que se originan en aguas calidas, estos son responsables de aportes considerables de humedad a la selva. Los “nortes” son invasiones de masas de aire frío que proviene del norte del continente y al cruzar por el Golfo de México modifican su temperatura y recogen humedad (Dirzo *et al.*, 1997).

3.3 Geología y Mineralogía

Su historia geológica, donde su gran actividad se manifiesta por el alto contenido de cenizas y arenas volcánicas ha sido importante en el desarrollo de la Sierra de Los Tuxtlas. Las emisiones volcánicas han creado este macizo volcánico formado por 276 estructuras volcánicas. En el caso del volcán San Martín Tuxtla, su pico mas alto tiene 1650 m, un diámetro aproximado de 12 km, es el de mayor influencia en la zona de la estación (en Dirzo *et al.*, 1997).

El vulcanismo de Los Tuxtlas se remonta hasta el Oligoceno, su actividad se manifiesta por el alto contenido de cenizas y arenas volcánicas, que se observaron en las formaciones La Laja del oligoceno y están constituidos esencialmente por arcillas tobáceas y areniscas, de grano medio a grueso, de forma lenticular, con un alto porcentaje de material volcánico. Depósito del Mioceno

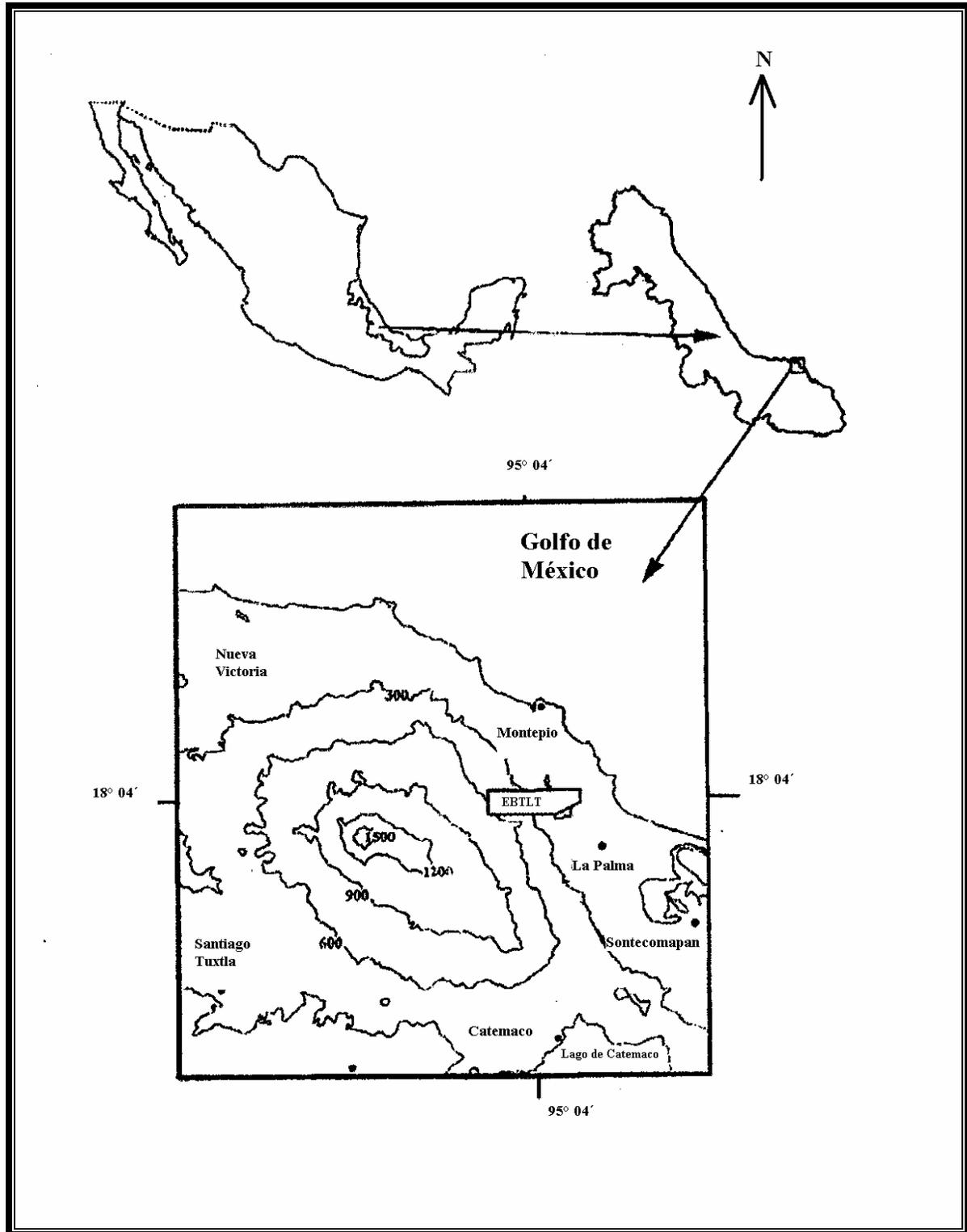


Figura 1. Mapa de localización de la región de “Los Tuxtlas” en el estado de Veracruz, México. Se muestra la ubicación de la Estación de Biología Tropical “Los Tuxtlas”. (EBTLT). (Dirzo *et al.*, 1997).

Inferior representado por las formaciones Encanto y Concepción, compuestas principalmente por arcillas y arcillas arenosas. Las erupciones que se han presentado son de tipo efusivo-fisural (en Dirzo *et al.*, 1997; Sommer *et al.*, 2003).

Dentro del cráter del volcán San Martín hay dos pequeños conos cineríticos formados durante la última erupción de 1793 (Mociño 1870). Sin embargo la actividad volcánica ha continuado hasta fechas recientes con erupciones registradas por el volcán San Martín en 1664, 1793 y las fumarolas en 1829 (en Dirzo *et al.*, 1997).

Las descripciones petrográficas y los análisis químicos indican que las lavas de este campo volcánico son predominantemente basálticas e incluyen picritas y andesitas; además están fuertemente subsaturadas en sílice y de carácter poco diferenciado (en Sommer *et al.*, 2003).

El tipo de sedimentos marinos que afloran en la región de Los Tuxtlas corresponden al Triásico superior. Los materiales volcánicos del área corresponden basaltos de olivino y piroxeno, basaltos nefelíticos, basanitas y, en menor proporción, andesitas (Dirzo *et al.*, 1997).

3.4 Vegetación

En general la flora de la región de Los Tuxtlas pertenece al Reino Geográfico Neotropical y dentro de éste a la Región Caribeña y a la Provincia de la costa del Golfo de México de acuerdo con Rzedowsky (1978) (en Dirzo *et al.*, 1997).

El área de la EBT Los Tuxtlas está cubierta mayoritariamente por la Selva Alta Perennifolia (SAP), aunque existen variantes de la misma como la selva mediana en el cerro El Vigía y la selva alta sobre pedregal hacia el oeste de la reserva (Dirzo *et al.*, Op.Cit.).

La selva alta perennifolia, de acuerdo con el sistema de Miranda y Hernández X. (1963); es una categoría que puede ser incluida dentro del tipo de vegetación descrito como bosque tropical perennifolio por Rzedowsky (1978) y similar al *tropical rain forest* propuesto por Richard (1952) y al de *tropical wet forest* de Holdridge (1967). Y de acuerdo con Sousa (1968) es uno de los nueve tipos de vegetación presentes en la región de Los Tuxtlas: Bosque caducifolio, encinar, manglar, sabana, selva alta perennifolia, selva baja perennifolia, selva mediana subcaducifolia, pinar y vegetación costera (en Dirzo *et al.*, Op.Cit.).

La SAP es la mejor descrita, ya que abarca el ámbito de influencia de la mayoría de las investigaciones realizadas en la reserva. La SAP presenta un dosel que tiene una altura de 30 - 35 m, aunque ocasionalmente algunos árboles llegan hasta los 40 m., como *Ficus yoponensis*, *F. tecolutensis* o *Ceiba pentandra*. A pesar de que el número de especies de palmas es muy bajo, su gran abundancia imprime una fisonomía característica a la comunidad (Dirzo *et al.*, 1997).

En un estudio realizado en el censo de una hectárea, indica que alrededor del 50 % de las plantas pertenecen a esta familia y que algunas especies tienen densidades de más de un millar de individuos como es el caso de *Astrocarium mexicanum*, *Chamaedora pinnatifrons*, *C. alternans* (en Dirzo *et al.*, 1997).

Las trepadoras están ampliamente representadas por especies de las familias Araceae, Bignoniaceae, Asteraceae y Asclepiadaceae. Las epifitas más comunes están representadas por especies de las familias Araceae, Bromeliaceae y Orchidaceae y las más raras pertenecen a la familia Cactaceae. Plantas de los géneros *Ficus* ("Amates") se presentan frecuentemente como árboles estranguladores (Dirzo *et al.*, Op.Cit.).

En el piso de la selva se encuentra vegetación herbácea y plántulas de los elementos arbóreos del dosel. Las herbáceas más comunes en este nicho pertenecen a las familias Acanthaceae, Araceae y Zingiberaceae. Además de helechos, musgos, líquenes y hepáticas en general. Y gran variedad de hongos (Dirzo *et al.*, 1997).

Otra variante de la SAP es la que se encuentra presente en las cimas de las montañas, aproximadamente entre los 350 y 700 msnm. La altura de los árboles oscila entre los 10 y 20 m, aunque algunos individuos en lugares más o menos planos pueden alcanzar hasta los 25 m como por ejemplo: *Nectandra lundelli* u *Ormosia panamensis*. Un aspecto sobresaliente es la menor abundancia de palmas a medida que se asciende en la montaña (Dirzo *et al.*, Op.Cit).

Debido a la caída de árboles, la vegetación resultante representa diversas fases sucesionales, con un predominio de árboles pequeños, lo cual se intensifica hacia las cimas, en donde incluso las formas de crecimiento predominantes son herbáceas y árboles heliofilos (Carabias, 1979).

Otra de las variantes es la llamada selva alta perennifolia sobre suelos jóvenes es conocida localmente como “pedregal” o “malpaís”, y se localiza en la parte oeste de la Estación, entre los 350 y los 550 m de altitud. La característica más sobresaliente del “pedregal” es el sustrato sobre el cual se establece, en donde se conjugan roca volcánica y suelos jóvenes. A pesar de que el sustrato es muy accidentado, los árboles alcanzan alturas promedio de 35 m, aunque algunos llegan alrededor de los 50 m, ejemplo *Ulmus mexicana*, Aunque comparte especies dominantes con la selva alta perennifolia sobre suelos profundos la flora del pedregal es distinta. Las palmas forman un componente fisiológico importante. Otro aspecto notable es la abundancia de especies rupícolas en su mayoría pertenecientes a las familias Polipodiáceas y Piperáceas (Dirzo *et al.*, 1997).

La vegetación de zonas perturbadas domina las zonas aledañas a la Estación y es producto de procesos de sucesión secundaria y actividades agropecuarias. De manera general se puede distinguir vegetación ruderal, pastizales y “acahuales”. Estos últimos son comunidades secundarias en distintas etapas de regeneración representadas básicamente por especies heliófilas de crecimiento rápido (Carabias 1979). Pero difieren notablemente en su composición y diversidad de especies, dependiendo de la edad sucesional, la historia de manejo del sitio y la cercanía de este con fuentes de propagulos (Dirzo *et al.*, Op.Cit).

3.5 Florística

Los trabajos realizados en esta zona indican que flora vascular de la EBT Los Tuxtlas incluye 943 especies, 545 géneros, y 137 familias (Dirzo *et al.*, 1997).

Las familias con el mayor número de especies son Orchidaceae, Polypodiaceae, Asteraceae, Leguminosae y Rubiaceae. Los géneros más diversos son: *Epidendrum* (Orchidaceae), *Ficus* (Moraceae), *Piper* y *Peperomia* (Piperaceae), *Psychotria* (Rubiaceae) y *Eupatorium* (Asteraceae). (Dirzo *et al.*, Op.Cit).

Pteridofitas y plantas afines (helechos y musgos), en la región de Los Tuxtlas hay alrededor de 80 especies en 18 familias, representando poco más del 8 % de la vegetación (Dirzo *et al.*, 1997).

3.6 Fisonomía

Fisonómicamente la selva de Los Tuxtlas es un bosque de árboles altos, de troncos gruesos y lisos, con contrafuertes. Las copas de los árboles son aplanadas y la mayoría de las especies poseen hojas con folíolos en las de hojas compuestas; de pequeñas a medianas (mesófilas). Además de los árboles es de extremadamente importante la presencia de lianas (bejucos), palmas y epífitas. La forma de vida predominante, en términos numéricos es la de los árboles arbustos, que constituye el 55% de los individuos, mientras que las palmas ocupan el 45% y la lianas el 95%. (Dirzo *et al.*, 1997).

3.7 Suelos

Los tipos de suelos reportados para la EBT “Los Tuxtlas” son:

Chizon (1984), Feozem Gleysol, Regosol y Arenosol

García (1988), Andosol, Regosol, Andosol-Luvisol-Feozem, Gleysol-Feozem y Litosol.

Sommer *et al.*, (2003) Andosoles-Cambisoles-Regosoles-Lixisoles-Gleysoles

Sousa (1968), reporta en estudios realizados en el área de la Estación “Los Tuxtlas” que corresponden a suelos con el mismo material de origen, pero diferentes niveles de fertilidad y grados de desarrollo, lo cual se hizo evidente en el tipo de vegetación que soportaba cada sitio (en Sommer *et al.*, 2003).

Salvador (1971), llevo a cabo un estudio de la vegetación en el cerro El Vigía en la Estación “Los Tuxtlas” reporta que los análisis de cuatro perfiles del suelo mostraron variaciones mínimas a causa de diferencias altitudinales, sin embargo a pesar de que la variación no eran considerable a través del análisis de los contenidos de nutrimentos se logra distinguir la zona de lavado o lixiviación en la parte alta del cerro y de la acumulación en la baja. Los niveles de nutrimentos en ambos sitios fueron bajos (N, P y K, excepto los niveles de Ca).

Rico (1972) en un estudio de vegetación secundaria en el ecosistema de selva tropical húmeda de La Estación Los Tuxtlas informa sobre condiciones de pobreza nutricional y muy bajos contenidos de materia orgánica. Las diferencias encontradas en las características del suelo fueron pequeñas y no pudieron relacionarse con los procesos de la sucesión.

En los análisis de Chizon (1984), de nueve perfiles de La Estación diferentes altitudes, vegetación y pendiente; no encuentra diferencias significativas entre las propiedades del suelo y la vegetación. También menciona que la topografía, los factores climáticos y meteorológicos son los que mas influyen en ella. Además de que clasifica seis de los perfiles como Feozem y los otros tres como Gleysol, Regosol y Arenosol.

García (1988) para el área de influencia del volcán San Martín reporta las siguientes asociaciones de suelos Andosol-Regosol, Andosol- Luvisol-Feozem, Gleysol-Feozem y Litosol (en Sommer *et al.*, 2003).

Para Alvarez (2003), el estudio de Sommer *et al.*, (2003) en la EBT Los Tuxtlas, donde analiza 11 perfiles de un transecto altitudinal realizado desde de los 200 hasta los 550 msnm; sienta las bases para entender las propiedades fisicoquímicas del suelo de esta selva. Donde reportan una

zonación altitudinal caracterizada por los tipos de suelos: Andosoles-Cambisoles-Regosoles-Lixisoles-Gleysoles.

3.7.1 Andosoles

Para el área de la EBT Los Tuxtlas Sommer *et al.*, (2003), identifica dos de los perfiles como Andosoles del tipo alofánico y reportan los siguientes valores: pH en agua alrededor de 6.0 a 6.5 en todos los casos, por lo que los clasifican como andosoles ligeramente ácidos, la retención de fósforo en suelo superficial fue de 96 y 91%. Los valores de materia orgánica resultaron altos de 11 % en el suelo superficial a 1.2 % en el horizonte mas profundo y de 7.0 a 2.1 en otro caso. La presencia de materia orgánica en cantidades más o menos altas a todo lo largo del perfil se manifiesta con claridad. Plasticidad de ligera a no detectada, adhesividad muy ligera con una densidad aparente de 0.8 a 1.0 g cm³, Los valores de porosidad del 50%. Contenidos de arcilla muy bajos. Con reservas adecuadas de K y Ca intercambiable, y N total. El P es fuertemente retenido por la fracción coloidal. La relación C/N indica fácil descomposición de materiales orgánicos bajo condiciones favorables.

Sommer *et al.*, (2003), también menciona que este tipo de suelos del área de estudio son suelos relativamente someros, con penetración de raíces a regular profundidad, balance de agua y aire adecuados sin problemas de erosión y drenaje de sitio eficiente. La textura la reporta como franco arenosa, la estructura determinada fue de tipo granular. Colores de gris muy oscuro en horizontes superficiales a pardo grisáceo en los horizontes mas profundos, no hay horizonte eluvial lo que indica que la traslocación de complejos órgano-minerales se lleva acabo difícilmente (Sommer *et al.*, 2003).

3.7.2 Cambisoles

Para el área de la EBT Los Tuxtlas (Sommer *et al.*, 2003), identifican un perfil como este tipo de suelo. Con valores altos para el porcentaje de saturación de bases para los horizontes de hasta una profundidad de 100 cm, en tanto que los valores para los horizontes subyacentes con valores por debajo de este límite. Este patrón se observa asimismo en la materia orgánica, ya que los valores de la misma son relativamente estables (3%), hasta la profundidad de 100 cm, en tanto que decae a 0.4 % en los horizontes mas profundos.

Los minerales dominantes para los suelos de la Estación, excluyendo los Andosoles en general fueron caolinitas con cierto grado de desorden en su cristalización. Las texturas fueron como predominio limosas en los primeros horizontes, graduando a francas en los horizontes más profundos, estructura migajosa, con una porosidad total alta rebasando el 50 % densidad aparente de 0.8 a 0.9 g cm³. Los valores de pH levemente ácidos de 5.3 a 6.6.

En cuanto a la distribución de las arcillas , menciona que estas observan un aumento gradual y leve respecto a la profundidad.

Además se menciona (Sommer *et al.*, 2003).que para el área de estudio los Cambisoles representan sitios con suelos profundos con profundidad fisiológica media y una capa de material compacto alrededor de los 100 cm de profundidad que puede llegar a restringir la penetración de las raíces y agua. Su economía de aire y agua son adecuadas. Son sitios con buen drenaje, aunque

propensos a la erosión hídrica. Con reservas nutrimentales adecuadas y una relación C/N que indica la presencia de residuos de fácil descomposición.

IV. MATERIAL Y METODO

4.1 CAMPO

Se realizaron 10 perfiles edafológicos en dos sitios de la zona de La Estación de “Los Tuxtlas”, Ver. El Sitio I (SI) localizado en la zona del Cerro del Borrego, Loma del Caballo de Montepío. El Sitio II (SII) localizado en la zona de La Estación “Los Tuxtlas”, en el Sendero Vigía 5. Se colectaron muestras de los horizontes realizados a los perfiles edafológicos. Las muestras se secaron en charolas de plástico por aproximadamente dos semanas. Las muestras se tamizaron en malla de # 10 abertura de 2 mm. Se realizaron los análisis químicos en el laboratorio:

4.2 LABORATORIO

4.2.1 pH

Pesar 10 g de la muestra de suelo en balanza granataria (OHAUS – 1500D)
Colocar en vaso de precipitados de vidrio de 100 ml
Agregar 25 ml de líquido (agua destilada o solución de KCl 1M)
Agitar 2 horas
Medir en potenciómetro (CORNING 7, con electrodo de vidrio calomel)
Calibrado con solución buffer pH - 4 y pH - 7
(Black, 1965; Van Reeuwijk, 2006).

4.2.2 Acidez Intercambiable

Pesar 6 g de la muestra de suelo en la balanza granataria (OHAUS – 1500D)
Colocar en tubo de centrifuga de 50 ml
Agregar 30 ml de solución de KCl 1M
Agitar 4 horas
Centrifugar (HERMEL Modelo Z 323) a 2 800 rpm durante 10 minutos
Verter el sobrenadante en frasco de vidrio de 100 ml
Agregar 5 gotas de fenoftaleina al 0.1 %
Titular con solución de NaOH 0.025M
Titular blancos
(Black, 1965; Van Reeuwijk, 2006).

4.2.3 Carbono Orgánico

Moler una muestra de suelo en mortero de ágata
Tamizar el suelo en malla de apertura 0.5 mm
Pesar 0.1 g del cernido en la balanza analítica (METTLER)
Colocar en matraz Erlenmeyer de 250 ml
Agregar 5 ml de $K_2Cr_2O_7$ 1N agitando para dispersar el suelo en esta solución
Agregar 10 ml de H_2SO_4 concentrado (96%), cuidadosamente y por la pared del matraz Agitar por un minuto
Dejar enfriar 30 minutos sobre malla de asbesto
Agregar 100 ml de agua destilada
Agregar 5 ml de H_3PO_4 concentrado 96% y agitar para dispersar la solución
5 gotas de -bariosulfonato de difenilamina
Titular con $FeSO_4$ 0.5N
Lo mismo se realizó con el blanco para conocer la normalidad $FeSO_4$ 0.5N

(Black 1965, Marín 2002, Van Reeuwijk 2006).

4.2.4 Bases Intercambiables

Pesar 1.125 g de la muestra del suelo en la balanza analítica (METTLER)

Colocar en tubos de centrifuga de 50 ml

Agregar 25 ml de acetato de amonio 1N pH 7

Agitar 4 horas

Centrifugar (HERMEL Modelo Z 323) a 8 000 rpm

Filtrar con papel filtro Whatman del numero 1

Aforar en matraz de 25 ml

La concentración de Na^+ y K^+ se midieron con flamómetro (CORNING – 400).

La concentración de Ca^{++} y Mg^{++} se midieron con un espectrofotómetro de absorción atómica (PERKIN – ELMER Modelo 2380)

(Black 1965, Marín 2002, Van Reeuwijk 2006).

V. RESULTADOS

5.1 Tablas de Resultados SI y SII

Los resultados de los análisis químicos realizados a los perfiles del Sitio I (SI) y el Sitio II (SII) se muestran en las tablas 5 y 6.

5.2 Graficas de Resultados SI y SII

Las gráficas de los resultados de los análisis químicos realizados a los perfiles del Sitio I (SI) y el Sitio II (SII) se muestran en las figuras IIa, IIb y IIIa, IIIb;

Tabla 5. Resultados de los análisis químicos de los perfiles de suelo del SITIO I de la zona de la Estación "Los Tuxtlas"; localidad; Cerro del Borrego y Loma del Caballo de Montepío, San Andrés Tuxtla Ver.

SITIO I (SI)										
PERFIL	HORIZONTE	pH		Acidez	CO	Na ⁺	K ⁺	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	
		H ₂ O	KCl <i>IM</i>	Intercam.						
		1 : 2.5	1 : 2.5	cmol/kg						
cm		H ₂ O	KCl <i>IM</i>	cmol/kg	%	cmol/kg	cmol/kg	cmol/kg	cmol/kg	
1	O	0 - 2	Mantillo							
	A11	2 - 8	5.6	4.4	0.29	6.47	3.52	1.47	18.18	3.53
	A12	8 - 20	5.7	4.4	0.21	2.83	2.35	0.83	8.28	2.06
	B1	20 - 52	5.7	4.4	0.37	2.23	3.47	0.93	6.50	2.37
	B2	52 - 65	5.4	4.2	0.25	1.42	2.97	0.55	4.38	2.08
	B-C	65 -x	5.3	4.3	0.21	0.00	2.58	0.55	4.89	2.62
2	A11	0 -5- 11	5.5	4.8	0.25	6.07	3.12	2.41	19.71	2.92
	A12	11 - 26	5.5	4.7	0.21	2.83	2.91	1.81	12.21	2.77
	B1	26 - 48	5.5	4.5	0.21	1.21	3.52	0.42	12.09	3.44
	B2	48 - 60	5.5	4.5	0.25	1.21	3.75	0.42	12.29	4.02
	C	60 --x	5.4	4.4	0.21	1.42	3.53	0.33	11.70	3.60
3	0	0 - 3	Mantillo							
	A11	3 - 18	5.4	5.2	0.12	2.83	2.44	2.10	21.08	3.46
	A12	18 - 41	5.6	5.1	0.21	1.01	2.61	1.40	18.68	4.25
	B1	41 - 58/102	5.8	4.7	0.29	0.61	4.06	0.57	17.27	5.30
	B2	88 - 135	5.8	4.6	0.29	0.81	4.82	0.67	17.89	4.69
4	0	0 - 5	Muy abundante, hojas y trozos de troncos en descomposición pudriciones blancas.							
	A	5 - 25	5.7	5.2	0.08	2.63	2.75	0.93	12.73	3.89
	AB	25 -65	5.6	5.0	0.08	1.82	2.77	3.19	4.52	2.19
	BC	65 -- 85	5.0	4.4	0.17	1.01	2.54	1.55	3.01	3.01
5	0	0 - 2	Muy abundante, hojas y trozos de troncos en descomposición pudriciones blancas.							
	A	2 - 12	5.2	4.5	0.25	2.83	2.93	0.89	16.15	3.04
	B	12 - 45	5.5	4.5	0.17	2.02	3.11	0.56	13.97	3.48
	BC	45 -70	5.4	4.0	0.37	1.42	4.33	0.33	18.48	5.03
	C	70 - 105	5.8	3.6	1.17	1.42	4.87	0.39	22.00	8.18

Tabla 6. Resultados de los análisis químicos de los perfiles de suelo del SII de la zona de "Los Tuxtlas"; localidad: Estación y Reserva de la Biosfera, Sendero Vigía 5. Los Tuxtlas, Veracruz.

SITIO II (SII)										
PERFIL	HORIZONTE		pH	pH	Acidez Intercam.	CO	Na ⁺	K ⁺	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺
	cm		H ₂ O	KCl <i>1M</i>	cmol/kg	%	cmol/kg	cmol/kg	cmol/kg	cmol/kg
			1 : 2.5	1 : 2.5						
1	O 0 - 2	Moderado, hojas y trozos en descomposición, pudriciones blancas								
	A11 2 - 21		5.7	4.6	0.17	2.63	2.76	0.37	14.46	3.51
	A12 21 - 42		5.5	4.6	0.12	1.62	2.92	0.28	10.22	3.54
	42 - 62		5.5	4.3	0.29	1.01	2.45	0.18	11.25	5.34
	62 - 110		5.1	3.7	1.92	0.81	2.86	0.18	11.04	4.88
	110 - 128		4.8	3.5	5.08	0.41	3.37	0.23	12.95	4.13
2	O 0 - 3	Moderado, hojas y trozos en descomposición, pudriciones blancas								
	A11 3 - 21		4.8	4.4	0.21	4.65	3.28	0.61	12.80	3.26
	A12 21 - 50		5.8	4.3	0.25	1.62	3.10	0.28	9.19	2.83
	BC1 50 - 84		5.3	4	0.42	0.41	3.61	0.14	8.87	3.90
	BC2 84 - 112		5.1	3.8	0.92	0.41	3.26	0.14	4.82	3.52
3	O 0 - 2	Moderado, hojas y trozos en descomposición, pudriciones blancas								
	A11 2 - 16		4.9	4	0.04	2.83	2.56	0.47	14.52	3.85
	A12 16 - 45		4.9	4.1	0.21	2.23	2.60	0.37	13.25	3.60
	C 45 - 100		5.1	4.1	0.29	0.10	4.22	0.24	11.53	3.85
4	O 0 - 2	Mantillo								
	A11 2 - 18		4.9	4.5	0.54	2.63	2.04	0.28	11.48	3.37
	A12 18 - 38/55		4.9	4.1	0.21	1.21	3.45	0.23	7.90	3.93
	C 75 - 105		5.1	4.1	0.54	0.20	2.95	0.18	6.94	5.28
5	O 0 - 2	Mantillo								
	A11 2 - 10		4.8	4.3	0.08	3.24	1.80	0.37	13.31	3.66
	A12 10 - 34		4.9	4.3	0.25	2.02	2.68	0.28	10.27	3.38
	C 34 - 70		5	4.1	0.25	0.20	1.81	0.14	9.35	1.73
	C 70 - 110		4.9	3.7	0.87	0.41	2.29	0.14	7.73	3.84

Figura IIa. Gráficas de los resultados de los análisis químicos de los perfiles de suelos del SITIO I de la zona de La Estación "Los Tuxtlas", Ver.

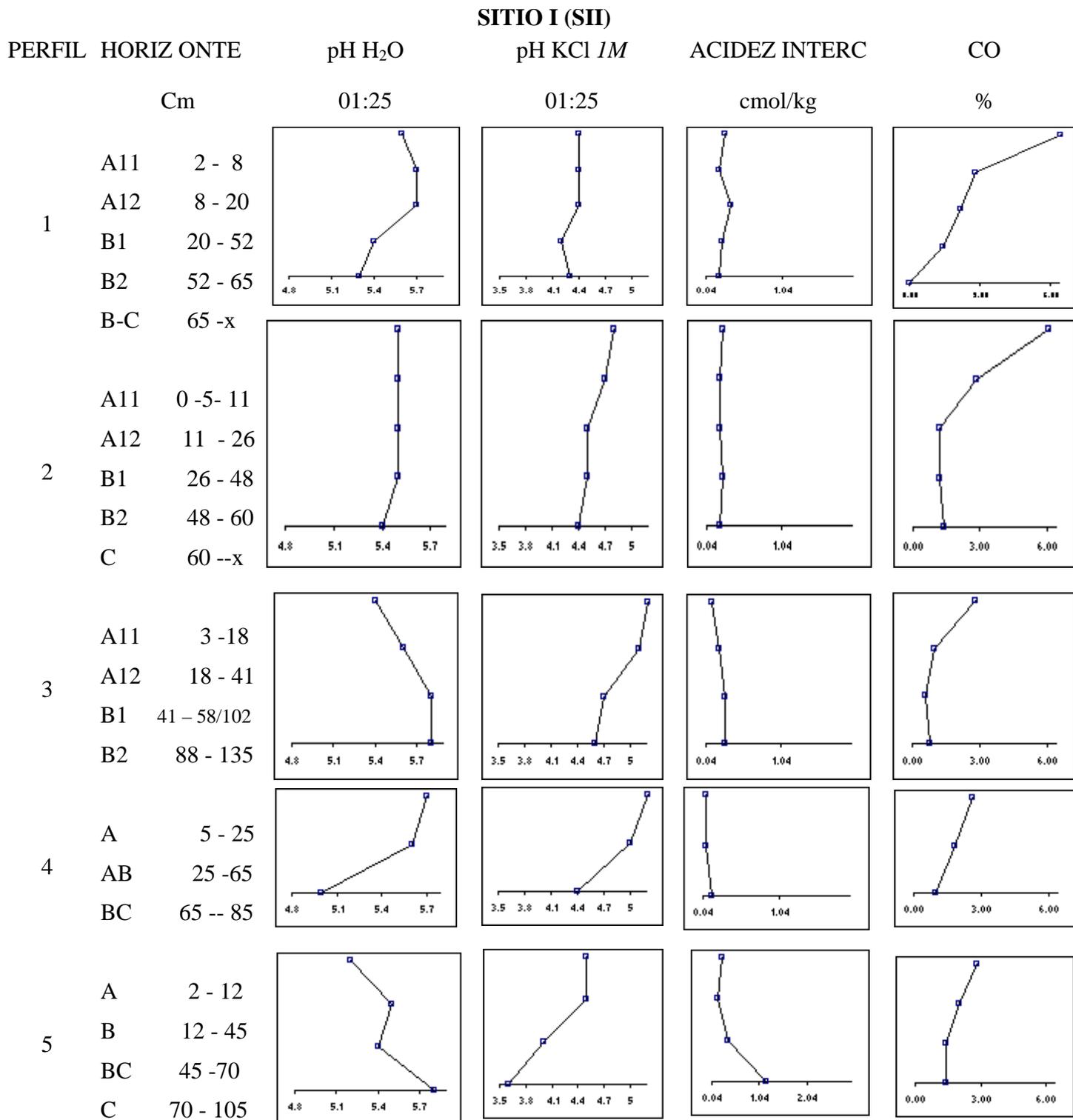


Figura IIb. Gráficas de los resultados de los análisis químicos de los perfiles de suelos del SITIO I (cont.) de la zona de La Estación "Los Tuxtlas", Ver.

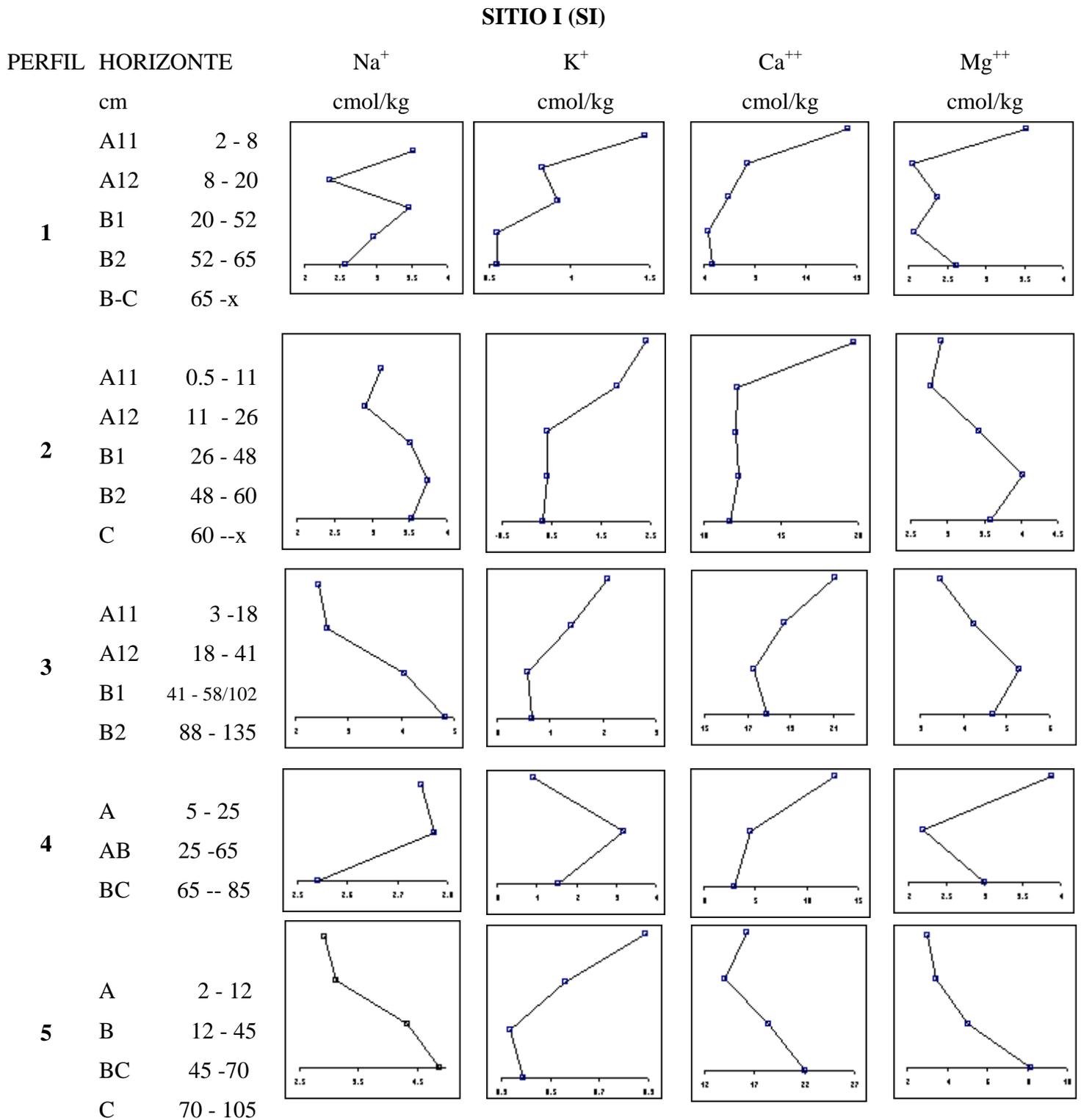


Figura IIIa. Gráficas de los resultados de los análisis químicos de los perfiles de suelos del SITIO II de la zona de La Estación "Los Tuxtlas", Ver.

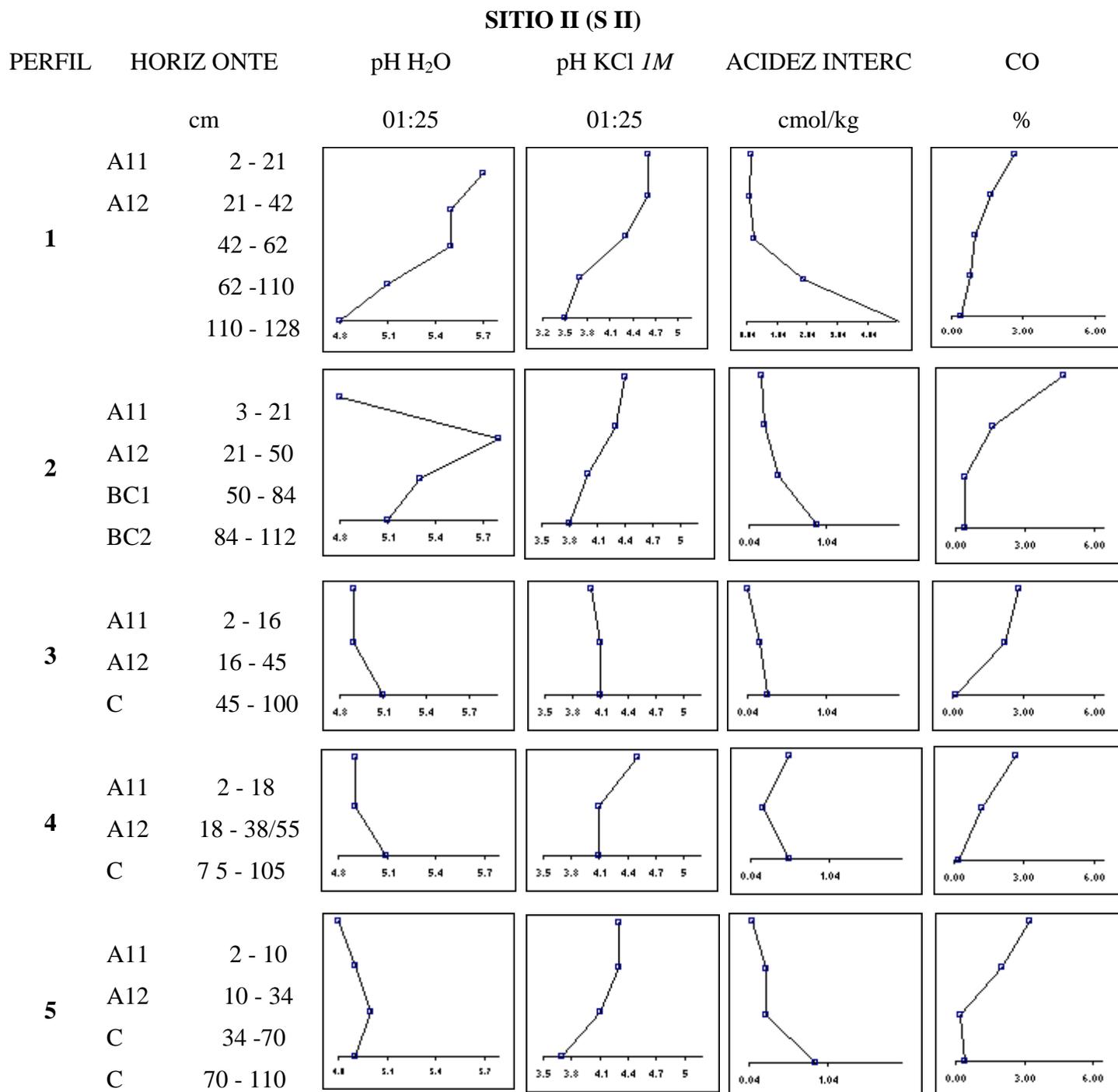
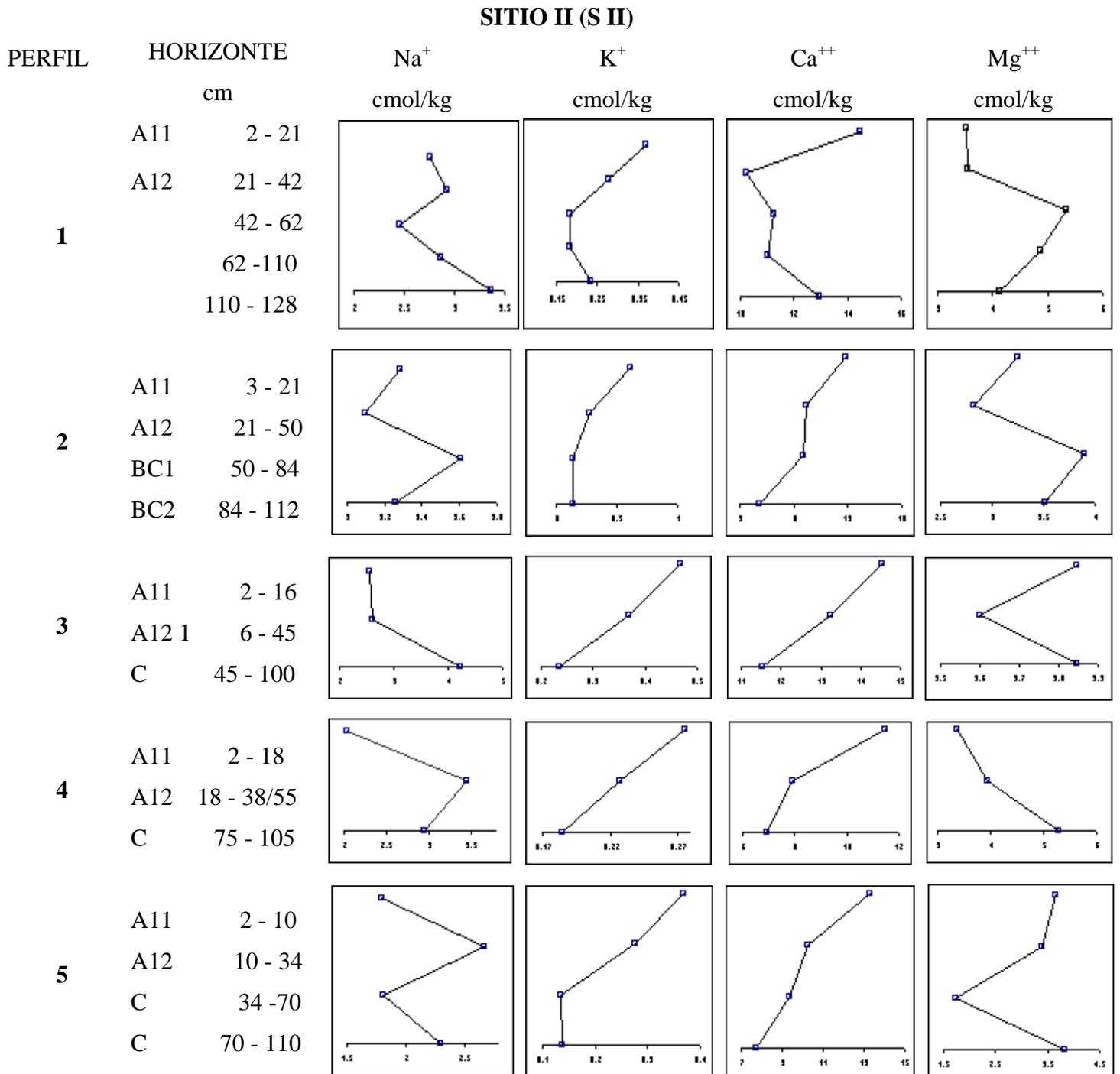


Figura IIIb. Gráficas de los resultados de los análisis químicos de los perfiles de suelos del SITIO II (cont.) de la zona de La Estación "Los Tuxtlas", Ver.



5.3 pH

5.3.1 H₂O destilada hervida (1:2.5)

Los valores registrados van de muy fuertemente ácido, fuertemente ácido a medianamente ácido: En el SI de 5.0 a 5.8 y en el SII de 4.8 a 5.7

Los valores con muy fuerte acidez de 4.8, se encontraron en los horizontes superficiales de los perfiles 2 y 5 del (SII), además de la muestra más profunda del perfil 1 (SII), seguida de los horizontes superficiales de los perfiles 3 y 4 (SII) con valores de entre 4.9 y 5.1

Valores medianamente ácidos de 5.8 se registraron en los horizontes más profundos de los perfiles 3 y 4 (SI), así como en la muestra del segundo horizonte del perfil 2 (SII). Seguidas del valor 5.7 del horizonte superficial del perfil 4 (SI) y 1 (SII), y los horizontes subyacentes a la superficie del perfil 1(SI).

5.3.2 KCl 1M (1:2.5)

En el SI de 3.6 a 5.2 y en el SII de 3.5 a 4.6.

Los perfiles en los que se reportaron los valores con mayor acidez son los horizontes más profundos de los perfiles 1 (SI) y 5 (SII), con 3.5 y 3.6 respectivamente y valores de 3.8 en la muestra del horizonte más profundo del perfil 5.

Los valores moderadamente ácidos de 5.2 se encontraron en los horizontes superficiales de los perfiles 3 y 4 (SI), así como valores de 5.1 en la muestra subyacente a la superficie del mismo perfil 3 (SI).

5.4 Acidez Intercambiable

Los valores para este análisis van de 0.04 a 5.08 cmol/kg.

En el SI de 0.08 a 1.17 y en el SII de 0.04 a 5.08

Los valores menores corresponden al horizonte superficial del perfil 3(SII) con 0.04 cmol/kg, así como de 0.08 cmol/kg en la superficie del perfil 4(SI) y del 5(SII). El valor mayor de 5.08 cmol/kg que se sale del rango general, se encuentra en el horizonte más profundo del perfil 1(SII). Aunque el siguiente valor mayor de 1.92 cmol/kg se encuentra exactamente arriba de este horizonte.

5.5 Carbono Orgánico

Los resultados de este análisis van de 0 % a 6.46%.

En el SI de 0 % a 6.46% y en el SII de 0.10 % a 4.65 %.

Los valores mayores de % C orgánico (CO) se encuentran en los horizontes superficiales de los perfiles 1 y 2 del (SI) con 6.47% y 6.06 de % C respectivamente y los valores mínimos corresponden a los horizontes más profundos de los perfiles 1(SI) y 3(SII), con valores de 0 % y 0.10 % de CO respectivamente.

El horizonte superficial de los perfiles 1 y 2 del SI y 2 del SII presentan valores altos de porcentaje de CO. Se observa una tendencia de disminución del porcentaje de CO con la profundidad en ambos sitios. Aunque en los perfiles 2 y 3 del SI y 5 del SII se observa un ligero aumento del CO en el horizonte más profundo con respecto al anterior.

5.6 Bases Intercambiables

Na⁺

Los valores registrados para el Na son de 1.80 a 4.87 cmol/kg.

En el SI de 2.35 cmol/kg a 4.87 cmol/kg y en el SII de 1.80 cmol/kg a 4.22 cmol/kg

Los valores mínimos de 1.80 cmol/kg y 1.81 cmol/kg se encontraron en la superficie y tercer horizonte del perfil 5(SII) respectivamente. Así como de 2.04 cmol/kg en el horizontes superficial del perfil 4(SII).

Los valores mayores de 4.87 y 4.82 cmol/kg se encuentran en los horizontes de mayor profundidad de los perfiles 5 y 3 (SI) respectivamente.

K⁺

Los valores encontrados para el K van de 0.14 a 3.19 cmol/kg

En el SI de 0.33 cmol/kg a 3.19 cmol/kg y en el SII de 0.14 cmol/kg a 0.61 cmol/kg

El valor mínimo de 0.14 cmol/kg se encuentra en el horizonte de mayor profundidad de los perfiles 3 y 5 (SII). Seguida de 0.18 cmol/kg en el horizonte más profundo del perfil 4(SII) y el tercer y cuarto horizonte del perfil 1 (SII).

El valor mayor de 3.19 cmol/kg se registró en el segundo horizonte del perfil 4 (SI). Seguida de 2.41 y 2.10 registradas en el horizonte superficial del perfil 2 y 3 (SI) respectivamente.

Ca⁺⁺

Para el Ca los valores registrados van de: 3.01 a 22 cmol/kg

En el SI de 3.01 cmol/kg a 22.00 cmol/kg y en el SII de 4.82 cmol/kg a 14.52 cmol/kg

Los valores mínimos se registraron de 3.01 y 4.38 cmol/kg en el horizonte mas profundo del perfil 4(SI) y el cuarto horizonte del perfil 1(SI) respectivamente.

Los valores mayores de 22 y 21.08 cmol/kg se encontraron en el horizonte de mayor profundidad del perfil 5 (SI) y la muestra superficial del perfil 3(SI) respectivamente.

Mg⁺⁺

Para el Mg los valores encontrados son: 1.73 a 8.18 cmol/kg

En el SI de 2.06 cmol/kg a 8.18 cmol/kg y en el SII de 1.73 cmol/kg a 5.34 cmol/kg

Los valores mínimos de 1.73 y 2.06 cmol/kg corresponden al tercer horizonte del perfil 5 (SII) y segundo horizonte del perfil 1 (SI) respectivamente.

Los valores mayores de 8.18 y 5.34 cmol/kg se registraron en el horizonte mas profundo del perfil 5 (SI) y tercer horizonte del perfil 1 (SI) respectivamente.

VII. DISCUSION

En general los resultados de los análisis químicos realizados en este trabajo en el laboratorio de Edafología M en C. Nicolás Agujera Herrera de la Facultad de Ciencias son consistentes con los reportados por investigaciones anteriores para la zona de estudio (Salvador, 1971; Chinzon, 1984; Sommer *et al.*, 2003; Ríos, 2006; Hernández, 2008). Y relacionado con las características de clasificación propuestas por la WRB (2006), para Andosoles y Cambisoles

Los valores de pH son muy similares a los reportados por investigaciones anteriores. Salvador (1971), reporta valores de ligeramente ácidos a medianamente ácidos, (5.0 a 6.5) con variaciones mínimas de pH de acuerdo con la cantidad de MO que la vegetación deposita en el suelo. Mientras que Chinzon (1984), reporta valores menos ácidos, cercanos a neutros (5.6 a 6.8 en agua destilada y 4.0 a 5.7 en KCl 1M).

Sommer *et al.*, (2003), reportan que los Andosoles identificados de la zona de estudio presentan valores de pH en agua alrededor de 6.0 a 6.5 en todos los casos por lo que se trata de Andosoles ligeramente ácidos. Además dice que los valores de pH no representan una limitante importante para el desarrollo de las plantas. Para los Cambisoles los valores de pH resultaron levemente ácidos dentro de un intervalo de 5.3 a 6.6. En el curso de su evolución, los Andosoles se tornan más ácidos. Los Andosoles levemente ácidos (pH agua >5) están dominados por complejos minerales paracrystalinos, asociados con ácidos húmicos. En Andosoles ácidos (pH<5) los complejos son principalmente quelatos (ácidos húmicos con Al y Fe). (Sommer *et al.*, 2003). Lo que corresponde a los resultados obtenidos en ambos sitios.

Aunque también los registros para Cambisoles del área de estudio Sommer *et al.*, (2003). Reportan valores levemente ácidos de (5.3 a 6.6). Correspondiendo en gran parte a los registros del SI.

Los usos de suelos analizados por Ríos (2006), en lugares cercanos a la zona; reporta valores de fuerte a moderadamente ácidos (4.8 a 5.3). No hay diferencia significativa en el pH entre los usos muestreados, por la capacidad amortiguadora del suelo.

Hernández, (2008) registra valores más ácidos que los anteriores autores. Los registros de mayor acidez corresponden al área de la Selva Alta, le siguen el Pastizal y que en la Selva Secundaria con los menos ácidos (pH agua de 4.6 a 6.0 y pH KCl 1M de 3.90 a 4.95).

Los análisis químicos realizados en este trabajo resultaron con valores de medianamente ácidos, a muy fuertemente ácidos. (pH agua destilada hervida 4.8 a 5.8 y pH KCl 1M de 3.5 a 5.2). Los perfiles del SII presentan los valores más fuertemente ácidos.

La acidez intercambiable en este trabajo presenta valores mínimos correspondientes a la superficie de un perfil del SI donde están los valores menores. Mientras que en el SII se observa una tendencia a aumentar con la profundidad y cuenta además con las mayores concentraciones registradas.

El porcentaje de Carbono Orgánico (CO), presenta una disminución con la profundidad.

Estos autores mencionan valores para el porcentaje de Materia Orgánica: Salvador (1971), reporta valores de pobre contenido (1.09 %) de MO, medianamente (1.8 %) MO y hasta extra ricos en MO con (5.8%) diciendo que: por la vegetación de la selva hay mayor % de MO. Chinzon (1984), reporta valores de muy bajo contenido (0.001%) hasta muy ricos en MO (17.6%) menciona además que las zonas cultivadas hay menor cantidad de MO y nutrientes esenciales.

Sommer *et al.*, (2003), mencionaron además que: la presencia de MO en cantidades más o menos altas a todo lo largo del perfil se manifestó con claridad. Concluye además que: los Andosoles de manera comparativa, para el área de la Estación observan un valor relativamente alto (la materia orgánica es de más fácil o rápida descomposición en el resto de los sitios que este). De los Cambisoles de la zona dice: con una facilidad de descomposición relativamente alta; pero baja comparándola con el resto de los sitios de la Estación. Las cantidades de MO resultaron menores que para los Andosoles. Lo que corresponde al SII con las menores concentraciones registradas.

Por su parte Ríos (2006), reporta valores altos de CO en usos de suelos muestreados cerca de la zona (3.7 % – 6.1 %). Incluso menciona el porcentaje de CO como un indicador potencial de la de degradación del suelo; debido al cambio de uso del mismo por actividades antropogénicas en la selva como el cultivo, o pastizales. El cambio en el uso del suelo, en la región de Los Tuxtlas, provoca una tendencia de disminución en las concentraciones de C y N en el suelo (Juárez, 2009).

Hernández (2008), por su parte reporta valores de bajo contenido de MO. Para el suelo superficial los máximos de 1.26 % en la Selva Alta y 1.77 % en el pastizal y el mayor registrado corresponde a la Selva Secundaria con 5.83 y los mínimos en los horizontes mas profundos de 0.46, 0.59 y 0.52% respectivamente para estas zonas.

En este estudio se encontró que el CO tiene los mayores porcentajes en los horizontes superficiales y va disminuyendo con la profundidad, siendo muy bajos en los horizontes con mayor profundidad. Los horizontes superficiales de los perfiles 1 y 2 del SI y 2 del SII, presentan un valor alto de porcentaje de CO. En todos los demás perfiles el porcentaje de CO disminuye con la profundidad con valores que van de medios, bajos y muy bajos de acuerdo a Marín (2002).

En cuanto a las Bases Intercambiables, Salvador, (1971); menciona que: Las variaciones de K y Ca se deban quizá a la topografía y Chinzon (1984), reporta valores para Na de (0.018 a 0.99 *cmol/100g*), K (0.001 a 0.99 *cmol/100g*) Ca (2.012 a 15.94 *cmol/100g*) y Mg (4.29 a 159 *cm/100g*).

Sommer *et al.*, (2003), mencionan que en Andosoles, el sitio cuentan con reservas adecuadas de K y Ca intercambiable.

En Cambisoles el K presenta muy bajas concentraciones, aunque las reservas de nutrimentos Ca y K intercambiables son adecuadas (Sommer *et al.*, 2003).

Hernández (2008), reporta los siguientes valores para Na de 0.17 *cmol/kg* en la Selva Secundaria a 0.43 *cmol/kg* en la Selva Alta. Para K de 0.02 *cmol/kg* en el Pastizal a 1.13 *cmol/kg* en la Selva Secundaria. El Ca de 0.13 *cmol/kg* en la Selva Alta a 8.19 *cmol/kg* en la Selva Secundaria y el

Mg de 1.6 cmol/kg en el Pastizal a 4.27 cmol/kg en la Selva Secundaria. Pastizales más ricos en bases.

Aunque los valores para el Na son ligeramente más altos que los reportados para esta zona, los registros para el resto de las bases es consistente con los resultados reportados con anterioridad. De acuerdo con Hernández (2008), las altas concentraciones de Na pueden deberse a un aporte extra de este elemento por parte de la brisa marina que sopla desde la costa que se encuentra muy cercana a la zona de estudio. Siendo el SI que presenta los valores mas altos para Na, K, Ca y Mg.

Los resultados obtenidos dan cuenta también de la relación de estos suelos con los procesos de andosolización y contenido de material tétrico. Con horizontes superficiales con un alto contenido húmico. Y la rápida precipitación de precursores húmicos por aluminio activado, que puede observarse sobre todo en los horizontes superficiales. Además de CO disuelto en el horizonte A y subsecuente filtración de estos componentes al horizonte B.

En los trabajos de análisis fisicoquímicos de los suelos que tratan de la relación de estos valores con la vegetación, en la zona de estudio se menciona que: las variaciones de la vegetación se presentan principalmente influenciadas por la altitud del terreno, características climáticas y edáficas Salvador (1971). No hay diferencia significativa en las propiedades de suelo sobre la distribución de la vegetación, esta se ve mas influenciada por factores como la topografía, clima, meteorológicos y microclima Chinzon (1984).

Aunque de alguna manera estos factores que se mencionan en la distribución de la vegetación y de las especies, también influyen y determinan ciertas características fisicoquímicas de los suelos. En una interacción reciproca.

Por su parte Hernández (2008), menciona que no hay degradación física o química de los suelos estudiados en la Selva Alta (SA), Selva Secundaria (SS) y Pastizal (PZ), aunque los valores de Mg en la zona forestal son mayores y los pastizales mas ricos en bases y CO.

En el mismo sentido que los autores se propone continuar con esta serie de estudios interdisciplinarios y conjuntos que ayuden al conocimiento generalizado, a fin de establecer los planes más adecuados de uso y aprovechamiento de esta y otros ecosistemas tropicales, relativamente abundantes en nuestro país. Para la conservación y utilización racional y sustentable de los recursos y la biodiversidad. De esta manera se espera contribuir a un mejor conocimiento de las propiedades químicas de estos suelos, con los resultados obtenidos de los análisis de los suelos de la zona de La Estación de Biología Tropical “Los Tuxtles”.

VII. CONCLUSIONES

Los valores de las propiedades químicas encontrados en los perfiles corresponden a los Andosoles para el SITIO II y Cambisoles para el SITIO I.

Los valores de pH van de levemente ácidos a moderadamente ácidos. Los perfiles del SI presentan los valores de mayor acidez.

La Acidez intercambiable tiende a aumentar con la profundidad, los valores mayores se encontraron en el SII.

Se obtuvieron alto contenido de carbono orgánico CO en la superficie de los perfiles, y con una tendencia de disminución gradual con la profundidad. Mayores cantidades en el SI.

Alto contenido de Na, K y Ca en el SI. Aunque ligeramente menor en Mg.

La mayoría de las altas concentraciones de Na se registraron en horizontes profundos, del SI en su mayoría.

Alto contenido de K sobre todo en los horizontes superficiales del SI.

El Ca tiende a disminuir en la mayoría de los perfiles con la profundidad. Mayores registros en el SI.

Los valores mayores del Mg corresponden a zonas de mayor profundidad en ambos sitios.

VIII. LITERATURA CITADA

Aguilera H. N., (1989). Tratado de Edafología de México, Tomo I. UNAM, Facultad de Ciencias, Laboratorio de Investigación de Edafología. México D. F., 222 pp.

Alvarez S. J. y Naranjo G. E. (2003). Los estudios de Ecología del Suelo en la Selva Tropical Húmeda Mexicana. En: Ecología del Suelo en la Selva Tropical Húmeda de México. Editor: Instituto de Biología. UNAM, México, D. F. 302 pp.

Bardgett R. D. (2005). The Biology of Soils. A Community and Ecosystem Approach. Oxford, UK: Oxford University, 242 pp.

Begon M., Harper J., Townsend C. (1986). Ecology: Individuals, populations, and communities. Snauer. Sunderland Ma. 876 pp.

Black C. A., (1965). Methods of soils analysis. Vol. I American Society of Agronomy. Madison Wis. U.S.A. 1572 pp.

Bruening E. F., (1996). Conservation and Management of Tropical Rainforest an integrated approach to sustainability. Wallingford, Oxon U. K. CAB International. 339 pp.

Carabias L. M. J., (1979). Análisis de la vegetación de la selva alta perennifolia y comunidades derivadas de ésta en una zona calido-húmeda de México, los Tuxtlas, Veracruz. Tesis Licenciatura (Biólogo)-UNAM, Facultad de Ciencias. México DF. 68 pp.

Chizon S. E. (1984). Relación Suelo-Vegetación en la Estación de Biología Tropical de Los Tuxtlas, Ver. (Un análisis de la distribución de diferentes tipos de suelos en relación a la cubierta vegetal que soporta). Tesis Licenciatura (Biólogo)-, ENEP-Zaragoza, UNAM, México D. F., 66 pp.

Dirzo, E., R. y R. C. Vogt. (1997) Historia Natural de Los Tuxtlas editado por González Soriano. Instituto de Biología, UNAM, CONABIO e Instituto de Ecología, UNAM, México, D. F., 647 pp.

Fassbender, H. W., B. E. (1994). Química de Suelos con énfasis en suelos de América Latina. 2ª. Ed. Colección de Libros y Materiales Educativos / IICA; no. 81. San José, C. R., xiv, 420 pp.

Gobat J. M.; Aragno M., Matthey W. (2004). The living soil: fundamentals of soils science and soil biology; translated from French by V.A.K. Sarma. Science Publisher Inc., Enfield, NH USA. Xxii,602 pp.

Hernández A. M., (2008). Degradación del suelo por actividades pecuarias en la reserva de la biosfera los Tuxtlas, Veracruz. Tesis Licenciatura (Biólogo)-UNAM, Facultad de Ciencias. México D. F.; 108 pp.

ISS Working Group RB., (1998).

World Reference Base for Soil Resources: Introduction (J.A. Deckers, F.O. Natchergaele and O.C. Spaargaren, Eds.). First Edition. International Soils Reference and Information Centre (ISRIC) and Food and Agriculture Organization of United Nations (FAO). Acco. Leuven

IUSS Working Group WRB. (2006).

World reference base for soil resources 2006. World Soil Resources Reports No. 103. FAO, Rome.

Juárez T. E. (2009). Estructura y diversidad de la vegetación en la zona de borde de fragmentos derivados de un bosque tropical perennifolio en Los Tuxtlas, Veracruz, México. Tesis Licenciatura (Biólogo)-UNAM, Facultad de Ciencias. 52 p.

Krasilnikov, P. V., (2001). Mosaics of the Soils Cover and Species Diversity of Aboveground Vegetation in Forest Ecosystems of Eastern Fennoscandia. *Euras. Soil Sci.* V.34. Suppl 1. P. S90-S99.

Krebs C.J. (1989). *Ecological Methodology*. Harper & Row. New York. 620 p

Lal R. (1987). *Tropical Ecology and Physical Edaphology*. J.Wiley; Chichester, 732p

Marín G. M. L.; Aragón R. P.; Gómez B. C.; (2002). *Análisis Químicos de Suelos y Aguas. Manual de Laboratorio*. Editorial de la Universidad Politécnica de Valencia, Valencia España. 168 pp.

Porta, J.; López-Acevedo, M. y Poch, R. M. (2008). *Introducción a la Edafología: Uso y Protección del suelo*. Madrid: Ediciones Mundi-Prensa. 451 pp.

Porta, J.; López-Acevedo, M. y Roquero, C. (2003). *Edafología para la agricultura y el medio ambiente*. 3ª Ed. Mundi-Prensa, Madrid, 960 pp.

Rico B. F. M. (1972). Estudio de la sucesión secundaria en la Estación de Biología Tropical "Los Tuxtlas". Tesis Licenciatura (Biólogo)-UNAM, Facultad de Ciencias. México D.F., 28 pp. 42 figs.

Ríos M. S. R. C., (2006). Evaluación de los indicadores de degradación del suelo en el Ejido San Fernando, Veracruz, México. Tesis Licenciatura (Biólogo)-UNAM, Facultad de Ciencias 148p.

Salvador F. J., (1971). Estudio de la Vegetación del Cerro El Vigía de la Estación de Biología Tropical de los Tuxtlas, Veracruz. Tesis, Facultad de Ciencias, UNAM, México, DF., 94 pp.

Shoji S., Nanzyo M., Dahlgren R. (1993). Volcanic ash soils. Genesis, Properties and Utilization. Development in Soil Science. Elsevier. NY USA. 287p.

Sommer C.I., Flores D. L., Gutiérrez M. M., (2003). Caracterización de los Suelos de La Estación de Biología Tropical Los Tuxtlas. En: Ecología del Suelo en la Selva Tropical Húmeda de México. Instituto de Biología UNAM, México.

Tan K. H., (2000). Environmental soil science. 2nd. Ed. Rev and expanded. New York : Dekker. 452 p.

Van Reeuwijk, L. P. (2006). Procedures for Soils Analysis. 7th Edition. Technical Report 9. Wageningen. Netherland ISRIC. World Soils Information.

Whitaker R.H., (1975). Communities and Ecosystems. 2d ed. Macmillan.. New York. 385 p.