

EFFECTOS FISICO-QUIMICOS INMEDIATOS EN LOS SUELOS AFECTADOS POR LA ERUPCION DEL VOLCAN CHICHON (CHIAPAS, 1982).

Por Gloria Alfaro Sánchez *
y Jorge F. Cervantes Borja **

RESUMEN

Muestras de suelos provenientes de sitios cubiertos con vegetación de selvas altas y medianas, así como acahuales, potreros y huertos tropicales, fueron utilizadas para evaluar los cambios que en las propiedades físicas y químicas de los suelos causó el material piroclástico arrojado por el volcán Chichón durante la erupción de 1982.

El cambio más notable fue una condición de fertilización natural por enriquecimiento del nivel de bases intercambiables; además, el pH se elevó y disminuyeron los niveles de aluminio y sílice solubles, y carbón total, lo cual mejoró la disponibilidad de nitrógeno y fósforo mineral. Los cambios físicos principales fueron el mejoramiento de la textura y la porosidad.

SUMMARY

Soil samples from areas of rain tropical forest, grasslands and tropical plantation, affected by Chichon volcano eruption in 1982, were analyzed to evaluate changes in physical and chemical soil properties. The observed main effect in soil, was an increase in the natural fertility by enrichment of the exchangeable bases level; furthermore, the pH was increase and the soluble aluminum, soluble silica and total carbon levels diminished, which has increase disponibility of nitrogen and mineral phosphorus.

Principal physical changes was an improvement of textural class and porosity.

INTRODUCCION.

Eventos episódicos como la erupción del volcán Chichón, ocurrida en marzo-abril de 1982, tienen consecuencias, por sus efectos sobre la población, que se les puede considerar catastróficas. No obstante, para la naturaleza, particularmente en lo que se refiere al suelo y, como consecuencia, a la vegetación, el efecto más negativo resulta, a veces, positivo por la renovación de la reserva de nutrientes.

* Técnico académico del Instituto de Geografía de la UNAM.

** Investigador del Instituto de Geografía de la UNAM.

El entorno regional del volcán Chichón se caracterizó, hasta el decenio de los años 30, por estar cubierto de selvas altas y medianas, con una gran diversidad genética de plantas y animales. Sin embargo, en los decenios precedentes, gran parte de esta riqueza forestal (70%) de la superficie original, fue destruida por las actividades madereras, agrícolas, frutícolas y ganaderas que transformaron el paisaje en acahuals, pastizales (potreros), agricultura nómada, monocultivos de plantaciones de café, cacao y maíz (Cervantes et al, 1983).

El proceso anterior provocó cambios profundos en las características de los procesos edáficos, por lixiviación, remoción y cambios en la retención de humedad, temperatura y estabilidad energética de sus componentes, así como alteraciones en la composición bioquímica de los mismos, todo lo cual llevó a un proceso de pauperización del nivel de fertilidad de todos los tipos de suelos que se encuentran en la región.

OBJETIVO

En suelos tropicales degradados física y químicamente por actividades agrícolas y pecuarias, que con prácticas continuas de roza, tumba y quema destruyeron las selvas naturales que los cubrían, se pretende evidenciar los cambios que en las propiedades físicas y químicas tuvieron los materiales eruptivos del volcán Chichón 1982.

ANTECEDENTES

En general, en condiciones ambientales cálido-húmedas y con usos del suelo agrícola y ganadero, se dan convergencias en las características físicas de los suelos, tales como: formación de texturas finas limosas-arcillosas; porcentaje de poros medianos menor de 50 por dm^2 ; retención de humedad elevada en los primeros 20 cm y una permeabilidad baja en todo el perfil (Aina, 1979; Cisneros et al, 1979; Juo, 1977). En cuanto a las características químicas se presenta una reacción ácida, llegando hasta valores de 4, aunque se reporta que, en condiciones de quema, se presenta un amortiguamiento o elevación a condiciones menos ácidas, o ambos (Greenland, 1964; Seubert, 1977). Asociadas directamente a la reacción se encuentran las prácticas agrícolas y el tipo de cultivo, Aina (1979) ha mostrado que los pastizales mantienen estable el pH de suelo o lo incrementan ligeramente. Junto con la tendencia a la acidez, la disponibilidad del fósforo disminuye tanto por la lixiviación como por pasar a formas no disponibles.

La materia orgánica muestra una tasa de descomposición y cambio muy dinámica y altamente vulnerable a actividades como la agricultura, que reduce por lixiviación su cantidad en el suelo (Brams, 1971; Aina, 1979; Sánchez; 1980).

En condiciones críticas de sobrepastoreo y erosión la materia orgánica se mineraliza y lixiviana rápidamente; puede perderse hasta 70 u 80% de la cantidad original, en los primeros 5 años, en un acahual (Salas, 1976; Ramakrishnan, 1981).

Por lo que toca a la capacidad de intercambio de bases, calcio, magnesio, potasio y sodio, éstas, se lixivian rápidamente y pueden ocasionar elevaciones peligrosas del contenido de aluminio en el complejo de intercambio. En suelos derivados de cenizas volcánicas cultivados con caña de azúcar, Krebs (1974) de valores hasta de 95% de aluminio intercambiable; Seubert et. al (1977) indica que el efecto de la quema y la lixiviación de las bases disminuye el contenido de aluminio intercambiable hasta por un período de 4 años, a partir de lo cual la lixiviación provoca un aumento de las condiciones superiores a las iniciales, una situación mas acorde con los cambios en la reacción del suelo.

MATERIALES Y METODOS

Se realizó un levantamiento cartográfico de los suelos en un área de 950 km², que corresponde a la hoja E15-C39 (Ixhuatán) del INEGI. El estudio se apoyó con fotointerpretación de fotografías b/n escala 1:50 000, de 1980 y 1982, en las cuales se ubicaron los recorridos de campo en los sitios de muestreo de 10 perfiles y 170 barrenaciones (Cervantes et al, 1983).

El análisis de laboratorio se hizo con 30 muestras de 7 perfiles representativos de las condiciones típicas del patrón de usos del suelo, indentificados a partir de las fotografías de 1980, de las que se infirió deberían presentar problemas en materia orgánica, fósforo aprovechable, pH, aluminio intercambiable y déficit de bases. Los procesos analíticos fueron: determinación de carbono por el método de Walkley y Black (1947); el pH relación 1:2.5 y 1:5 en agua; fósforo por el método de Bray (1945); aluminio intercambiable y cationes intercambiables por saturación con acetato de amonio (Black, 1965); capacidad de intercambio catiónico (Jackson, 1982); textura (Bouyoucos, 1936) y densidad real por el método del picnómetro (Black, 1965).

CARACTERISTICAS FISICAS DEL VOLCAN Y LA REGION

El volcán Chihón está situado en el extremo NW del estado de Chiapas, a los 17°12'36" de latitud norte, y a los 93°13'48" de longitud oeste. Aproximadamente a 23 km hacia el SW de la población de Pichucalco, Tabasco. Su estructura es de estratovolcán con una altura de 1230 msnm; tiene forma cónica aplanada y alargada en el sentido de NW a SE, con un diámetro en su base de 5.5 km. La composición litológica es de tipo andesita de hornblenda; los materiales piroclásticos de arenas y lapilli se extienden en una superficie de más de 400 km², Mullerried (1936). El basamento geológico de la región se integra por rocas sedimentarias del terciario, lutitas y areniscas del oligoceno (To) y limolitas-areniscas del eoceno (Te) (Carta Geológica de la Dirección General de Estadística del Territorio Nacional, Hoja E15C39). El material volcánico de la última erupción de marzo-abril de 1982, según los análisis geoquímicos de FERTIMEX (tabla 1), constituye una petrografía de tipo andesítico-dacítica. La composición mineralógica principalmente es de silicatos plagioclasas (albita-anortita) y, en segundo lugar, de ferromagnesianos del tipo hornblenda y augita.

Estos materiales son muy similares a los generados por erupciones anteriores.

Tabla 1
COMPOSICION DE LAS MUESTRAS DE LAS CENIZAS DEL VOLCAN CHICHON

O X I D O S	%
SiO ₂	66.4
Al ₂ O ₃	12.9
Fe ₂ O ₃	2.1
FeO	1.2
MnO	0.1
MgO	1.6
CaO	4.1
Na ₂ O	4.3
K ₂ O	3.6
P ₂ O ₅	0.6
Otros	3.1

Fuente: FERTIMEX 1982

En lo que se refiere a las características climáticas, la localización geográfica de la región es dentro de la zona intertropical de convergencia; presenta valores de temperatura media anual sobre 22°C, las temperaturas del mes más frío sobre 18°C; sin embargo, a nivel local se nota la influencia del relieve, de modo que a medida que se asciende hacia las partes altas de la Sierra del Norte de Chiapas, el gradiente térmico vertical es de 0.5°C por cada 100 m. Así, en la parte baja, en Pichucalco, sobre la llanura costera, a 107 msnm, la temperatura anual está sobre 26°C, mientras que hacia la parte media de la sierra, en Chapultenango, a 700 msnm, la temperatura decrece hasta 23°C.

Los pisos térmicos definidos para el área son 7 y van desde extremadamente cálidos, en la parte baja de la llanura, con temperaturas medias mayores de 26°C, hasta las partes medias de la sierra donde se define un piso semicálido con temperaturas sobre 20°C.

En cuanto a la precipitación, ésta registra sus máximos en verano y otoño, ambos ocasionados tanto por la entrada de los vientos alisios del noroeste como por la circulación monzónica local y la ciclónica regional. Las lluvias son intensas durante la mayor parte del año y torrenciales en el verano y otoño.

El valor máximo de la intensidad anual de lluvias en la zona es de 20 mm/día, que es de los más altos registrados en la República Mexicana. La lluvia registrada en 24 horas en la parte media de la sierra es de 123.7 mm, mientras que en la llanura costera es de 126.8 mm.

Con respecto a rangos de precipitación, no se encontró una delimitación bien definida, ya que en la mayor parte de la región la precipitación registrada está sobre 4 000 mm anuales, lo que provoca que, a pesar de la diferencia altitudinal, el cambio en la precipitación registrada no sea significativo.

Durante casi todo el año la humedad relativa es en promedio muy alta (sobre 90%), permaneciendo algunos meses al 100%; a partir de octubre empieza a decrecer

llegando a su mínimo en los meses de abril a junio, que es cuando se presentan valores de 80% en promedio.

Los factores que han afectado el desarrollo de los suelos han sido principalmente el clima tropical lluvioso; la topografía muy accidentada con pedientes mayores de 20%; el material parental volcánico antiguo y reciente, que se encuentra sepultando a la litología original de rocas sedimentarias, y las actividades humanas.

En orden de dominancia, las principales unidades taxonómicas en el levantamiento realizado por Cervantes en 1983 son: (fig. 1).

Andosoles órtricos. Estos suelos se ubican en la parte central que rodea al volcán, y se originan en cenizas volcánicas; su capa superficial es de color claro, por ser pobres en materia orgánica, y su densidad aparente es menor de 1.35 gr/cm³.

Regosoles dístricos. Los suelos de este tipo se caracterizan por no presentar horizontes distintivos; generalmente son de color claro y se parecen mucho al material volcánico que les dio origen; son suelos ácidos e infértiles por su baja saturación de bases (Ca, Mg, Na, K) menor de 50%.

Cambisoles dístricos. Estos suelos están poco desarrollados, presentan horizontes incipientes aunque en la capa subyacente se encuentran aún minerales primarios y algunos secundarios como arcilla o fierro; su pH es ácido y su porcentaje de saturación de bases menor de 50%.

Acrisoles órtricos. Estos suelos tienen un horizonte B argilizado, de color rojizo o amarillento; su pH es muy ácido (menor de 6); su porcentaje de saturación de bases en el horizonte B argílico es menor de 35, y también son pobres en materia orgánica.

Rendzinas. Estos suelos son característicos por presentar una capa superficial oscura y fértil debida al alto contenido de humus y bases; lo conspicuo es que estos suelos se desarrollan de las rocas calizas.

Nitsoles dístricos. Los suelos de este tipo presentan una delgada capa superficial, pero el subsuelo presenta un espesor de más de 1.5 m, con un alto contenido de arcillas; su color es generalmente rojizo y su pH ácido; son poco fértiles ya que su saturación de bases es menor de 35%.

Litsoles. Estos suelos son someros y esqueléticos, con profundidades menores de 10 cm hasta la roca continua y coherente.

Fluvisoles éutricos. Suelos formados de aluviones, por tanto, no presentan capas estructuradas ni desarrolladas; son ricos en nutrientes porque su saturación de bases es mayor de 50%.

Andosoles húmicos. Estos derivan de material volcánico fino. Su color es oscuro dado su alto contenido de materia orgánica, sin embargo, son ácidos y muy pobres en nutrientes, ya que su saturación de bases es menor de 50%; su densidad aparente es menor de 0.85 g/cm³.

RESULTADOS Y DISCUSION

Reacción del suelo pH.

Las características de los diferentes suelos encontrados en la región se muestran en la tabla 2.

Tabla No. 2
PH DE LOS DIFERENTES SUELOS ANTES Y DESPUES DE LA EMISION DE CENIZAS VOLCANICAS

S u e l o s	pH antes de la erupción	pH después de la erupción
Andosol órtico	5.2	5.7
Regosol dístrico	4.9	5.8
Cambisol dístrico	5.2	5.9
Acrisol órtico	4.7	5.1
Rendzina	7.5	7.9
Nitosol dístrico	4.9	5.3
Fluvisol éútrico	6.1	6.6

La tabla 2 resalta fuertemente la influencia que tuvieron las cenizas sobre el suelo, provocando una elevación de su reacción a pH más alto. En condiciones similares, Mejía y Singer (1984) concluyeron que las causas de acidez del suelo tienen una correlación elevada con el grado de saturación de aluminio, lo que va de acuerdo con los resultados obtenidos en ultisoles de Comalcalco, Tabasco (Tabla 3).

Tabla No. 3
CORRELACION ENTRE LA REACCION DEL SUELO Y LA SATURACION DE ALUMINIO

	R ²
pH VS Al + H intercambiables	- 0.65
pH VS Sat. de bases	+ 0.68
pH VS Sat. de Al ⁺⁺⁺	- 0.78
pH VS Al ⁺⁺⁺ intercambiables	- 0.86
(Mejía y Singer, 1984)	

Resulta muy clara la importancia que el aluminio intercambiable tiene en la acidificación del suelo. En el área en estudio esta característica fue afectada notablemente por la erupción del 82, ya que los materiales piroclásticos con elevado contenido de bases, que se incorporaron rápidamente al suelo, amortiguaron la acidez y propiciaron la elevación del pH. Así, es de esperarse que el ascenso del pH se matendrá por un tiempo con valores cercanos a la neutralidad. Sin embargo, también

tiene que destacarse que, a excepción de los suelos de nitosoles y acrisoles de reacción muy ácida, el resto de las unidades definidas en el estudio presentaban un pH menos ácido cuando estaban ocupadas en cultivos de huertos o pastizales que cuando mantenían su cubierta natural de selvas, lo que significa un efecto amortiguador de la reacción ácida por las quemas o el tipo de cultivo, lo que sería necesario estudiar en detalle.

MATERIA ORGANICA

De acuerdo con las características cuantificadas de la materia orgánica, mismas que se presentan en la tabla 4, se aprecia que los contenidos de ella disminuyeron drásticamente en el nivel superficial del suelo donde se efectuó una mezcla excesiva con los depósitos de piroclásticos. Sin embargo, en la parte inferior de los horizontes "A" no existe un cambio significativo entre las diferentes unidades de suelos, lo que se podría atribuir a una aparente estabilidad en la mineralización de materia orgánica que ocurre principalmente en los terrenos con uso agrícola-frutícola y en los cubiertos con vegetación secundaria.

Tabla No. 4
VARIACION DE LA MATERIA ORGANICA EN EL NIVEL SUPERIOR DEL HORIZONTE A

S u e l o s	(1980)		(1984)	
	% de M.O. antes la erupción		% de M.O. después de la erupción	
Andosol órtico	4.9		0.5	
Regosol dístrico	4.3		0.5	
Cambisol dístrico	9.3		0.5	
Acrisol órtico	2.9		1.0	
Rendzina	6.8		1.0	
Nitosol dístrico	5.1		1.0	
Fluvisol éútrico	2.9		1.0	

Aunque la mineralización es lenta, posiblemente porque también existe una tasa de lixiviación mayor que la de acumulación, la formación de complejos órgano-minerales ha permitido que en suelos como: cambisol dístrico, andosol órtico, rendzinas, nitosol dístrico, se forme un horizonte orgánico que no concuerda con las condiciones climáticas del área, y permite suponer que el material piroclástico emitido en un evento volcánico anterior al de 1982 (± 100 años) sirvió de base en la formación de complejos órgano minerales que no han sido destruidos por la lixiviación, tal como ocurre en los suelos acrisoles y fluvisoles.

Aluminio intercambiable

Los resultados presentados en la tabla No. 5 muestran que el aluminio intercambiable disminuyó ligeramente después de la erupción del 82.

Tabla No. 5
VALORES EN meq/100 gr DE SUELO

S u e l o s	Aluminio intercambiable		Aluminio Soluble		% Sat. de bases
	antes	después	antes	después	
Andosol órtico	2.77	0.21	7.10	6.6	◀ 50
Regosol diástrico	2.20	0.18	6.9	5.2	◀ 50
Cambisol diástrico	0.77	0.20	7.2	2.2	◀ 50
Andosol húmico	3.00	0.27	9.2	7.4	◀ 50

De lo anterior se puede concluir que el aluminio resulta con bajos niveles por el efecto de enriquecimiento de bases en el suelo provenientes de las cenizas volcánicas, con CaO, Na₂O, K₂O, MgO, Al₂O₃, SiO₂, etc.

Es de esperarse que en el periodo mediano el lavado de las bases provocará la recuperación de los niveles de aluminio que existían antes de la actividad eruptiva, principalmente en los suelos que estaban afectados por el sobrepastoreo. En cambio, en los suelos con plantaciones frutales el efecto será menor, lo cual podría correlacionarse con la presencia de una cobertura vegetal más eficiente para proteger el suelo de la lixiviación, así como para mantener un porcentaje adecuado de intercambio de bases como consecuencia de una mayor penetración de las raíces, tal como lo indican los estudios de Aina (1979), Sánchez (1980) y Seubert et. al. (1977).

Fósforo aprovechable

El fósforo es un elemento bastante restringido en los suelos de la región (Tabla 6).

Tabla No. 6
NIVELES DE FOSFORO INTERCAMBIABLE (P₂O₅ ppm)

S u e l o	Antes (1982)	Después (1984)
Andosol órtico	0.079	4.4
Regosol diástrico	0.055	3.4
Cambisol diástrico	--	2.1
Acrisol órtico	0.25	2.1
Rendzina	0.36	2.0
Nitosol diástrico	--	2.2
Fluvisol éútrico	8.34	39.8

El fósforo mineral que se puede derivar de las cenizas enriquecidas con P₂O₅ tiene una lixiviación muy rápida y sólo es posible una baja retención superficial por las estructuras vegetales, aunque en poca cantidad, dado que la tasa de recambio y degradación supera a la velocidad de mineralización edáfica. No obstante, el apor-

te de las recientes erupciones, con una buena cantidad de fósforo como P_2O_5 , que en las cenizas tuvo una proporción de 0.6% (Tabla No. 1), garantiza una renovación importante de este nutriente y su consecuente efecto en el aumento de la fertilidad potencial del suelo.

DISCUSION DE RESULTADOS

El comportamiento de la reacción del suelo se relaciona con el uso del suelo, encontrándose que tanto la vegetación natural como los cultivos están adaptados a condiciones de acidez, así como al clima cálido y muy húmedo del área. De acuerdo con la bibliografía, en condiciones similares, los suelos de selvas cálido-húmedas como los que nos ocupan tienen un enriquecimiento progresivo de aluminio intercambiable a medida que las bases (calcio, magnesio, potasio y sodio) son lixiviadas; tal situación se acelera por la destrucción de las selvas y su ocupación por los cultivos.

En la región del Chichón las selvas fueron afectadas desde 1930, cuando se inició la penetración de la actividad humana en el área, primero con agricultura trashumante, después con plantaciones de café, cacao y plátano y, finalmente, con potreros de zacates cultivados. Con dicha actividad sería de esperar una excesiva lixiviación de las bases en los suelos, lo que ocurre solo en los acrisoles de los que se encuentran valores menores de 50%. El resto de los suelos no manifiestan la pobreza, ni tampoco un valor excesivo de aluminio intercambiable, a pesar de que se presentan reacciones muy ácidas en los propios suelos. Así, se encuentran valores desde 4.7 en los acrisoles órticos, que coincidirían genéticamente con el ambiente característico del área, hasta suelos como las rendzinas, con pHs neutros, 7 a 7.5, que no coinciden con las condiciones ambientales. La situación anterior nos muestra que salvo estas dos particularidades no representativas espacialmente, el resto de los suelos, que ocupan el 80% de la región, se encuentran fuertemente influidos por las características del material parental de tipo volcánico cálcico-sódico o también por el efecto de amortiguamiento y conservación de bases o ambos, que aparentemente se debe a las prácticas de quemas de las malezas secundarias y al cultivo de pastizales. Ambos aspectos ejercen un efecto retardatorio en la lixiviación de las bases, tal como lo han reportado Seubert et. al. (1977), Ramakrishnan (1981) y Aina (1979).

Los materiales piroclásticos cálcico-sódicos de la erupción del 82 vinieron a reforzar esta situación, de manera que se puede deducir que más del 70% de los suelos enriquecieron arriba del 100% su complejo de intercambio. Esta situación, aunque disminuyó temporalmente el contenido de materia orgánica, determinó la elevación de fósforo y nitrógeno mineral y, con ello, favoreció un crecimiento sumamente vigoroso de la vegetación secundaria y de los pastizales que ahora actúan como reservorio de los mismos nutrientes.

Se requerirá de una investigación secuencial y otro muestreo para determinar con mayor exactitud la evolución de las propiedades del suelo en el tiempo transcurrido desde la última erupción, tratando de diferenciar claramente la velocidad de la lixiviación de bases y el papel que juega con ello la actividad de usos del suelo.

CONCLUSIONES

Los resultados de este trabajo, realizado 2 años después de la erupción volcánica, permiten establecer lo siguiente:

1. Las propiedades químicas del suelo no sufrieron una excesiva degradación como consecuencia de la sustitución de la selva por usos agrícolas y pecuarios.
2. Parece que en la situación anterior influyen dos causas: la primera definida por las características mineralógicas del material parental de composición cálcico-sódica y, la segunda, las prácticas de quema de malezas secundarias y cultivos de pastizales que retardan el lavado de las bases.
3. El efecto más notable del material volcánico sobre los suelos, después de la erupción, fue el mejoramiento en la textura, la porosidad, la permeabilidad, el aumento en el pH, la disminución de la materia orgánica en el estrato más superficial del suelo, el incremento del contenido de fósforo y nitrógeno disponible y el abatimiento del aluminio, todo lo cual permitió que, por lo menos en los dos años siguientes a la erupción se haya presentado una recuperación de las selvas primarias y secundarias, así como que los cultivos presentaran un crecimiento muy vigoroso, de manera que este efecto, aprovechado adecuadamente, podría prolongarse quizá por un mínimo de 15 años, si se mantiene un control sobre el uso del suelo impidiendo que ocurra una rápida degradación de las bases aportadas por las cenizas.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Aina, P.O. 1979. "Soil changes resulting from long-term management practices in Western Nigeria Soil Sci". Soc. Am. J. 43, p. 173-177. Estados Unidos.
- Black, C.A. 1965. Methods of Soil Analysis. No. 9 Serie Agronomy Society of Agronomy, Inc., Publisher, Madison, Wisconsin.
- Bouyoucos, G. J. 1936. Directions for making mechanical analysis of soils by the hydrometer method. Soil Science 42, p. 225-230. Estados Unidos.
- Brams, E.A. 1971. "Continuous cultivation of West African soils: O. M. diminution and effects of applied lime and phosphorus". Plant and Soil, 35, p. 401-414. Países Bajos.
- Bray, R.H., Kurtz, L.T. 1945. Determination of total organic, and available forms of phosphorus in soils. Soil Science 59, p. 39-45.
- Cervantes, J.F., M. Meza S. y F. Orozco Ch. 1983. "Determinación preliminar de los daños causados al medio natural por las erupciones del volcán Chichonal". En: El volcán Chichonal. VI Convención Geológica Nacional de la Sociedad Geológica Mexicana. p. 100-120. México.
- Cisneros, D.J., H. Almada, G. Basurto, A. Juárez y J. Palma D. 1979. Suelos, clima y cultivos de la sabana de Huimanguillo, Tabasco. Tesis de licenciatura. Colegio Superior de Agricultura Tropical. Cárdenas, Tabasco, México.

- Etchevers B.J.O., 1985. Un cuarto de siglo de investigación en los suelos volcánicos de México. Centro de Edafología, Colegio de Posgraduados, Chapingo, México.
- INEGI, (DGGTENAL). Carta Geológica E15C349. Hoja provisional inédita.
- Jackson, M. L. 1982. Análisis químicos de suelos. Ed. Omega, Barcelona.
- Juo, S.R. and Lal. 1977. "The effects of fallow and continuous cultivation on the chemical and physical properties of an alfisol in Western Nigeria". Plant and Soil. 47 (1), p. 567-584. Países Bajos.
- Krebs et al. 1974. "A comparative study on chemical characteristics of the tropical soils from volcanic material under forest and agriculture". Comm. in soil Sci. and Plant Analysis, 5(6), p. 579-596. Estados Unidos.
- Mejiá, L.A., Singer, M.L. 1984. Efecto de tres sistemas de cultivo en las propiedades de un Peleoudult. TERRA 1, p. 26-31. México.
- Mullerried. K.G.F., 1936. "El Chichón volcán en actividad descubierto en el estado de Chiapas". Memorias de la Academia Antonio Alzate 53, p. 411-416. México.
- Nye, P.H. D.F.J. Greenland, 1964. "Changes in soil after clearing tropical forest". Plant and soil. 21(1), p. 101-112. Países Bajos.
- Ramakrishnan, P.S., Toky, O.P. 1981. Soil nutrient status of hiel Agroecosystems and recovery pattern after slash and Burn Agriculture (Jhun) in morth-eastern India. Plant and Soil Rev. 60, p. 41-64. Estados Unidos.
- Salas de la, F., J. H. Folster. 1976. Bioelement loss on clearing a tropical rain forest. Turrialba. 26(2), p. 179-186. Costa Rica.
- Sánchez, P.A. 1980. Soil fertility and conservation considerations for agroforestry systems in the humid tropics of Latin America in soils research in agroforestry. Eds. H.O. Mangi and P.A. Huxley. ICRAF, Nairobi. Kenya.
- Seubert, C.E., P.A. Sánchez, and C. Valverde. 1977 "Effects of land clearing methods on soil properties of an ultisol and crop perfomance in the Amazon jungle of Peru". Trop. Agri. 54 (4), p. 307-324. Trinidad.
- Walkley, A., Black, A.S. 1947. "Critical examination of a rapid method for determining organic carbon in soils". Soil Science 6(3), p. 251-264. Estados Unidos.