



Impacto antrópico sobre suelos incipientes en el volcán El Chichón (Chiapas, México)

José Francisco Hernández Morales*

RESUMEN

Este estudio se realizó en el complejo volcánico El Chichón, ubicado en la parte norte del estado de Chiapas. Tras un evento eruptivo de gran magnitud, acaecido en 1982, se ha venido desarrollando el suelo y restaurando la vegetación. A más de veinte años de distancia es un espacio natural de gran interés por los procesos de restauración biológica y de desarrollo edáfico que se llevan al cabo de modo activo en sus laderas, base y zonas limítrofes. A lo anterior se añaden las modificaciones debidas a la influencia humana.

El suelo del volcán es poco desarrollado y propenso a degradación debida a la topografía, el factor climático y su uso para actividades contrarias a la vocación del suelo. Se determinó que el uso del suelo del volcán con fines de explotación agrícola tendería a causar su degradación por procesos de erosión, acidificación, toxicidad por acumulación de Al, pérdida de fertilidad por baja capacidad de intercambio catiónico (C.I.C.) y endurecimiento. Por lo anterior se propone un uso ganadero extensivo controlado y explorar la posibilidad de desarrollar una actividad ecoturística, por el interés y la belleza natural de la zona de estudio.

Palabras clave: Suelos volcánicos, andisoles, degradación de suelos, erosión, efecto antrópico, acidificación del suelo

ABSTRACT

This study was conducted in the volcano El Chichón, located in the northern part of Chiapas State. After a major eruption

event which occurred in 1982, has been developing the land and restoring vegetation. For over twenty years away is a natural area of great interest for biological restoration processes and soil development being carried out actively in their sides, base and surrounding areas. To this are added the modifications due to human influence.

The volcanic soils are poorly developed and prone to degradation due to topography, climatic factors and their use against soil aptitude.

It was determined that the use of volcanic soil farming purposes would tend to cause degradation by erosion processes, acidification, accumulation of aluminum toxicity, loss of fertility by low cation exchange capacity and hardening. Because of this, it's propose a controlled extensive livestock farming, and exploring the possibility of developing ecotourism, for the interest and natural beauty of the study area.

Key Words: Volcanic soil, andisols, soil degradation, erosion, anthropogenic effect, soil acidification.

INTRODUCCIÓN

Para entender y analizar un ambiente determinado es necesario conocer sus distintas dinámicas ambientales y bióticas, correlacionar sus diversas características físicas y comprender las relaciones e impactos que éstas tienen sobre el ecosistema. Desde del punto de vista biológico la vegetación es la base de todo ecosistema, sin embargo, el desarrollo y diversificación vegetal son procesos que dependen directamente del suelo, sus características, nutrientes y desarrollo.

*Calle Comaleras No. 8, Priv. Misión de las Rosas, int "J", San Cristóbal de las Casas, Chiapas (01967)6786510
biolpaco80@gmail.com

La edafogénesis es el proceso de formación del suelo, depende directamente de cinco factores: material parental, clima, temporalidad, relieve y actividad biológica y/o microbiana; dichos factores trabajan conjuntamente para desarrollar un suelo a partir de la roca o material parental, en este sentido el tipo material parental condiciona desde un primer momento la dirección del proceso edafogénico. Se debe considerar, además, el tipo de relieve y el clima que existan en el área, aunado a lo anterior la actividad biológica que juega un papel determinante en el desarrollo del suelo; estos factores actúan de modo conjunto, durante el tiempo van fracturando, modificando la estructura física y química del material parental original, añadiendo nutrientes, fortaleciendo la estructura del suelo incipiente, creando finalmente la matriz del suelo que se dividirá en varias capas superpuestas denominadas horizontes, siendo A el superficial y C el más profundo –que consiste básicamente en el material parental. La estructura del suelo se estudia en base al desarrollo de estos perfiles, y en suelos de origen volcánico, como los que se presentan en el volcán El Chichón, pueden repetirse estructuras completas superpuestas, ya que cada proceso eruptivo deposita una nueva capa de ceniza, tefra y/o material magmático, que a partir de ese momento inicia un nuevo proceso edafogénico como material parental.

De modo análogo a la edafogénesis se desarrolla el proceso biológico denominado sucesión ecológica, partiendo de un ambiente recientemente afectado por algún proceso físico que haya acabado con la vegetación nativa –como es el ejemplo de un proceso eruptivo de gran magnitud. El nuevo ambiente será prontamente colonizado por las denominadas especies colonizadoras, representadas por briofitas y hepáticas; a continuación sobre el suelo modificado por estos organismos y enriquecido por sus componentes reabsorbidos por la matriz del suelo, surgen las colonizadoras primarias, herbáceas, gramíneas y



algunas pocas arbustivas, en secuencia seguirán siendo desplazadas las especies colonizadoras por las colonizadoras secundarias y finalmente las especies tardías, que son aquellas que presentan mayor necesidad de suelos desarrollados.

Así como la acción biológica sobre la estructura del suelo tiende a ser positiva, también la acción de especies vegetales, que difieren de las nativas, puede causar alteraciones sobre el suelo, que van desde moderadas a muy sensibles, ocasionando una degradación edáfica considerable; en el caso de las relaciones existentes entre los seres humanos y el suelo el proceso degradativo puede verse catalizado por efecto de las diversas actividades productivas que se realizan tomando como base el suelo.

El suelo con estructura poco desarrollada debe manejarse con muchas precauciones para evitar la degradación edáfica por erosión de cualquier tipo, especialmente en regiones de relieve accidentado, pendientes pronunciadas y/o con tendencia a altos niveles de precipitación y fuertes corrientes de aire; el hecho de remover la vegetación nativa, que suele estar representada por gramíneas, ocasiona que se pierda el efecto benéfico de sus raíces sobre el suelo

en desarrollo; el establecimiento de monocultivos a lo largo de varios años, tiende a ocasionar pérdida de nutrientes específicos del suelo, lo que se traduce a una baja en la fertilidad del mismo; además de esto, en suelos con composición ferromagnesiana o con altos contenidos de aluminio –que se refleja en la presencia de alófono– se puede presentar un acelerado proceso de acidificación, que se acentúa si se combina con malas prácticas de cultivo, como es el uso de fertilizantes amoniacales.

Tomando en cuenta este breve acercamiento a las interrelaciones existentes entre suelo–vegetación–actividad humana, es factible comprender la importancia de analizar los impactos que el efecto antrópico tiene sobre los procesos dinámicos de formación y desarrollo de suelos.

El desarrollo del presente trabajo –como de otros similares– tiene la proyección para servir de base a futuras investigaciones, como fundamento a proyectos de delimitación y planeación del uso del suelo y como antecedente a trabajos similares que se requieren con tanta urgencia en muchas regiones de nuestro estado, en particular, y México en general.

METODOLOGÍA

Este proyecto de investigación se desarrolló a lo largo de tres años en los que se visitó periódicamente el área de estudio. Se trabajó básicamente en dos etapas: la primera consistió en colecta de muestras de suelo y vegetales en el complejo volcánico, determinaciones edáficas principales *in situ* y en laboratorio e identificación del material biológico; la segunda parte consistió en trabajo de gabinete en el que se sistematizó la información. Se establecieron las correlaciones entre los procesos de degradación edáfica estudiados en otras áreas, con los datos físicos y químicos del suelo del volcán, y con los datos de vegetación obtenidos; cabe destacar que el breve listado de especies vegetales que se presenta líneas abajo, es el primero de su tipo en el área del volcán tras el evento en 1982.

De modo breve se describe el diseño metodológico–experimental con el que se desarrolló este trabajo:

Muestreo edáfico

Se designaron cuatro regiones de muestreo en el complejo volcánico El Chichón: base del complejo volcánico; laderas bajas; laderas altas y cañadas, la designación obedeció a las características geomorfológicas del área de estudio, ya que se pretendió establecer variables altitudinales y de relieve. No se realizó perfil en el cráter de 1982 por la poca/nula acumulación de suelo y ausencia de perfiles definidos, por lo que se designó al cráter como misceláneo rocoso.

Se realizaron perfiles edáficos completos en cada una de las zonas de muestreo, determinándose el tipo de horizontes y la profundidad de los mismos.

La posición de cada perfil se georeferenció

Se colectó suelo (500 g) de cada horizonte de cada perfil realizado, así como rocas de las inmediaciones para determinar asociaciones minerales y paragénesis.

Las determinaciones *in situ* se realizaron en el mismo momento que se colectó cada muestra.

Muestreo vegetal

Se designaron cuatro zonas de muestreo en el área de estudio, del volcán Chichón: base del complejo volcánico; laderas del volcán, cañadas y cráter de 1982, se determinaron dichas regiones con base en cambios visibles en la diversidad y densidad vegetal. Para realizar la colecta se establecieron cuadrantes de 5 x 5, dentro de los mismos se seleccionó a los especímenes más representativos de cada zona, se fotografiaron y se tomó la muestra. La posición de cada cuadrante fue georeferenciada.

Las muestras fueron montadas en prensas botánicas, desecadas y posteriormente identificadas.

Determinaciones edáficas

Se realizaron las principales determinaciones edáficas *in situ* y en el Laboratorio de Ciencias de la Tierra y Medio Ambiente de la Unicach (LCTyMA–Unicach):

Color (Munsell); *in situ*, muestra húmeda y seca, laboratorio, muestra húmeda y seca.

-Materia Orgánica (Walkley-Black): laboratorio

-% de Carbono (Walkley-Black): laboratorio
-Alófono (Fieldes y Perrot): *In situ* y laboratorio

-Textura (Bouyoucos): laboratorio

-Densidad aparente y densidad real: laboratorio

-% de porosidad: laboratorio

-% de C, Ca⁺ y Mg⁺: laboratorio

Identificación del material vegetal

Se identificó el material vegetal colectado y se corroboró cada determinación con apoyo del herbario de El Colegio de la Frontera Sur (Ecosur), Unidad San Cristóbal de Las Casas.

Trabajo de gabinete

En este punto se realizaron una serie de actividades con la finalidad de determinar los destinos más probables del desarrollo del suelo, además de realizar predicciones sobre el curso del proceso edafogénico si se realiza un manejo sustentable del recurso y si se permite el desarrollo de diversas actividades perjudiciales para el mismo.

En primer lugar se desarrolló un exhaustivo proceso de documentación referente a los diferentes procesos de *degradación de suelos vol-*

cánicos, sobre las características fisicoquímicas diferenciales de los suelos de origen volcánico, y de las metodologías de manejo y restauración de suelos volcánicos bajo sistemas de aprovechamiento agrícola.

Se sistematizó la información documental y la experimental para determinar los tipos de suelos presentes en el área de trabajo.

Se realizaron correlaciones para determinar la probable evolución y desarrollo de los suelos del volcán bajo distintos tipos de manejo de la zona de estudio.

RESULTADOS

El volcán El Chichón (también conocido como Chichonal) es un complejo volcánico poligenético, que como tal ha presentado numerosos episodios de actividad eruptiva a lo largo de los últimos 8 mil años. De estos procesos eruptivos se tiene muy bien estudiado y documentado el evento de 1982, del cual se presentan los siguientes datos básicos:

1. El volumen total de material arrojado fue de 0.45 Km³ (según el método de isopacas) y 18.4 x 10⁶ ton de piroclastos.
2. Su magnitud explosiva fue de 4 grados según la Escala de Newhall y Self
3. Según la escala de Tsuya, presentó un grado de explosividad de 6.
4. El área afectada por los productos volcánicos cubrió el 30% de la superficie del estado de Chiapas.
5. La mayor parte del material arrojado fue dispersado a una distancia máxima de 130 km en dirección del viento.
6. La mayor parte del volumen de material arrojado es material juvenil y sólo un 4% corresponde a material preexistente.
7. Aunque el tercer evento eruptivo fue el mayor en magnitud y energía liberada, la emisión en volumen de tefra entre la primera y tercera erupciones es más importante.



8. El grado de explosividad alcanzado por El Chichón lo sitúa entre los pocos (184 hasta 1983) que han alcanzado al menos un VEI=4.

9. El volcán El Chichón alcanzó un grado de explosividad similar al Jorullo y volcán de Colima, pero su volumen de material arrojado es cinco veces mayor (Canul-Dzul R. F., *et al.*, 1983).

Las erupciones del pasado brindaron gran cantidad de información útil para el presente estudio, permitieron determinar la homogeneidad de los productos expelidos; todos productos juveniles (pómez) con una composición traquiandesítica con pocas variaciones químicas importantes, cristales (hornablenda y plagioclasa) y fragmentos de vidrio. Situación que permitió establecer generalizaciones sobre el material expelido por el último evento eruptivo y, por tanto, conocimientos respecto a la probable dirección de la evolución del suelo y, más importante aún, permitió establecer, con un alto margen de confianza, el material parental para el desarrollo del nuevo suelo. El análisis mineral

y de perfiles de suelo vino a corroborar tal apreciación, típicamente minerales asociados a andesitas con altos contenidos de hornablenda y alófono, rocas plutónicas de características ferromagnesianas, conformación típica de materiales derivados de magmas ácidos.

Clasificación de los suelos del volcán El Chichón

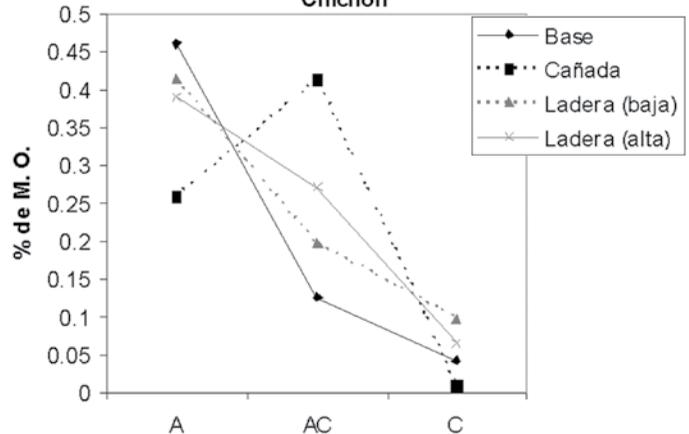
El primer punto indispensable fue determinar la composición del material parental a partir del cual el proceso edafogénico inició; la temporalidad no fue un problema, pues se consideró el tiempo transcurrido a partir de la última actividad de importancia, es decir veintiséis años (desde abril de 1982 hasta junio de 2008). Respecto a los otros factores, se pudo determinar que el relieve no ha sufrido modificaciones drásticas posteriores al evento ya mencionado, aunque el edificio volcánico sí sufrió una alteración considerable debida a la erupción de 1982, perdiendo un domo emplazado sobre el cráter antiguo y, con él, cerca de 75 m de altura. Es válido decir, por tanto, que el relieve de formación

de los suelos superficiales del volcán Chichón presenta pendientes muy marcadas, agrietamientos radiales que recorren toda la estructura del complejo volcánico, partiendo del cráter, con profundidades que van de unos pocos a decenas de metros y que han condicionado el desarrollo del suelo y causado una heterogeneidad muy marcada, a grado tal que se designó una zona de muestreo denominada cañadas del volcán.

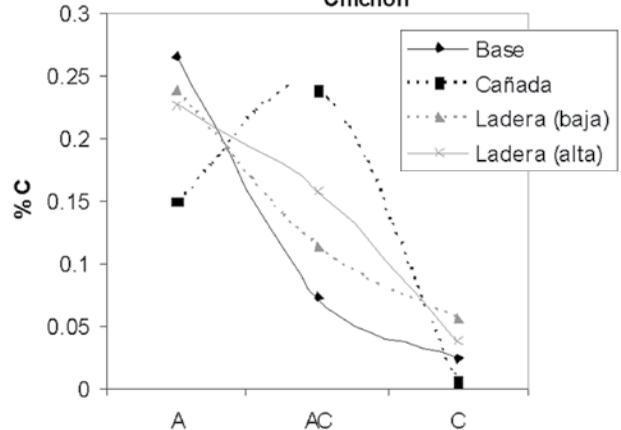
El clima de la región es cálido-húmedo con lluvias abundantes en verano, que en la clasificación de Koeppen corresponde a las siglas Af -A(C) f(m) semicálido con lluvias todo el año, según la corrección de García. Los índices de precipitación indican una región muy húmeda con niveles promedio de 4,029.4 ml anuales, la temperatura promedio oscila sobre los 26.4 °c, en una zona determinada isotermal (Pérez-Jiménez y Sarukhan-Kermes, 1970). Bajo estas características de humedad, clima cálido y relieve accidentado se han ido desarrollando el suelo, y los procesos biológicos de sucesión ecológica, no es de extrañar que este suelo, que fue clasificado como *andisol incipiente* (o inceptisol tendiente a andisol), desarrolle una marcada tendencia hacia la acidificación, sea propenso a mantener una vegetación tropical nativa, de plantas poco extractivas y presente una matriz con grandes contenidos de alófono. Estas condiciones ambientales también propician el desarrollo de una estructura muy porosa, compuesta por altos porcentajes arenosos, buen drenaje y capacidad de retención de agua, que favorece el desarrollo de especies representantes de la *fam. Phaceace* que, a su vez, mantienen la estructura del suelo gracias al efecto benéfico de sus raíces. Este régimen climático hace al suelo susceptible de sufrir grandes pérdidas de material edáfico por procesos erosivos debidos, y aumentados, por la conformación geomorfológica del edificio volcánico, el relieve accidentado y la alta precipitación anual.

Por medio de los análisis de perfiles de suelo, la interpretación de las observaciones *in situ* y los análisis de

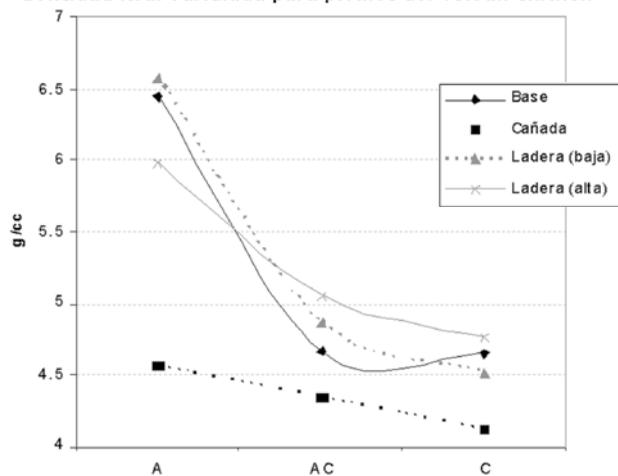
% de Materia Orgánica en Perfiles del Volcán Chichón



% de Carbono en perfiles realizados en el Volcán Chichón



Densidad Real calculada para perfiles del Volcán Chichón



laboratorio se logró clasificar al suelo como *incipiente andisol*, a continuación se presentan los gráficos más representativos.

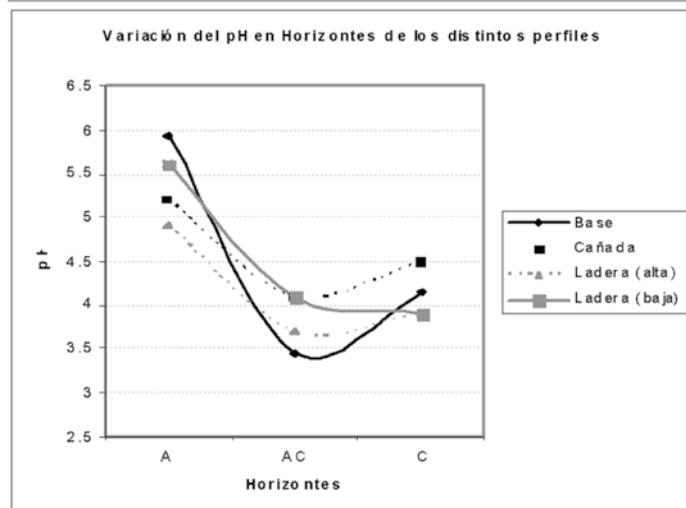
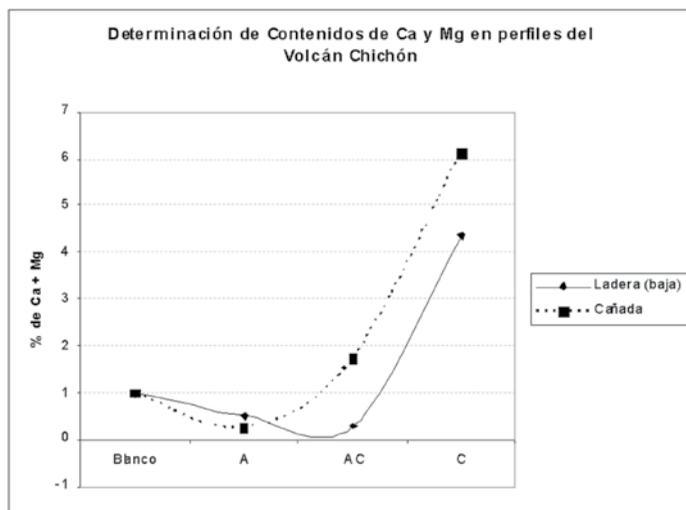
Es notorio el hecho de que, en los distintos perfiles, se haya podido apreciar cierto grado de regularidad entre las determinaciones realizadas, siendo el perfil realizado en la cañada el que presentó datos con ligera divergencia respecto a los demás perfiles. Se tenía planificado realizar un perfil en el cráter, sin embargo, fue imposible determinar horizontes y coleccionar muestras del mismo, por lo que fue declarado “misceláneo rocoso”, la profundidad –y existencia- de los horizontes AC y C fue prácticamente nula.

Como se aprecia en las gráficas se encontraron características determinantes que, junto con el análisis de factores edafogénicos, permitieron realizar la clasificación de los suelos del volcán El Chichón y, a partir de este punto, analizar la diversidad vegetal que cubre su superficie, determinar los daños más serios que el efecto antrópico podría ocasionar si no se desarrolla un sistema integral de manejo del recurso edáfico y predecir los posibles caminos que podría tomar un proceso degradativo en los suelos incipientes del volcán.

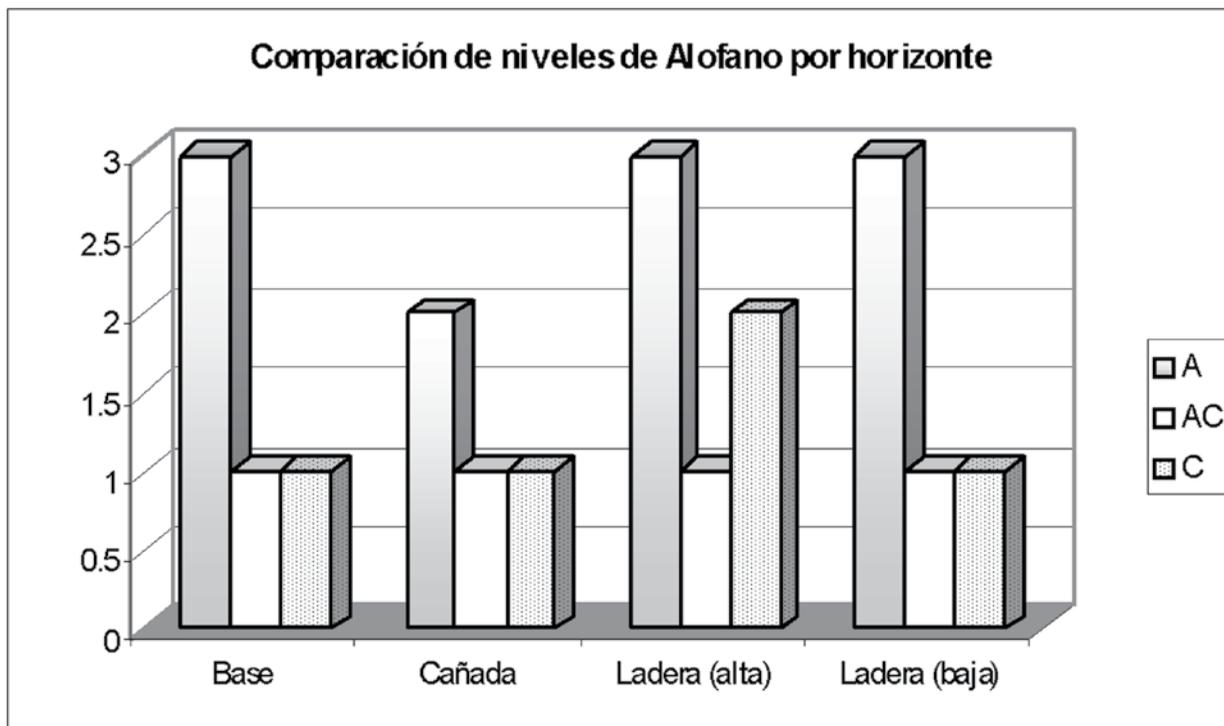
DETERMINACIÓN DE LA VEGETACIÓN EXISTENTE

Con el método de muestreo vegetal, realizado en las áreas ya comentadas, del volcán El Chichón fue posible obtener los primeros datos experimentales y comprobables de vegetación del volcán, en particular, y de la región en general –ya que los únicos datos disponibles son previos al evento eruptivo de 1982.

Se obtuvieron datos de diversidad y abundancia de las especies identificadas, con lo que se logró determinar un comportamiento similar al observado en el caso de los suelos; la zona de muestreo atípica resultó ser el cráter, en el que la diversidad vegetal disminuyó drásticamente respecto a lo observado en las otras tres zonas de muestreo designadas, en



este punto en particular. Resulta útil comentar que las cañadas presentaron una tendencia a demostrar mayor diversidad, pero sobre todo, una mayor densidad vegetal, lo cual se puede atribuir a la acumulación de suelo que proviene de las laderas del edificio volcánico, transportado por arrastre hídrico y erosión laminar, que se traducen en una mayor profundidad de los horizontes superficiales por acumulación de suelo en el interior de las cañadas, causando un notorio efecto benéfico sobre



el crecimiento de las plantas; añadido a lo anterior, cabe destacar una ligera disminución térmica y un perceptible aumento de la humedad en el interior de las cañadas más profundas.

El listado vegetal del complejo volcánico El Chichón demostró datos acordes a lo esperado; la presencia predominante de colonizadoras primarias, pioneras y vegetación marginal, lo cual sirvió para corroborar las conclusiones sobre la presencia de suelos con poco grado de desarrollo. Como se puede apreciar en la tabla de resultados (presentada líneas atrás), que incluye el listado vegetal y la ubicación de las distintas especies catalogadas.

Es de notar el hecho de haber encontrado una especie arbórea marginal, representada por el *Pinus maximinoi*, distribuida en todas las áreas de muestreo del volcán, incluso en el interior del cráter, con sus raíces bañadas de modo semi-perenne por el agua del lago cratérico, que suele exhibir un comportamiento ácido, de ligero a moderado.

EL EFECTO ANTRÓPICO ACTUAL, A CORTO Y MEDIANO LAPSO

El tema central del presente trabajo fue analizar el impacto de las actividades humanas sobre los suelos en desarrollo del volcán El Chichón, los posibles usos sustentables del recurso edáfico y los daños derivados de hacer un mal uso del mismo. En primer lugar se determinó que las áreas más amenazadas se encuentran distribuidas en la base del complejo volcánico, ya que son terrenos menos accidentados y de fácil acceso, aledaños a poblaciones asentadas en la periferia del volcán. Sin embargo, se pudo discernir que los mayores daños no serían localizados en estas zonas, sino en las laderas del volcán, estas superficies presentan características geomorfológicas que las hacen extremadamente vulnerables a sufrir daños por erosión laminar, hídrica y eólica si sufren la remoción de su cobertura vegetal nativa. Las cañadas no representan riesgos altos, al momento, ya que son áreas de desagüe y tienden a formar arroyos

Plantas encontradas, según zona, en el Volcán El Chichón						
Especie vegetal			Zona de muestreo			
			Base del complejo V.	Complejo Volcánico	Cañadas del Volcán	Cráter de 1982
Familia	Género	Especie	93°16'20.5" O 17°20'31.5" N	93°16'15.1" O 17°21'05.0" N	93°16'41.9" O 17°21'48.1" N	93°16'55.9" O 17°22'0.79" N
	<i>Chelianthes</i>	<i>farinosa</i>		X		X
<i>Arecaceae</i>	<i>Astrocarium</i>	<i>mexicanum</i>	X	X		
<i>Bromeliaceae</i>	<i>Pitcairnia</i>	<i>sp</i>	X	X	X	
<i>Ericaceae</i>	<i>Gaultheria</i>	<i>odorata</i>		X	X	
<i>Gleicheniaceae</i>	<i>Sticherus</i>	<i>bifidus</i> (Willd.)	X	X	X	
	<i>Gleichenella</i>	<i>pectinata</i>		X		X
<i>Lycopodiaceae</i>	<i>Liabum</i>	<i>discolor</i>		X	X	
	<i>Lycopodium</i>	<i>cernuum</i>	X	X		X
		<i>sp</i>		X		X
	<i>Lycopodiella</i>	<i>cernua</i>	X	X		X
<i>Orchidaceae</i> <i>Epidendroideae</i>	<i>Epidendrum</i>	<i>radicans</i>		X	X	
	<i>Sobralia</i>	<i>macrantha</i>		X	X	
		<i>decora</i>		X	X	
<i>Poaceae</i>	No determinado	No determinado	X	X	X	X
<i>Pinacea</i>	<i>Pinus</i>	<i>maximinoi</i>	X	X	X	X
<i>Sapindaceae</i>	No determinado	No determinado	X	X	X	
<i>Verbenaceae</i>	No determinado	No determinado	X	X	X	

de temporal, por esta razón es poco factible que se haga un uso sostenido del terreno con fines agrícolas, aunque sí se observó que son áreas de tránsito de ganado, actividad que en el futuro puede causar compactación del suelo y pérdida de la capacidad de retención de agua y de porosidad.

Los principales usos del suelo observados en la zona de estudio, y sus inmediatos alrededores, fueron el pastoreo extensivo de ganado vacuno, que comprende la base del complejo volcánico, las faldas del volcán y la parte baja de las laderas, donde la pendiente aún no es tan pronunciada como en la mitad superior del edificio

volcánico, y el desarrollo agrícola de monocultivos extensivos y no mecanizados, primordialmente en la base y la periferia de las comunidades establecidas en vecindad del volcán El Chichón, además del cultivo de pasto forrajero que se ubica de modo heterogéneo en la totalidad de la superficie del volcán, exceptuando el cráter de 1982 y el espacio existente entre dicho cráter y el emplazamiento del domo –que fue derruido por la actividad eruptiva más reciente.

Debido a la, relativamente baja, densidad poblacional asentada en las cercanías del volcán, los daños relativos a la influencia humana, fueron considerados

moderados, sin embargo se presenta –de la misma manera que en muchas regiones del estado- una notoria tendencia demográfica creciente, misma que habrá de impactar, a corto plazo, la estructura del suelo en desarrollo del volcán, ante un aumento en la densidad poblacional que habite en las inmediaciones del volcán. Existirá evidentemente la necesidad de abarcar una mayor superficie con fines productivos, un uso extensivo del terreno se traduce en la alteración, cambio o desaparición de la cobertura vegetal nativa, lo que habrá de acelerar el problema de pérdida de material del suelo por erosión e intemperismo –problema que es perceptible al día de hoy.

Datos presentados por proyectos relacionados al presente, que manejan mapas del volcán por S.I.G., reportan un preocupante crecimiento de los asentamientos humanos en la periferia del volcán. Como un dato de interés adicional, se reportó que el material subyacente a la roca ígnea está constituido por bloques sedimentarios del terciario, predominantemente de composición lutítica y kárstica, los cuales son extremadamente sensibles al deterioro hídrico, causando serios deslaves y hundimientos en las cercanías del emplazamiento volcánico.

POSIBLES TIPOS DE DEGRADACIÓN EDÁFICA

ATRIBUIBLES AL IMPACTO DEL EFECTO ANTRÓPICO

Se determinó que los principales tipos de degradación edáfica se pueden incluir en cinco clasificaciones:

1. Pérdida de suelo por erosión (en sus diversos tipos)

Tal como se comentó líneas atrás, la pérdida de suelo por erosión es la problemática más compleja, y probable, que puede impactar el suelo del área de trabajo.

El suelo incipiente que se presenta, tiene como característica primordial una estructura porosa, arenosa y poco desarrollada, misma que enfrenta en el intemperismo y erosión su principal riesgo.

Este suelo suele ser estable mientras se mantenga una adecuada capa vegetal superficial, ya que las raíces de las herbáceas nativas tienden a servir de anclaje a los *peds* del suelo, al ser retirada ésta para iniciar cualquier tipo de aprovechamiento de este suelo, la superficie expuesta es rápidamente intemperizada y sufre erosión laminar, misma que se agrava bajo regimenes de precipitación altos, como es el caso del área donde se ubica el volcán El Chichón.

2. Acidificación del suelo

Los procesos de acidificación del suelo están estrechamente relacionados con la porción de minerales amorfos (alófano) presentes en la matriz del suelo; para el suelo del complejo volcánico El Chichón se determinaron altas concentraciones de alófano. Los procesos de acidificación comienzan entonces, debido a la precipitación, se presenta un lavado y arrastre de bases, que serán substituidas por el catión H^+ , aumentando la concentración de iones H_3O^+ en la porción húmeda de la matriz del suelo, además de presentarse y/o establecerse monocultivos extractivos, pueden acelerar este fenómeno al extraer bases catiónicas más rápido de lo que éstas son reintegradas al suelo, o de modo más crítico, la acidez se presenta por la aplicación de fertilizantes de tipo amoniacal que acidifican el suelo debido a las bases libres que dejan disponibles para su absorción radical (bajo condiciones de alta humedad) y los contenidos de nitrógeno que dejan como residuo. En adición a esto se menciona el riesgo de afectar la fertilidad del suelo por aumento en la concentración de aluminio, parte integral de las alófanos amorfas del suelo que se puede liberar en respuesta al lavado de bases.

3. Merma, o pérdida, de la C.I.C., con el consiguiente declive de la fertilidad

La alta Capacidad de Intercambio Catiónico

(C.I.C.) es una característica fundamental de suelos conservados y con buenos niveles de fertilidad; la disminución de C.I.C. es un proceso de evolución común en suelos volcánicos, suele presentarse conforme el suelo se desarrolla y pasa de la madurez a la senilidad. Se presenta como una tendencia natural a formar agregados amorfos, que ocasionan una fuerte retención de cationes metálicos y dificultan su absorción por parte de las plantas. No obstante que sea una tendencia normal, numerosas prácticas pueden acentuar este proceso, transformando en pequeño espacio de tiempo la estructura del suelo y ocasionando un declive muy marcado de su fertilidad. En el caso particular del volcán El Chichón, los altos índices de alófono encontrados y reportados hacen temer que este efecto se presente, causando graves daños ecológicos y perjuicios económicos para las poblaciones que realicen la práctica agrícola de monocultivos como medio primario de subsistencia.

4. Pérdida de la capacidad de absorción hídrica, por alteración de la porosidad del suelo, Capacidad de Infiltración (C.I.) y endurecimiento del suelo

Si un suelo poroso sufre alteraciones en su estructura por malas prácticas de irrigación y/o el tránsito continuo de animales u objetos pesados, se tiende a sufrir compactación, afectando la capacidad del mismo para absorber agua e incorporarla a su matriz (C.I.) y causando un proceso de desecación de los horizontes no superficiales. Este proceso también puede derivar de la labranza continua, ya que al ser realizada se fragmenta el suelo, se altera su estructura y se afecta su capacidad de infiltración (C.I.), cambiándose la estructura y distribución de los microporos del sistema edáfico y se causa una degradación de la capacidad de absorción y conservación de la humedad al interior de la matriz del suelo.

5. Pérdida de nutrientes

Es conocido que el establecimiento de la práctica agrícola de monocultivos en suelos de origen volcánico tiende a causar un desbalance en la dinámica natural de absorción-reposición de macro y micronutrientes, al ser el primer proceso más acelerado que el segundo, prontamente se alcanza un estado de falta de nutrientes en el suelo, nutrientes que pueden ser los factores limitantes para el crecimiento de algunas especies vegetales, además de esto se pueden formar agregados amorfos (en reacción con alófono) sumamente estables que incorporen a diversos elementos y causen una marcada disminución de los índices de disponibilidad de estos para la nutrición vegetal. Los metales alcalinos son los más drásticamente afectados por de este tipo de deterioro de suelos, ya que muestran una marcada tendencia a disminuir conforme se desarrollan y se hacen seniles, en los suelos de tipo *andisol* (que es al que tiende el volcán chichón), bajo sistemas de monocultivo de plantas extractivas de minerales catiónicos y/o metales alcalinos, el problema se puede agravar de modo muy notorio.

PROPUESTA DE MANEJO SUSTENTABLE PARA EL ÁREA NATURAL DEL VOLCÁN EL CHICHÓN Y SUS ZONAS ALEDAÑAS

Tomando en cuenta las características de los suelos presentes, clima, desarrollo del proceso de sucesión ecológica y buscando algún punto de empatía con las necesidades de las comunidades que se han establecido en las inmediaciones del volcán El Chichón, se proponen los siguientes puntos como un primer acercamiento hacia un plan general de manejo sustentable de los recursos edáficos del complejo volcánico El Chichón:

Los suelos del volcán El Chichón son poco desarrollados, presentan una marcada tendencia a evolucionar

en andisoles y están llevando a cabo su proceso edafogénico bajo condiciones tropicales con altos índices de humedad y precipitación, lo cual los convierte en suelos sin vocación agrícola, por lo que debe evitarse *a priori* su uso para actividades de este tipo.

Desde que la labor agrícola se convierte en una necesidad para la manutención de las comunidades que habitan esta región del estado, sería factible realizar actividades agrícolas en las áreas aledañas al volcán, ubicadas en un radio superior a los 3.7 kilómetros, ya que esto deja los terrenos fuera del edificio volcánico (datos determinados por S.I.G.). Sin embargo, se recomienda ampliamente desarrollar únicamente cultivos de autoconsumo, evitar el establecimiento de monocultivos, especialmente aquellos muy extractivos como es el caso del maíz (*Zea mays*), frijol (*Phaseolus vulgaris*) y/o papa (*Solanum tuberosum*), entre otros.

Las actividades ganaderas son factibles, siempre y cuando se lleven al cabo de modo moderado, cuidando de no sobrepasar la capacidad de carga del sistema y del suelo, esto se puede conseguir evitando el uso exclusivo y sostenido de espacios cerrados, para pastoreo de ganado pesado; evitando, en medida de lo posible, el tránsito diario del ganado por las mismas vías, el cambio de vegetación nativa por pastos forrajeros y favoreciendo el cambio de ganado vacuno por alguno de menor peso. Es de vital importancia resaltar que no se recomienda ningún tipo de ganadería intensiva, y se debe delimitar el espacio en el que es viable realizar estas actividades extensivas, evitando su realización en áreas con pendiente pronunciada (mayor a 30°).

El tipo de suelo, y la vegetación de las elevaciones aledañas al edificio volcánico, que no sufrió alteraciones tan directas en el evento eruptivo de 1982, permiten presumir que al avanzar el proceso de sucesión ecológica, será factible planificar un aprovechamiento forestal controlado, ya que al momento no existen aún colonizadores tardíos que puedan ser utilizados como recurso maderable.



Uno de los usos sustentables, para esta región natural, que no ha recibido la atención adecuada, es el potencial ecoturístico; sin embargo, un aprovechamiento ecoturístico obligaría una alta inyección de recursos económicos, para tecnificar y mejorar la infraestructura carretera, de servicios, difusión y, especialmente, de instrumentación del volcán, con el fin de lograr garantizar la seguridad de los visitantes, además de implementar métodos de prevención como simulacros de evacuación. Un desarrollo ecoturístico debería favorecer y fortalecer proyectos de estudio y monitoreo de este volcán activo, de gran interés histórico, científico, biológico y enorme belleza.

CONCLUSIONES

El recurso natural representado por el complejo volcánico El Chichón es de enorme importancia, constituye un área de gran interés científico y social, presenta diversos problemas para su conservación y manejo sustentables. La actividad humana, que ahora mismo se realiza sobre su superficie de modo

indiscriminado y descontrolado, tiene la capacidad de degradar el suelo en desarrollo del mismo, sin embargo, con una adecuada planeación, monitoreo y estudio puede ser un atractivo sustentable y generar ingresos económicos que se traduzcan en mejoras para la población que habita en sus márgenes. Es necesario establecer una adecuada planeación del uso del suelo, determinar de modo físico, que zonas del mismo tienen potencial de uso productivo y cuáles no, delimitar las zonas de acceso restringido y evitar el desarrollo de actividades contrarias a la vocación del suelo, abstenerse de desarrollar actividades agrícolas en la totalidad de su superficie y vigilar la actividad ganadera, buscando evitar y, llegado el caso, frenar y restaurar el daño causado a la estructura edáfica del mismo.

Con el desarrollo de proyectos similares al que aquí se ha presentado se pretende dar difusión a inquietudes conservacionistas, demostrar la factibilidad de desarrollar metodologías de manejo sustentable de los recursos naturales y métodos para evaluar los daños producidos por influencia humana sobre el medio ambiente.

AGRADECIMIENTOS

A todos los compañeros del laboratorio que compartieron los viajes y muchas horas de trabajo. Al personal del Herbario del Colegio de la Frontera Sur (Ecosur), unidad San Cristóbal de Las Casas, por su desinteresado apoyo al proyecto.

Finalmente, pero no por ello menos importante, al comité redactor de la revista *Lacandonia*, por ser un medio para difundir los avances científicos de nuestra entidad.

LITERATURA CITADA

CANUL-DZUL R. F., RAZO-MONTIEL A., ROCHA-LÓPEZ V., 1983, "Geología e historia volcánica del volcán El Chichonal, estado de Chiapas", en *El volcán El Chichonal*, UNAM-Instituto de Geología, México, D.F.

CANUL-DZUL R. F., ROCHA-LÓPEZ V., 1981, "Informe geológico de la zona geotérmica del Chichonal. Chiapas", en *Comisión federal de electricidad, informe 32-81 inédito*, México D.F.

CASANOVA P., 1997, *Fertilidad de suelos, su manejo en la producción agrícola*, Universidad Central de Venezuela, Facultad de Agronomía.

PÉREZ-JIMÉNEZ L. A., SARUKHÁN-KERMES J., 1971, "La vegetación de la región de Pichucalco, Chiapas", compilado en *Lecturas Chiapanecas no. 6*.

CERVANTES-BORJA J., OROZCO-CHÁVEZ F., MEZA-SÁNCHEZ M., TRICART J., 1983, *Determinación preliminar de los daños causados al medio natural por las erupciones del volcán Chichonal*, UNAM-Instituto de Geología, México D.F.

CLARKE J., 1988, *Caracterización, degradación y uso de los suelos con un fin: el desarrollo sostenible*, publicado por Universidad de Almería, España.

DE LA LLATA R. R., GUTIÉRREZ-COUTIÑO R., MORENO-CORZO M., BUCHELLI G., CANTARFAN J. G., 1979, *Geología y tectónica del sureste mexicano, principalmente del norte de Chiapas (zona Peñitas-Chicoasén-Itzantún)*, UNAM-Instituto de Geología, México, D.F.

FAO-PNUMA, 1998, *Suelos y fertilización*. Ed. Trillas s.l.

- FAO**, 2001, *Edafología para la agricultura y el medio ambiente*, publicado por Mundi-Prensa Libros, s.l.
- RAMOS-HERNÁNDEZ S. G.**, 2007, “Los cambios ambientales del volcán Chichón, a 25 años de su erupción”, en *Volcán El Chichón: veinticinco años después. Conferencia conmemorativa*, publicación especial no. 6, Instituto de Geología, UNAM, México.
- , 2007, “Regeneración de suelos en el área del volcán Chichón, estado de Chiapas, México”, en *Volcán El Chichón: veinticinco años después. Conferencia conmemorativa*, publicación especial no. 6. Instituto de Geología–UNAM, México.
- RICHTERS, E. J.**, 1995, *América Central: hacia el aprovechamiento sostenible del recurso tierra*, publicado por Agroamérica, ISBN 929039272X, 9789290392729.
- SADZAWSKA M., SANFELIU T., JORDÁN M., BOIX A.**, 2008, *Contaminación y medio ambiente*, publicado por Universitat Jaume I., Castellón, España.





