
Variación de las propiedades fisicoquímicas como respuesta al establecimiento de distintas actividades agropecuarias en los luvisoles de la sierra norte de Puebla

V. Sánchez-Corona^{1*}, R. Castelán-Vega², J. V. Tamaríz-Flores²

¹Escuela de Biología. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, 72570, vickysac@hotmail.com

²DICA - Instituto de Ciencias. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla

Recibido 26 mayo 2007, revisado 12 septiembre 2007, aceptado 24 noviembre 2007

Physicochemical properties variation in response to the establishment of various agricultural activities in luvisoles of the north mountains of Puebla

Abstract

In Mexico the soil degradation is a very serious problem that is accentuated in the mountainous zones of the country, as in the case of the North Mountain range of Puebla that presents productive Luvisoles, in where they have established agriculture with bad practices of handling, causing negative impacts in the quality of the soil. The objective was to know the state present of physic-chemic properties of the luvisoles of this region. The Methodology consisted of selecting parcels destined to diverse agricultural activities taking like reference the primary forest, collecting samples in the following depths 0-10cm, of 10-20cm and 20-30cm. Analyzing the apparent density, breathing and infiltration in situ and in laboratory: Texture, organic Matter (M.O.), real Density, Porosity, total Nitrogen, Ca, Na, K, Mg, pH, electrical conductivity, and capacity of catiónico interchange (CIC). The parcels of coffee with shade, without shade and pastizal, showed a predominance of argillaceous fractions, that increase in the density caused and therefore, diminution of the porous space; nevertheless, the pastizal showed an accelerated deterioration reflected in the M.O., breathing, infiltration and CIC. In resistance the soil under maize were less disturbed when obtaining a high percentage of M.O and porosity, favoring the microbial breathing. The soil with the best quality are those of primary forest and secondary to present one better texture, greater percentage of M.O and porosity and therefore low values of density, also CIC and the electrical conductivity they were low like the rest of the parcels.

Key words: Degradation, Properties fisicoquímicas, Red soils.

Resumen

En México la degradación del suelo es un problema muy serio, que se acentúa en las zonas montañosas del país, como en el caso de la Sierra Norte de Puebla que presenta Luvisoles productivos, en donde han establecido agricultura con malas prácticas de manejo, propiciando impactos negativos en la calidad del suelo. El objetivo fue conocer el estado actual de las propiedades fisicoquímicas de los Luvisoles de esta región. La Metodología consistió en seleccionar parcelas destinadas a diversas actividades agrícolas tomando como referencia al bosque primario, recolectando muestras en las siguientes profundidades 0-10cm, de 10-20cm y de 20-30cm. Analizando la densidad aparente, respiración e infiltración in situ y en laboratorio: Textura, Materia orgánica (M.O.), Densidad real, Porosidad, Nitrógeno total, Ca, Na, K, Mg, pH, conductividad eléctrica, y capacidad de intercambio catiónico (CIC). Las parcelas de café con sombra, sin sombra y pastizal, mostraron un predominio de fracciones arcillosas, que ocasionó aumento en la densidad y por lo tanto, disminución del espacio poroso; sin embargo, el pastizal mostró un acelerado deterioro reflejado en la M.O., respiración, infiltración y CIC. En contraste los suelos bajo maíz fueron los menos perturbados al

* Autor de correspondencia
E-mail: vickysac@hotmail.com

obtener un alto porcentaje de M.O. y porosidad, favoreciendo la respiración microbiana. Los suelos con la mejor calidad son los de bosque primario y secundario por presentar una mejor textura, mayor porcentaje de M.O. y porosidad y por lo tanto valores de densidad bajos, así mismo la CIC y conductividad eléctrica fueron bajas al igual que el resto de las parcelas.

Palabras clave: degradación, propiedades fisicoquímicas, suelos rojos.

Introducción

Para los ecosistemas terrestres, el suelo es el escenario o el medio físico-químico en el que se desarrolla la vida (Cruz et al., 2001). El suelo es un componente ambiental que por su origen, formación y evolución no puede ser aislado del entorno que lo circunda. Por ello, tanto el uso inadecuado como el cambio de usos o su sobreexplotación con el fin de satisfacer necesidades humanas de interés económico y social pueden contribuir a la degradación de este recurso natural como sucede en la Sierra Norte de Puebla; ecosistema que presenta una amplia extensión de Luvisoles (FAO, 1999), los cuales son profundos y productivos, con alto contenido de hierro y capacidad de retención de nutrientes aceptable. Por lo que muchas de estas áreas han sido desmontadas para actividades agropecuarias propiciando procesos erosivos, así como impactos negativos en sus propiedades fisicoquímicas, y por consiguiente, la pérdida de productividad del suelo mismo (SEMARNAT, 2000; Castelán, 2003). El objetivo de este trabajo es conocer el estado actual de las propiedades fisicoquímicas de los Luvisoles de esta región, para que a partir de estos resultados se puedan realizar las estrategias de trabajo encaminadas a detener la degradación de los mismos.

Material y métodos

El área de estudio se localiza al noroeste del estado. Enmarcada dentro de las coordenadas geográficas de 19° 27' y 20° 30' de Latitud Norte y 97° 00' y 98° 20' de Longitud Oeste del Meridiano de Greenwich. Abarca territorios de seis municipios de la Sierra Norte de Puebla: Chilpancingo, Naupan, Huauchinango, Jalpan, Xicotepece y Zihuateutla (Fig. 1) (INEGI, 2000). Para llevar a cabo la investigación, se seleccionaron parcelas con luvisoles destinados a diversas actividades agrícolas (bosque secundario, café con sombra, café sin sombra, maíz y pastizal) tomando como referencia al bosque primario, y se obtuvieron las muestras en las siguientes profundidades 0-10cm, de 10-20cm y de 20-30cm. Se efectuó la descripción edáfica del perfil del suelo de cada parcela, y se determinó la densidad aparente, respiración e infiltración in situ. En el laboratorio se evaluaron los siguientes parámetros: Porcentaje de Materia orgánica (M.O.), Densidad real, Porosidad, Textura y Nitrógeno total, las concentraciones de Ca, Na, K, Mg, pH, conductividad eléctrica, y capacidad de intercambio catiónico (CIC).

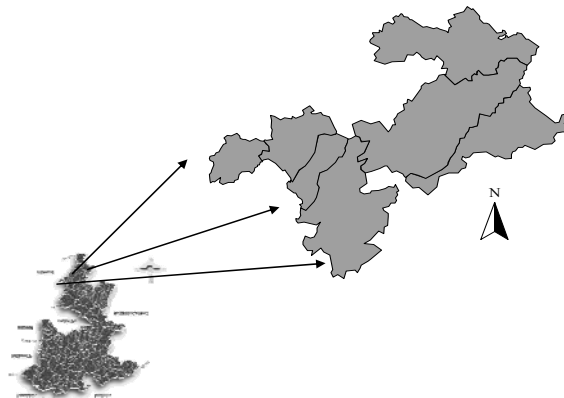


Figura 1. Localización de la zona de estudio en el Estado de Puebla. Fuente: INEGI, 2000.

Resultados y discusión

En la tabla 1 se muestran los resultados del parámetro de textura, pudiendo apreciar los porcentajes obtenidos de Arena, Arcilla y Limo para cada parcela evaluada. En los suelos de las parcelas de café con sombra, café sin sombra y maíz, la clase textural dominante es Franco-arcillosa, la cual se considera óptima para cultivos agrícolas. Cuando existe exceso de la fracción arcillosa en los suelos, se forma una costra en las capas superficiales de los mismos; como es el caso de la parcela bajo pastizal, la cual muestra clase textural Arcillosa, por lo que se restringe el movimiento del aire, el agua y la penetración de las raíces, favoreciendo la cantidad de lluvia que se convertirá en escurrimiento superficial (Aguilera, 1989). El bosque primario presentó la clase textural Franco-arenosa y el bosque secundario Franco-arcillo-arenosa, por lo que ambos cuentan con una mezcla relativamente equilibrada de granos de arena, limo y arcilla en sus suelos; así como amplios espacios porosos entre sus partículas. En lo que respecta a la densidad real (Tabla 2), el suelo que presenta mayor masa por unidad de volumen es el cultivado con pastizal debido a que se encuentra expuesto al constante pisoteo de los animales que se alimentan de esta gramínea, hecho que facilita la compactación, aumentando su resistencia mecánica, destruyendo y ocasionando cambios desfavorables en la relación suelo-agua-aire. Los suelos cultivados con café con sombra y café sin sombra, también registran valores elevados de densidad real; no obstante, en este caso la compactación se debe primordialmente al continuo laboreo al que han estado expuestos. Aunado a esto se encuentra el fuerte grado de erosión que presentan; de tal manera que han perdido gran parte del horizonte A e incluso, en algunos casos, se ha erosionado completamente. En los suelos con bosque secundario y maíz los valores se deben a que el bosque por encontrarse en etapa temprana sucesional, después de ser fuertemente explotado para cultivo de maíz, desencadenó un acelerado proceso erosivo que volvió improductivos los suelos y ocasionó su abandono por severa erosión (Ruiz et al., 2005). En el caso del suelo con maíz, la densidad es ligeramente menor a la del bosque secundario, ya que el grado de erosión que presenta es catalogado como moderado, se encuentra en una zona con pendiente de 25%, sin prácticas de

conservación de suelo y sembrado a favor de la pendiente. Finalmente, con la menor densidad real registrada a esta profundidad (10 cm) se encuentra el suelo con bosque primario, debido a la alta concentración de materia orgánica que presentan, misma que se ha acumulado hasta en 80 cm de profundidad. Los valores de densidad aparente se muestran en la Tabla 2, pudiendo apreciar que la parcela con pastizal presenta la densidad más alta en los primeros 20 cm (1.07 y 1.12 g cm⁻³), debido al sobrepastoreo al que han estado sometidos, lo que ha provocado la desaparición de los espacios existentes entre las partículas del suelo. Los suelos bajo cubierta de café sin sombra (0.92 g cm⁻³) y café con sombra (1.02 g cm⁻³) presentan, al igual que el pastizal; valores elevados de densidad, debido a que se trata de suelos de constante explotación desde hace más de diez años, por lo que los niveles originales de materia orgánica se han reducido y se ha incrementado el potencial de compactación (Narro, 1994; Sustaita, 2000). Los luvisoles de las parcelas de maíz y bosque secundario, reportan valores de densidad que no sobrepasan los 0.83 g cm⁻³ en los primeros 10 cm, lo cual refleja una ligera disminución del espacio poroso, no obstante estos datos se asocian en general a condiciones apropiadas para los cultivos (Narro, 1994). El suelo bajo bosque primario fue quien presentó los valores de densidad aparente más bajos (0-10 cm de profundidad), ya que no rebasa los 0.34 g cm⁻³ en ninguna de las tres profundidades evaluadas, evidenciando ser significativamente diferente ($\alpha < 0.05$) al resto de los Luvisoles. Estos valores se asocian con una condición apropiada y equilibrada en cuanto al tipo de textura, estructura, contenido de materia orgánica y porosidad. Los porcentajes obtenidos de porosidad se muestran en la Tabla 2, pudiendo observar que los suelos de pastizal y bajo cultivo de café con sombra presentaron los valores más bajos (55.9% y 54.3%, respectivamente), y estos a su vez, no mostraron diferencia estadísticamente significativa entre ellos ($\alpha < 0.05$) dentro de los primeros 20 cm de profundidad; estos valores reflejan, al igual que los de densidad; mayor compactación del suelo, debido al mal uso y manejo del mismo; (Sustaita, 2000). Posteriormente, se encuentran los luvisoles con café sin sombra (59.5%) y maíz (68.7%); ambos con valores más altos; sin embargo, siguen siendo significativamente inferiores a los valores

Tabla 1. Clase textural de los Luvisoles de las parcelas en estudio.

Parcelas	Profundidad cm	Textura (%)			Clase textural
		Arena	Arcilla	Limo	
PASTIZAL	0-10	24.92	59.8	15.28	Arcillosa
	10-20	37.84	43.24	18.92	Arcillosa
	20- 30	60.20	22.88	16.92	Franco-arcillo-arenosa
MAÍZ	0-10	38.20	28.52	33.28	Franco-arcillosa
	10-20	44.20	24.52	31.28	Franca
	20- 30	34.20	28.52	37.28	Franco-arcillosa
CAFÉ SIN SOMBRA	0-10	50.92	29.80	19.28	Franco-arcillosa
	10-20	37.84	38.88	23.28	Franco-arcillosa
	20- 30	21.84	58.88	19.28	Arcillosa
CAFÉ CON SOMBRA	0-10	44.20	32.52	23.28	Franco-arcillosa
	10-20	24.20	56.88	18.92	Arcillosa
	20- 30	12.20	70.88	16.92	Arcillosa
BOSQUE SECUNDARIO	0-10	32.00	39.80	28.20	Franco-arcillosa
	10-20	68.20	20.52	11.28	Franco-arcillo-arenosa
	20- 30	50.20	38.52	11.28	Arcillo-arenosa
BOSQUE PRIMARIO	0-10	51.48	8.52	40.00	Franco-arenosa
	10-20	60.20	6.52	33.28	Franco-arenosa
	20- 30	66.20	6.52	27.28	Franco-arenosa

registrados por el bosque secundario, quien reporta un porcentaje de 77.11% de porosidad, así como a los registrados por el bosque primario (85.6%), este último, resultando ser significativamente diferente al resto de las parcelas ($\alpha < 0.05$) a las tres profundidades evaluadas y; según Sustaita (2000), presentando los valores ideales para facilitar el arraigamiento de la vegetación, favorecer la difusión del agua y del aire entre el suelo y el resto de los componentes del ecosistema.

En la Tabla 3, se muestran los valores de conductividad eléctrica, en donde se puede apreciar, que a medida que aumenta la profundidad los

valores de esta disminuyen. El suelo de la parcela con maíz obtuvo los valores más altos en las tres profundidades analizadas (273.9, 223.3 y 145.7 mS, respectivamente), debido al incremento de sales por la utilización constante de fertilizantes; le sigue el suelo con bosque secundario (131.6, 72.8 y 43.7 mS); mismo que al desarrollar un denso sotobosque presenta una velocidad de infiltración lenta, por lo que las sales presentes tardan en ser distribuidas dentro del perfil. Posteriormente, se ubica el suelo con bosque primario (115.4, 46.4 y 36.7 mS), quien

Tabla 2. Propiedades físicas de los Luvisoles de cada parcela evaluada.

Parcelas	Profundidad cm	Densidad (g cm ⁻³)		Porosidad %
		Real	Aparente	
PASTIZAL	0-10	2.34	1.07	54.31
	10-20	2.09	1.12	44.47
	20-30	2.11	0.92	53.36
MAÍZ	0-10	2.13	0.67	68.73
	10-20	2.35	0.67	71.57
	20-30	2.39	0.64	73.17
CAFÉ SIN SOMBRA	0-10	2.26	0.92	59.52
	10-20	2.17	1.09	49.96
	20-30	2.15	1.23	42.48
CAFÉ CON SOMBRA	0-10	2.33	1.02	55.98
	10-20	2.26	1.03	54.27
	20-30	2.21	0.92	58.55
BOSQUE SECUNDARIO	0-10	2.16	0.49	77.12
	10-20	2.07	0.83	59.98
	20-30	2.09	0.96	53.93
BOSQUE PRIMARIO	0-10	2.00	0.29	85.62
	10-20	2.02	0.34	83.86
	20-30	1.98	0.34	83.93

presenta alto contenido de sales debido a la presencia y descomposición de la materia orgánica que constantemente se acumula en la superficie del suelo; a este le siguen en alternancia los suelos bajo café con sombra (79.5, 69.5 y 33.3, mS) y sin sombra (98.3, 61.0 y 25.3 mS); ambos con disminución considerable de los valores del parámetro evaluado, esto se debe a que estos suelos se han cultivado desde hace más de un década sin considerar las apropiadas medidas de conservación.

En cuanto al suelo con pastizal en todos los casos presentó la conductividad más baja registrada (55.6, 24.6 y 19.8 mS). Los valores de pH más elevados se encuentran en los suelos bajo manejo de café sin sombra, pastizal y café con sombra, con datos superiores a 6 (Tabla 3); encontrándose estos dentro del rango óptimo para el crecimiento de la mayoría de los vegetales (pH 6-7.5).

Tabla 3. Indicadores químicos obtenidos para las distintas parcelas evaluadas.

Parcelas	Profundidad cm	Conductividad eléctrica (mS)	pH	Materia orgánica (%)	Nitrógeno (%)
PASTIZAL	0-10	55.6	6.5	4.03	0.33
	10-20	24.6	6.1	0.27	0.18
	20-30	19.8	6.2	0.00	0.16
MAÍZ	0-10	273.9	5.46	9.68	0.28
	10-20	223.3	5.34	8.87	0.19
	20-30	145.7	4.97	6.45	0.14
CAFÉ SIN SOMBRA	0-10	98.3	6.5	7.13	0.4
	10-20	61.0	6.2	4.44	0.32
	20-30	25.3	6.8	0.13	0.33
CAFÉ CON SOMBRA	0-10	79.5	6.5	7.13	0.38
	10-20	69.5	5.9	5.38	0.29
	20-30	33.3	6.0	2.96	0.29
BOSQUE SECUNDARIO	0-10	131.6	5.6	11.43	0.52
	10-20	72.8	5.4	6.32	0.35
	20-30	43.7	6.0	2.42	0.15
BOSQUE PRIMARIO	0-10	115.4	4.54	25.81	0.3
	10-20	46.4	4.88	25.01	0.14
	20-30	36.7	4.93	18.82	0.11

Le siguen los Luvisoles bajo bosque secundario y maíz, mismos que son ligeramente más ácidos que los suelos de las parcelas anteriores, ya que no rebasan el valor de 6.

Esta ligera acidez se debe en el primer caso a la composición del material vegetal depositado, ya que según Etchevers, et al. (2000) los bosques secundarios de coníferas favorecen la acidez del suelo porque sus acículas aportan menores cantidades de calcio, potasio y magnesio que las hojas de especies deciduas, en el caso de maíz la

acidez se debe a la aplicación de fertilizantes nitrogenados amoniacales que tienden a bajar los valores de pH cuando se emplean de manera excesiva.

Finalmente, el suelo más ácido, fue el correspondiente a bosque primario, con valores de pH no mayores a 4.9; esto se debe a la constante incorporación de materia orgánica degradable, y a el lavado intenso de bases provocado por las precipitaciones y las condiciones de buen drenaje; (Bornemiza, 1965 citado por Aguilera 1989).

Los valores de Materia orgánica se muestran en la

Tabla 3, donde el suelo de la parcela con pastizal presenta los valores más bajos, mismos que no superan el 4.1% en los primeros 10 cm, no obstante, este dato es considerado como medio alto (Aguilera, 1989) y se debe a que las raíces de los pastos se concentran en los primeros centímetros de profundidad del suelo, son de vida corta y por lo tanto devuelven a intervalos frecuentes (Labrador, 1996).

a 20 cm y 0.13% de 20 a 30 cm. El alto contenido de materia orgánica en los primeros 10cm se debe a la aportación vegetal aérea; sin embargo, por tratarse de un monocultivo y al no haber contribución de otros árboles, este aporte es muy reducido (Etchevers et al., 2000). El suelo bajo café con sombra reporta valores superiores, ya que el porcentaje de materia orgánica en las tres profundidades es de 7.13%, 5.38% y 2.96%, respectivamente.

Tabla 4. Indicadores de suelo obtenidos para las distintas parcelas evaluadas.

Parcelas	Profundidad		Cmol(+)Kg ⁻¹				
	cm	Na	K	Ca	Mg	CIC	%V
PASTIZAL	0-10	0.04	0.02	0.37	3.62	1.8	225.00
	10-20	0.04	0.01	0.26	2.00	2.0	115.50
	20-30	0.05	0.01	0.20	2.17	2.4	101.25
MAÍZ	0-10	0.04	0.04	0.83	0.52	2.6	55.00
	10-20	0.04	0.03	0.81	0.42	3.0	43.33
	20-30	0.06	0.01	0.49	0.27	2.8	29.64
CAFÉ SIN SOMBRA	0-10	0.06	0.05	0.20	2.54	3.0	95.00
	10-20	0.06	0.02	0.22	2.36	2.4	110.83
	20-30	0.05	0.01	0.20	2.03	3.4	67.35
CAFÉ CON SOMBRA	0-10	0.07	0.08	0.41	1.94	2.4	104.17
	10-20	0.05	0.04	0.11	1.38	2.4	65.83
	20-30	0.05	0.02	0.10	1.74	2.6	73.46
BOSQUE SECUNDARIO	0-10	0.08	0.03	0.09	2.12	2.8	82.86
	10-20	0.06	0.01	0.17	1.63	3.4	55.00
	20-30	0.04	0.01	0.04	1.52	3.2	50.31
BOSQUE PRIMARIO	0-10	0.03	0.05	0.09	0.13	4.4	6.82
	10-20	0.02	0.02	0.05	0.09	3.6	5.00
	20-30	0.03	0.01	0.06	0.10	3.2	6.25

En los 20 y 30 cm restantes no alcanzan el 0.5% de materia orgánica, ya que es sabido que la cantidad de raíces disminuye gradualmente con el aumento de la profundidad del suelo (Vergara, 2006). Posteriormente se ubica el suelo con café sin sombra con datos que superan el 7% en la primera profundidad evaluada, y va disminuyendo paulatinamente hasta 4.4% en la profundidad de 10

Estos valores nos indican que al establecerse un cultivo en asociación con otros árboles favorece la aportación de materia orgánica, (Moguer y Toledo, 1996; Reyes, 2004). La parcela cultivada con maíz registra valores de 9.68% 10 cm de profundidad, valor que es inferior al del bosque secundario (11.43%); no obstante, en las profundidades de 10-20 cm (8.87%) y 20-30 cm (6.45%) son superiores

al reportado por los suelos de este tipo de vegetación (6.32% y 2.42%, respectivamente). Esta disminución de contenidos orgánicos en los Luvisoles de bosque secundario pudo deberse a que en el pasado éstos tuvieron un uso agrícola intenso y fueron abandonados debido a la degradación. En contraste la producción de biomasa aérea de la milpa y residuos de cosecha, constituyen un importante aporte de residuos vegetales y contribuiría a explicar el mayor contenido de materia orgánica en la parcela bajo maíz (Sustaita, 2000). Finalmente, el suelo con bosque primario es quien presentó los valores más altos en todas las profundidades (25.81%, 25.01% y 18.82%, respectivamente), siendo estadísticamente diferente ($\alpha < 0.05$) al resto de las parcelas. Por lo que estos valores reflejan una mejor calidad del suelo, debido a que con grandes contenidos de materia orgánica se incrementa la tasa de infiltración, y se reduce el escurrimiento. En la Tabla 3. Se observan los valores de nitrógeno total para las distintas parcelas evaluadas, mostrando que los suelos con café con sombra y sin sombra presentan de los 0 a 30 cm de profundidad un porcentaje de Nitrógeno catalogado según la NOM-021-RECNAT-2000 como muy alto que va de los 0.29 a 0.38%, lo cual puede deberse a la incorporación de fertilizantes nitrogenados. Para el caso del Bosque secundario también se muestra un porcentaje muy alto hasta los 20 cm, cambiando por un valor designado como alto (0.15%) de los 20 a los 30cm lo cual se debe a que la mineralización de la materia orgánica en este suelo es más estable y se realiza con mayor eficacia. Tanto la parcela de pastizal como la de maíz presentaron un valor muy alto (0.33% y 0.28% respectivamente) en los primeros 10 cm y alto a partir de esta profundidad. Estos valores nos indican que por ser el pastizal un suelo destinado al ganado, la fuente de nitrógeno se encuentra en los desechos que aportan animales. Para el caso de los suelos bajo maíz, el alto contenido de nitrógeno en los primeros centímetros puede deberse a la aplicación de nutrientes nitrogenados y su disminución en las siguientes profundidades pueden ser ocasionada por que el nitrógeno se pierde más fácilmente por lixiviación por ser un suelo con mejor drenaje. Bosque primario se observa que estos suelos mostraron los valores más bajos en cuanto a este nutriente no obstante aun fueron catalogados como muy alto en los primeros 10cm de profundidad y medio para las siguientes

profundidades. Por presentar una textura más arenosa favorece las pérdidas por lixiviación debido a que la velocidad de infiltración suele ser mayor y por ende el arrastre de nitratos también (Castellanos et al., 2000).

La actividad microbiana, fue superior en los Luvisoles bajo maíz incrementando en un rango considerable (35.05 mgCO₂), siendo este mayor que el bosque primario (24.32 mgCO₂), esto puede estar relacionado con los valores de pH, ya que la mayor parte de las bacterias se desarrollan adecuadamente a pH cercanos a la neutralidad (Labrador, 1996; Navarro, 2000). En el caso del bosque primario por presentar un decremento en el valor de pH inferior a 5.5 provocó que la actividad biológica se alentizara y en consecuencia disminuyera el ritmo de transformación y mineralización de la materia orgánica; no obstante aún presentó un valor alto, favorecido principalmente por la presencia de gran contenido de materia orgánica y los consecuentes procesos que conllevan a mejorar otras características como la textura y la aireación del suelo (Labrador, 1996). Al realizar la comparación de estos suelos con el resto de las parcelas fueron significativamente superiores y diferentes, ya que las otras parcelas presentaron valores muy bajos que van de los 0.4 a 2.5 mgCO₂. Para el caso de los Luvisoles bajo cafetales esta reducción puede estar relacionada directamente con la disminución en los contenidos de materia orgánica, o bien con la disminución de las bases (Aguilera, 1989).

En cuanto a la infiltración los suelos bajo maíz y pastizal mostraron los valores mas bajos 0.17 y 0.32 mm ha⁻¹ respectivamente, lo anterior se atribuye al rompimiento de los agregados estables del suelo por el impacto de de las gotas de lluvia y al bloqueo de poros por partículas de suelo. Seguido de estos suelos se encuentra el café con sombra (1.21mm ha⁻¹) cuya reducción también está relacionada con la alteración de las unidades estructurales y la reducción de poros. Posteriormente a estos, les sigue el café sin sombra y bosque secundario los cuales obtuvieron valores similares 2.1 y 2.9 mm ha⁻¹ respectivamente, siendo estos los más altos; sin embargo en el primero de ellos lo que pudo haber ocurrido como lo señala Castellanos et al., (2000) que en suelos con grietas la infiltración inicial puede ser grande, pero se reduce a un valor muy bajo al mojarse. En el caso del bosque secundario la velocidad de infiltración se vio favorecida por la presencia de gran cantidad de materia orgánica. Al

hacer la comparación de estas parcelas con el bosque primario presentaron una diferencia significativa debido a que este mostró un valor de 0.6 mm ha^{-1} . esta disminución pudo ser ocasionada el momento en que se realizó esta prueba el suelo se encontraba muy húmedo. En lo referente a las bases evaluadas, (Tabla 4) se encontraron diferencias significativas para el caso del Magnesio el cual presentó valores muy bajos en los suelos de bosque primario y maíz, lo cual está estrechamente relacionado con el pH puesto que en condiciones de mayor acidez, disminuye la disponibilidad de nutrientes para las planta, además de el lavado intenso de las bases, provocado por las precipitaciones y las condiciones de buen drenaje. A estas parcelas les siguieron el bosque secundario, café con sombra sin sombra y pastizal que reportan un valor medio; sin embargo este último presentó un valor alto en los primeros 10 cm. En lo que respecta al K los valores obtenidos muestran concentraciones muy bajas, al tener resultados que van de 0.01 a $0.08 \text{ Cmol}^{(+)}\text{kg}^{-1}$ por lo que al realizarse la comparación entre los distintos tipos con el bosque primario no presentaron diferencia significativa. Así mismo en el caso del sodio se reportaron concentraciones muy bajas que oscilaron entre 0.02 a $0.08 \text{ Cmol}^{(+)}\text{kg}^{-1}$ por lo que al realizar la comparación de los 6 tipos de suelos se obtuvo que no existe diferencia significativa ($\alpha > 0.05$). Los valores indican que los nutrientes se pierden fácilmente por lixiviación. Para el caso del Ca al realizarse la comparación de las distintas parcelas mostraron que entre el Bosque primario y secundario no se presentó diferencia significativa al presentar los valores más bajos por tener una relación directa con el pH; esto es, cuando el pH fue menor la concentración de estos iones también lo fue. Aunado a ello el buen drenaje que presentan estos suelos por lo que se favorece el lavado ocasionado por las fuertes precipitaciones del lugar. Las muestras de estos suelos presentaron C.I.C. bajas a las 3 profundidades Por lo que las fuertes precipitaciones de la región trae consigo el lavado de las bases y por lo tanto deficiencias en cuanto a su producción. Al realizar la comparación del bosque con las demás parcelas, no presentó diferencia significativa ($\alpha > 0.05$). (Aguilera, 1989; SEMARNAT, 2000).

Conclusiones

La variación sobre las propiedades fisicoquímicas del suelo fue mayor en la parcela con pastizal debido a la compactación generada por el constante pisoteo del ganado que se ve reflejado al predominar las fracciones arcillosas, presentando una densidad alta y disminución de la porosidad del suelo, sumándose a esto las bajas concentraciones de materia orgánica, bases intercambiables, y por lo tanto la capacidad de intercambio catiónico. Todas estas características repercutieron de manera desfavorable sobre la respiración e infiltración. Después del pastizal la parcela que mostró una grave afectación fue la de café con sombra, al presentar una disminución en cuanto al porcentaje de materia orgánica y porosidad. Estas características afectan directamente la textura, respiración e infiltración en el suelo. Por lo que se produce una reducción en la fertilidad lo cual afecta en cierta medida la agroproduktividad y por ende la sostenibilidad de los ecosistemas. Las parcelas bajo maíz y café sin sombra mantuvieron valores similares en cuanto a la clase de textura y densidad real; sin embargo, debido al poco aporte de residuos vegetales en la segunda parcela esta presentó una reducción de los contenidos orgánicos y porosidad. Lo cual influyó directamente sobre la infiltración. Respecto a las bases evaluadas se manifestó una disminución de estas a excepción del Mg que en la parcela de café sin sombra se presentó en términos medios, y para el caso del Nitrógeno presentó valores muy altos en las dos parcelas. Por lo que con un buen manejo estas parcelas pueden seguir siendo aptas para la implantación de cultivos. El suelo de bosque secundario mostró valores bajos tanto de densidad aparente como real, lo que favoreció la porosidad para el suelo. En general las bases evaluadas mostraron valores bajos a excepción del magnesio. En tanto que el bosque primario fue el que presentó obviamente la mejor calidad por presentar una buena textura, el mayor contenido de materia orgánica y por lo tanto un mayor porcentaje de porosidad debido a que los valores de densidad aparente y real fueron bajos. Al igual que bases intercambiables y el Nitrógeno total.

Bibliografía

- Aguilera, N. 1989. Tratado de edafología de México. México D. F. 182pp.
Castelán, V. R. 2003. Diagnóstico de la erosión de los suelos rojos del ecosistema de montaña de la Sierra Norte de

- Puebla. Alternativas para su manejo. Tesis de maestría. Postgrado en Ciencias Ambientales ICUAP, 153pp.
- Castellanos, J. Z., Uvalle, B. J. y Aguilar, S. A. 2000. Manual de interpretación de análisis de suelos y aguas. Segunda edición, México, 201pp.
- Cruz, M. A., Valera, P.M., Tamaríz, F. V., Calderón, F. E., Peregrina, R.M., Ticante, R. J., Calderón, F. C., 2001. La calidad del suelo como instrumento en la agricultura sustentable. En: Fundamentos para una agricultura sustentable. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, México, 13-25 p.
- Etchevers, B. J., Bautista, C. A. y Vergara, M. A. 2000. Calidad del suelo, indicadores de calidad y captura de carbono, Ecosistema.
- FAO (1998). Base Referencial Mundial del Recurso Suelo. Ed. F.A.O. Roma.
- INEGI, 2000. Síntesis Geográfica del Estado de Puebla. México.
- Labrador, M. J., 1996. La materia orgánica en los agrosistemas, Editorial Mundi prensa, Madrid, 167pp.
- Moguer, P. y Toledo, M. V., 1996, El café en México, ecología, cultura indígena y sustentabilidad, Ciencias, No. 43: Julio-Septiembre, 40-50pp.
- Narro, F. E., 1994. Física de suelos: con enfoque agrícola, Editorial Trillas, México, 195pp.
- Navarro, G. G., 2000. Química agrícola. Editorial Muindi prensa, España, 477pp.
- Ruiz Careaga J., Riverol Rosquet M., Tamaríz Flores J. V. y Castelán Vega, R. 2005. Zonificación agroecológica de la Sierra Norte de Puebla. Textos BUAP, México, 196 pp.
- SEMARNAT. (2000). Indicadores para la evaluación del desempeño ambiental, México D. F. 189p
- SEMARNAT. (2000). NOM-021-RECNAT-2000. Norma Oficial Mexicana que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos. Estudio, Muestreo y Análisis 78p.
- Sustaita, R. F., Ordaz, C. V., Ordaz, S. C., y León, G. F., 2000, Cambios en las propiedades físicas de dos suelos de una región semiárida debidos al uso agrícola, Agrociencia, Volumen 34.