

# Materia orgánica y densidad aparente en suelos del suroeste de La Malinche, Tlaxcala, México

Claudia Romero-Barrios<sup>1</sup>, Elizabeth García-Gallegos<sup>2</sup>, Elizabeth Hernández-Acosta<sup>3</sup>  
Maestría en Ciencias Ambientales, Facultad de Agrobiología<sup>1</sup>, CIGyA<sup>2</sup>, Departamento de Suelos<sup>3</sup>  
Universidad Autónoma de Tlaxcala<sup>1,2</sup>, Universidad Autónoma Chapingo<sup>3</sup>  
Tlaxcala, Tlax.<sup>1,2</sup>, Texcoco, Méx.<sup>3</sup>; México  
[claroba04,elizahac]@yahoo.com.mx, gallegoseg@hotmail.com

**Abstract**—Organic matter and bulk density were determined in forest soils collected from the south west of the National Park La Malinche, along an elevational gradient from 2890 to 3242 m, in the municipalities of Teolocho and Tetlanohcan. The results showed that the soils have a moderately acidic pH and a sandy-loamy texture class. The bulk density was 1.5 g cm<sup>-3</sup> and the organic matter content ranged from low to very low. A significant and negative relationship ( $p < 0.000$ ) between bulk density and organic matter was found in the Tetlanohcan soils, indicating that the higher the bulk density, the lower the organic matter, so these soils present an important degradation problem.

**Keyword**— Edaphic properties, soil quality, Natural Protected Area.

**Resumen**— Se determinó materia orgánica y densidad aparente de suelos forestales recolectados al suroeste del Parque Nacional La Malinche en el intervalo altitudinal de 3242 a 2890 m dentro de los municipios de Teolocho y Tetlanohcan. Los resultados revelaron que los suelos presentan un pH moderadamente ácido y clase textural franco arenosa. La densidad aparente fue de 1.5 g cm<sup>-3</sup> y el contenido de materia orgánica de bajo a muy bajo. Se presentó una relación significativa y negativa ( $p < 0.000$ ) entre la densidad aparente y materia orgánica en los suelos de Tetlanohcan, lo que indica que a mayor densidad aparente menor materia orgánica, por lo que los suelos presentan un problema de degradación importante.

**Palabras claves**— Propiedades edáficas, calidad de suelos, Área Natural Protegida.

## I. INTRODUCCIÓN

En el estado de Tlaxcala existen tres áreas forestales: Tlaxco-Terrenate, Calpulalpan-Nanacamilpa y La Malinche, cuya conservación, aprovechamiento y manejo sustentable son un reto y una responsabilidad importante por la gran variedad de factores sociales, económicos y ecológicos que en el intervienen. Por lo que todas las aportaciones que se realicen desde todas las perspectivas posibles son de vital importancia para cumplir adecuadamente los retos y responsabilidades implícitas en la conservación y aprovechamiento de los bosques del estado [1]. La Malinche es una de las zonas naturales más boscosas del estado de Tlaxcala, pero a pesar de estar legalmente protegida su superficie forestal se ha reducido y han aumentado las áreas de cultivo en sus laderas, siendo las principales causas de su deterioro los incendios, la tala clandestina, el manejo inapropiado del suelo forestal, quema de vegetación herbácea, la destrucción del renuevo para sacar carbón, la explotación del zacatón para utilizar su raíz y un pastoreo mal planeado [2, 3], actividades que provocan una degradación del suelo; la SEMARNAT [4] en este sentido señala, que los procesos de degradación de suelo se pueden agrupar en tres tipos: físicos, químicos y biológicos, su importancia depende de las características del ecosistema y del tipo de disturbio; dentro de los físicos, se menciona que son todos aquellos procesos que conllevan a una reducción de la porosidad, y en consecuencia a un deterioro de las relaciones aire-agua en el suelo [5].

La densidad aparente ( $D_a$ ) se ha orientado a establecer su relación con otras características del suelo y con algunos parámetros biológicos, cuando la  $D_a$  del suelo aumenta, se incrementa la compactación y se afectan las condiciones de retención de humedad, limitando a su vez el crecimiento de las raíces. La  $D_a$  es afectada por las partículas sólidas y por el espacio poroso, el cual a su vez está determinado

principalmente por la materia orgánica del suelo (MOS). La MOS es el componente del suelo más complejo, dinámico y activo y su importancia reside en su contribución al desarrollo de las plantas y su influencia en las propiedades de los suelos [6], además de ser un componente muy importante de los ecosistemas. Un indicador usual de la materia orgánica del suelo es el contenido de carbono orgánico, con el cual, las propiedades biológicas, químicas y físicas del suelo están fuertemente correlacionadas [5]. Los suelos de origen volcánico cuentan con características físicas que favorecen buena estabilidad estructural y una importante resistencia a la degradación, entre las que se pueden mencionar una baja Da, porosidad elevada y alto contenido de MOS, lo que promueve la formación de complejos con la MOS [7]. Muscolo et al. [8] señalan que un balance entre las propiedades del suelo puede contribuir a mejorar su calidad; sin embargo, su evaluación requiere un amplio número de indicadores, los cuales pueden ser aplicados a propuestas de monitoreo de suelos en un futuro.

Un indicador debe ser fácil de medir, accesible, aplicable en condiciones de campo, sensible a las variaciones del clima y manejo del suelo, debe permitir analizar la situación actual del suelo con respecto a la funcionalidad específica que se evalúa, identificar los puntos críticos relación a su sustentabilidad, prever los impactos de una intervención, minimizarlos y ayudar en la toma de decisiones, existe una amplia variedad de indicadores físicos y químicos, éstos varían de acuerdo a las características predominantes del lugar en estudio; entre los físicos se menciona a la textura, profundidad, conductividad hidráulica, Da y capacidad de retención de agua. Entre los químicos se señalan a aquellas que inciden en la relación suelo-planta, la capacidad de intercambio catiónico, el pH, contenido nutrimental, conductividad eléctrica y MOS, por lo que la selección de indicadores deberá estar relacionada con los atributos de la sustentabilidad [9].

Por lo anteriormente mencionado el objetivo del presente trabajo radicó en utilizar el contenido de materia orgánica y densidad aparente como indicadores edáficos de calidad para suelos forestales del suroeste de La Malinche.

## II. METODOLOGÍA

El volcán La Malinche es decretado como Parque Nacional en 1938 y designado para la conservación y protección de los recursos naturales del lugar. Se localiza entre los 19 06'04" y 19 20'06" de Latitud Norte y 97 55' 41" y 98 10' 52" de Longitud Oeste, cuenta con una superficie total de 46 093 ha y 33 161 ha pertenecen al estado de Tlaxcala, su intervalo altitudinal oscila de 2300 a 4461 msnm [10]. El clima es templado subhúmedo y la vegetación es característica de bosque mesófilo de montaña (oyamel, pino, encino). Se conforma de diversos lomeríos, laderas y barrancas, principalmente; entre las que destacan la Colorada y Briones. Esta última localizada al suroeste de La Malinche y con un grave proceso de erosión. Se seleccionaron sitios rodeados de ambientes transformados, ya sea por erosión, tala de árboles, incendios, pastoreo y cambio de uso de suelo, dentro de los municipios de San Luis Teolocholco (SLT) y San Francisco Tetlanohcan, Tlaxcala (SFT) en el intervalo altitudinal de 3242 msnm a 2890 msnm. El municipio de SLT se caracteriza por tener un intervalo de temperatura de 4 a 16 °C, una precipitación de 800 a 1000 mm, el clima es semifrío húmedo con lluvias en verano, de mayor humedad (63%), predomina la roca sedimentaria (brecha sedimentaria en un 65%, el suelo dominante es del orden Regosol en un 74% y el uso de suelo es principalmente de bosque en un 55%, seguido por la agricultura en un 20%. En cuanto a SFT, el intervalo de temperatura es de 2 a 16 °C, la precipitación de 800 a 1000 mm, el clima es templado subhúmedo con lluvias en verano, de mayor humedad (45%), también predomina la roca sedimentaria y el suelo es del orden Regosol en un 43% y su uso es de agricultura en 47% y bosque en un 37% [11].

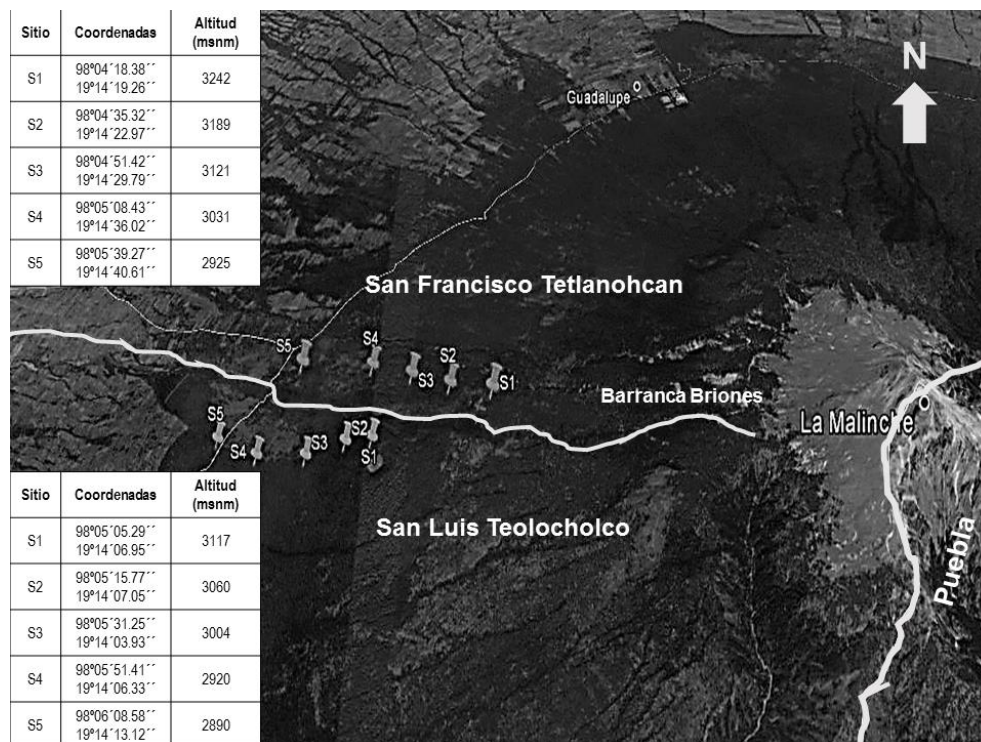


Fig. 1. Sitios de muestreo en San Francisco Tetlanohcan y San Luis Teolocholco, Tlaxcala.

Las muestras fueron recolectadas a una distancia de 500 m (Figura 1). De cada sitio se tomaron 5 muestras simples a una profundidad de 0-30 cm a través del método de zig-zag. Se procedió a secar el suelo sobre papel Kraft a temperatura ambiente y a la sombra, posteriormente se tamizó por malla 2 mm para obtener un tamaño de partícula homogéneo como lo señala la NOM-021-SEMARNAT-2000 [12]. Se realizaron muestras compuestas por sitio para realizar los diferentes análisis por triplicado. De cada una de las muestras se determinó textura por el método del hidrómetro de Bouyoucos, la densidad aparente ( $D_a$ ) por el método de la probeta que establece la NMX-FF-109-SCFI-2008 [13], pH (relación suelo:agua 1:2 p/v) y la materia orgánica del suelo (MOS) por el método de Walkley-Black [14]. Los datos se sometieron a un análisis descriptivo, de varianza y a una prueba de Tukey al 95% para determinar si existen diferencias significativas entre sitios por municipio. Se llevó a cabo una correlación Pearson entre los datos de  $D_a$  y MOS para determinar la relación entre las variables. Todo lo anterior a través del software estadístico Statgraphics Centurion XVI [15].

### III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Por sus características físicas y químicas los suelos de SFT y SLT de los sitios estudiados son muy similares, presentaron un pH de 5.5 a 6.2, moderadamente ácido de acuerdo a la NOM-021-SEMARNAT-2000 [12]. Martínez et al. [16] y Vela et al. [17] reportaron un pH de ácido a moderadamente ácido en suelos de La Malinche, lo que coincide con los resultados obtenidos en este trabajo. Lilienfein et al. [18] mencionaron que las coníferas incrementan la acidez del suelo y, asociada a esto, se alteran procesos edáficos, al aumentar la hidrólisis ácida, la lixiviación de cationes básicos y la actividad fúngica. En cuanto a la textura, ésta fue franco arenosa en todos los suelos, mientras que Vela et al. [17] en un estudio anterior en suelos de otra sección del volcán La Malinche reportaron una textura areno-migajosa. Peña et al. [19] sugieren que en suelos de textura gruesa los procesos de mineralización se pueden ver favorecidos como resultado de una mayor aireación.

Los resultados obtenidos para la variable densidad aparente ( $D_a$ ) fueron analizados en cuanto a su comportamiento en cada uno de los municipios. En la figura 2 se observa que el valor de  $D_a$  en los suelos de SFT es significativamente mayor en S2 ( $p < 0.05$ ), mientras en los suelos de SLT los sitios 2 y 3 presentaron una mayor  $D_a$ . La NOM-021-SEMARNAT-2000 [12] indica que para suelos orgánicos y volcánicos la  $D_a$  debe ser menor a  $1 \text{ g cm}^{-3}$  y en este caso los suelos rebasan dicho valor establecido por la normatividad mexicana. En un estudio anterior Vela et al. [17] reportan la  $D_a$  de suelos con *Pinus montzuma* Lamb en otra sección del volcán La Malinche, el valor fue menor a  $1.1 \text{ g cm}^{-3}$ , lo que permite un intercambio adecuado de aire y una buena absorción de nutrimentos.

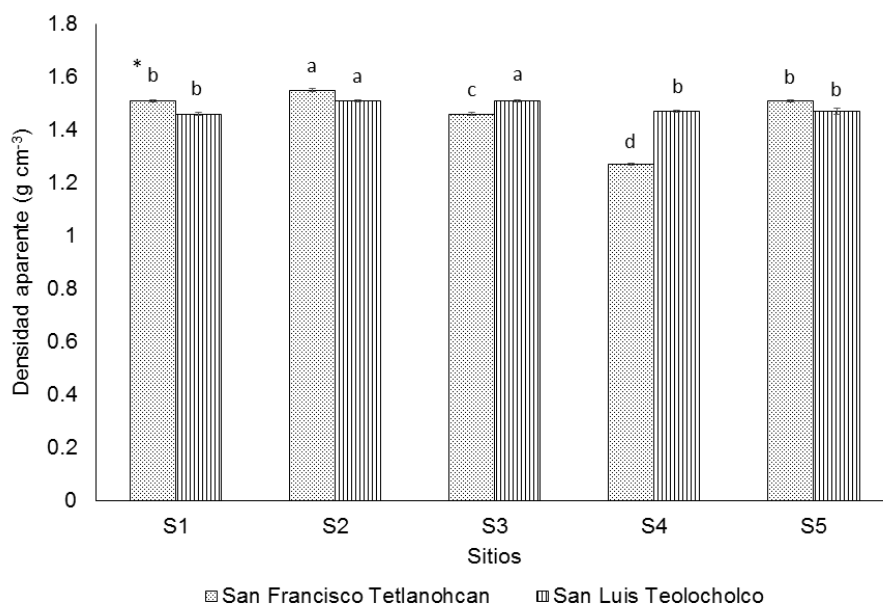


Fig. 2. Valores promedio de  $D_a$  para suelos del suroeste de La Malinche. \*Media Tukey ( $p < 0.05$ ).

En suelos a una altitud de 3000 msnm en el municipio de Emiliano Zapata, Tlaxcala con *Pinus ayacahuite* y *patula* se encontró una  $D_a$  de  $0.8 \text{ g cm}^{-3}$ . Por otro lado, Acevedo et al. [20] mencionan que en suelos forestales de Acaxochitlan, Hidalgo se tuvo una  $D_a$  menor a  $1 \text{ g cm}^{-3}$  y Edeso et al. [21] reportan que en explotaciones de *Pinus radiata* el valor de  $D_a$  fue de  $1.35 \text{ g cm}^{-3}$ , lo que se atribuye a las alteraciones antrópicas principalmente. En este sentido, Meza y Geissert [7] al analizar los suelos de la región del cofre de Perote, Veracruz mencionaron que la conversión de bosque a cultivo causó un incremento de la  $D_a$ , lo que indica un mayor grado de compactación del suelo, debido a las prácticas de manejo del suelo [22]. En los suelos muestreados en esta sección del volcán la Malinche, se observó la presencia de pastoreo, incendio y tala clandestina, factores que de alguna manera permiten el incremento de la  $D_a$ . Sin embargo, Sepúlveda et al. [23] señalan que la hojarasca del bosque además de contribuir al crecimiento de las plantas al mineralizarse, tiene un efecto importante sobre las propiedades físicas del suelo, debido a que promueve una buena estructura, mejorando la aireación y la retención de humedad.

La figura 3 muestra que los valores de la materia orgánica de los suelos (MOS) presentan diferencias significativas entre ellos, el suelo del sitio 4 de SFT es significativamente mayor ( $p < 0.05$ ), mientras que para SLT lo es el suelo del sitio 5, de acuerdo a la NOM-021-SEMARNAT-2000 [12] el valor de MOS es de bajo (4.1-6.0%) a muy bajo ( $< 4.0\%$ ). Los suelos de SLT muestran una tendencia, a mayor altitud (Figura 1) menor contenido de MOS, lo que no se observa en los suelos de SFT, donde se evidencia una variabilidad en su contenido, debido probablemente a la presencia de la actividad antrópica. Por otro lado, Arres et al. [24] mencionan que la cantidad de hojarasca que se incorpora al suelo en un bosque de

clima templado puede variar de pendiente de la especie vegetal y tipo de suelo, lo que genera diversos compuestos orgánicos que determinan la calidad de la MOS y con ello la disponibilidad de nutrientes para ser absorbidos por las plantas, por lo que la hojarasca comprende una de las fracciones más dinámicas de la MOS del suelo [25].

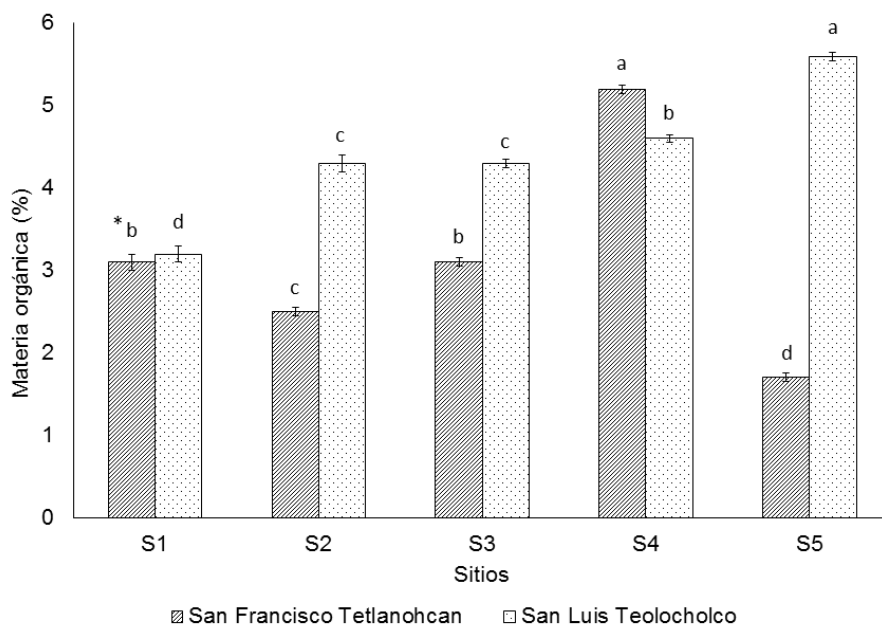


Fig. 3. Valores promedio de MOS en suelos del suroeste de La Malinche. \*Media Tukey (p<0.05).

En un transecto altitudinal de 2900 msnm (al comienzo de La Malinche) hasta 2700 msnm (en suelos agrícolas del ejido San José Teacalco, Tlaxcala) se reportaron de 4.3 a 0.6% de MOS, contenido bajo de acuerdo a la normatividad mexicana [16], lo que coincide con lo encontrado en los suelos muestreados de SFT y SLT. Vela et al. [17] reportaron que en suelos de La Malinche a una altitud de 2 700 a 3 500 msnm el intervalo de MOS fue de pobre a rico, lo que dependió de la vegetación en cada sitio de muestreo. Por otro lado, Johnson [26] reportó que suelos con un alto contenido de MOS se puede tener a la vez una mayor capacidad de intercambio catiónico y un pH bajo, debido a que la MOS presenta una gran cantidad de grupos carboxilos, lo que resulta en una alta densidad de sitios desionizados y a la liberación de H<sup>+</sup> y por consecuencia pH ácido.

En la figura 4, se presenta la relación significativa y negativa (p<0.000) que existe entre la densidad aparente (Da) y el contenido de materia orgánica en los suelos (MOS) de SFT. El modelo ajustado explica el 83.6% de la variabilidad en Da. El coeficiente de correlación es igual a -0.9144, indicando una relación relativamente fuerte entre las variables. Esto significa que a mayor contenido de MOS en los suelos la Da disminuye. Para los suelos de SLT no se tuvo una correlación significativa (p<0.1943), debido probablemente a la poca variación de los valores de MOS y a una mayor Da en los suelos, lo que coincide con los resultados de Vázquez et al. [27] quienes no encontraron una correlación entre las variables Da y MOS de suelos con Pinus ayacahuite y P. patula del municipio de Emiliano Zapata, Tlaxcala.

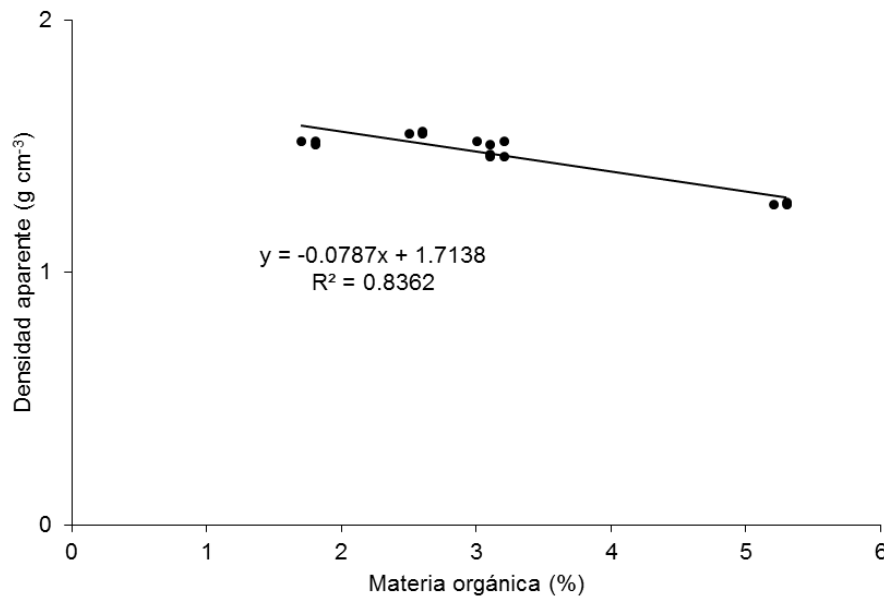


Fig. 4. Relación entre la materia orgánica y densidad aparente ( $p < 0.05$ ).

Castillo et al. [28] confirmaron la importancia de la Da como una propiedad que coadyuva a la comprensión del fenómeno de la dinámica de la materia orgánica en suelos del orden Andisol de Teziutlán, Puebla. Debido a que la MOS pesa mucho menos que un volumen igual de sólidos minerales, la cantidad de ese constituyente en un suelo afecta marcadamente a la densidad de las partículas, como consecuencia, los suelos superficiales poseen generalmente una densidad de partículas más baja que la del subsuelo [22]. El suelo forestal tiene unas características propias, ya que la vegetación arbórea incide en los procesos formativos del suelo a través de la actividad biológica y por otro lado, la actividad radicular de los árboles ejerce una importante acción de meteorización física sobre el material parental para extraer los nutrientes necesarios para su ciclo vital [29]. Arres et al. [24] mencionaron que el tipo de residuo vegetal es muy importante en la velocidad de humificación y su disposición implica que algunos residuos se descompongan rápidamente y otros lleven años, como el mantillo del pino. Por lo que la naturaleza de la materia orgánica en los suelos forestales está estrechamente relacionada con los aportes de los restos vegetales, y por lo tanto el tipo de vegetación influirá sobre la calidad de la materia orgánica.

#### IV. CONCLUSIÓN

Los suelos de los sitios estudiados son muy similares, pH moderadamente ácido, predomina la fracción arena en la textura, la cantidad de materia orgánica es de baja a muy baja y la densidad aparente es de  $1.5 \text{ g cm}^{-3}$ , resultados que indican que los suelos presentan un deterioro importante, que si no se atiende se pueden generar problemas severos de degradación de suelos en un futuro. La densidad aparente y materia orgánica son variables que se recomienda se consideren como indicadores edáficos para determinar la calidad de los suelos de tipo forestal que circundan La Malinche, lo que se puede ampliar en próximos estudios. Además de ser empleadas como variables de monitoreo, debido a que son fáciles de determinar y proporcionan resultados concretos. En el estado de Tlaxcala son escasos los trabajos registrados que tomen en consideración las características químicas y físicas de los suelos, por lo que con este estudio se genera conocimiento importante, el cual puede ser considerado para proponer estrategias de manejo adecuado para los suelos forestales del Parque Nacional La Malinche.

## RECONOCIMIENTOS

Se agradece el apoyo al Centro de Investigación en Genética y Ambiente de la Universidad Autónoma de Tlaxcala para llevar a cabo la conclusión de este trabajo.

## REFERENCIAS

- [1] V. Guerra de la C., F. Carrillo, M. Acosta, F. Islas, A. Flores, C. Mallen, y E. Buendía. “El manejo forestal en el estado de Tlaxcala. Una revisión del desarrollo de la silvicultura”. Folleto Técnico No. 25. Centro de Investigación Regional Centro INIFAP, CIR-CENTRO, México, 2007, 69 p.
- [2] R. Acosta P. “Algunas coníferas del estado de Tlaxcala”. Jardín botánico Tizatlán. Gobierno del estado de Tlaxcala. Folleto núm.14. Tlaxcala, México, 1992, 32 p.
- [3] A. Espejel R. “Problemas ambientales. Procedimiento metodológico y acciones de mitigación en el estado de Tlaxcala”. 2ª.ed. Universidad Autónoma de Tlaxcala, Universidad de Camagüey, Cuba, 2009, 209 p.
- [4] SEMARNAT. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. “Restauración de ecosistemas forestales. Guía básica para comunicadores”. México, D.F, 2009, 63 p.
- [5] R. López F. “Degradación del suelo: Causas, procesos, evaluación e investigación. Serie: Suelos y Clima” SC. 75. Centro Interamericano de Desarrollo e Investigación Ambiental y Territorial. Universidad de los Andes, Mérida, Venezuela, 2002, 280 p.
- [6] M. Espinosa R., E. Andrade L., P. Rivera O., y A. Romero D. “Degradación de suelos por actividades antrópicas en el norte de Tamaulipas, México. Papeles de Geografía”, vol. 53-54, pp. 77-78, 2011.
- [7] E. Meza P., y D. Geissert K. “Estructura, agregación y porosidad en suelos forestales y cultivados de origen volcánico del Cofre de Perote, Veracruz, México”, Foresta Veracruzana, vol. 5, pp. 57-61, 2003.
- [8] A. Muscolo, R. Panuccio, C. Mallamaci and M. Sidari M. “Biological indicators to assess short-term soil quality changes in forest ecosystems”, Ecological Indicators, vol. 45, pp. 416-423, 2014.
- [9] A. Navarrete S., G. Vela C., J. López B., y L. Rodríguez G. “Naturaleza y utilidad de los indicadores de calidad del suelo”, Revista ContactoS, vol. 80, pp. 29-37, 2011.
- [10] J. López D. y A. Fernández F. “Biodiversidad del Parque Nacional la Malinche”, Coordinación General de Ecología (CGE), Tlaxcala, México, 2005, 175 p.
- [11] INEGI (Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática). “Prontuario de información geográfica municipal de los estados unidos mexicanos. Teolochohco y Tetlanohcan, Tlaxcala. Clave geoestadística 29028 y 29050, 2009, 9 p.
- [12] DOF (Diario Oficial de la Federación). “NOM-021-SEMARNAT-2000. Norma Oficial Mexicana que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos, estudio muestreo y análisis”, 23 de abril de 2003, 2002, 85 p.
- [13] DOF (Diario Oficial de la Federación). “NMX-FF-109-SCFI-2008. Humus de lombriz (lombricomposta) especificaciones y métodos de prueba”, 10 de Junio, 2008, 24 p.
- [14] L. M. Jackson. “Análisis químico de suelos”. Trad. al español por M. J. Beltrán. 3ª. Ed. Omega. Barcelona, España, 1976, 622 p.
- [15] StatPoint Technologies. “Statgraphics Centurion XVI”. Software estadístico versión en español. United States of America, 2011.
- [16] A. Martínez C., G. Carcaño M. y L. López R. “Actividad biológica en un transepto altitudinal de suelos de La Malinche, Tlaxcala”, Terra vol. 20, pp. 141-146, 2002.
- [17] G. Vela C., E. Vázquez M., L. Rodríguez G., y V. Domínguez R. “Caracterización edáfica de sitios con regeneración natural de *Pinus montezumae* Lamb en el volcán La Malinche, México”, Agrociencia, vol.41, pp. 371-383, 2007.
- [18] J. Lilienfein, W. Wilcke, A. Ayarza, L. Vilela, S. doCarmo, and S. Zech. “Soil acidification in *Pinus caribea* foresto n Brazilian savanna Oxisols”, Forest Ecology and Management, vol. 128, pp. 145-157, 2000.
- [19] W. Peña, C. Leirós y A. Briceño. “Propiedades generales y bioquímicas de suelos forestales en áreas serpentinizadas de Galicia”, Agronomía Costarricense, vol. 29, pp. 71-78, 2005.
- [20] O. Acevedo S., A. Valera P. y F. Prieto G. “Propiedades físicas, químicas y mineralógicas de suelos forestales en Acaxochitlán, Hidalgo, México”, Universidad y Ciencia, vol. 26, pp. 137-150, 2010.

- [21] M. Edeso J., A. Merino A., J. González M. y P. Marauri. “Manejo de explotaciones forestales y pérdida de suelo en zonas de elevada pendiente del país vasco”, Cuaternario y Geomorfología, vol. 12, pp. 105-116, 1998.
- [22] F. Jaramillo. “Introducción a la ciencia del suelo”, Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias. Medellín, Colombia, 2002. 619 p.
- [23] A. Sepúlveda. “Beneficio de la materia orgánica en los suelos”. Disponible en: [http://platina.inia.cl/ururi/docs/Informativo\\_INIA-URURI\\_23.pdf](http://platina.inia.cl/ururi/docs/Informativo_INIA-URURI_23.pdf). Consultada el 16 de Junio de 2015, 2010.
- [24] C. Arres M., J. Márquez R. y E. Ramírez G. “Algunas modificaciones físicas y químicas del suelo al establecer una plantación de Pinus cembroides subsp. orizabensis D.K. Barley”, Foresta Veracruzana, vol. 14, pp. 29-34, 2012.
- [25] D. Yanai, A. Currie and L. Goodale. “Soil carbon dynamics after forest harvest: an ecosystem paradigm reconsidered”, Ecosystems, vol. 56, pp. 197-212, 2003.
- [26] E. Johnson. 2002. “Cation Exchange properties of acid forest soils of the northeastern USA”, European J. Soil Sci. vol. 53, pp. 271-282, 2002.
- [27] O. Vázquez C., E. Zamora C., E. García G. y J. A. Ramírez F. “Densidad básica de la madera de dos pinos y su relación con propiedades edáficas”, Madera y Bosques, vol. 21, pp. 129-138, 2015.
- [28] M. Castillo M., G. Linares F., A. Valera P., E. García C. y A. Acevedo S. “Modelación de la materia orgánica en suelos volcánicos de la región de Teziutlán, Puebla, México”, Revista Latinoamericana de Recursos Naturales, vol. 5, pp. 148-154, 2009.
- [29] IPCC. “Land use change and forestry”. Special report, Inter-Governmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, UK. 2000, pp. 127-180.