



Tecnología, Ciencia, Educación

ISSN: 0186-6036

imiqac@sercom.com.mx

Instituto Mexicano de Ingenieros Químicos A.C
México

Arriola-Morales, Janette; Batlle-Sales, Jorge; Mendoza Hernández, José Carlos
Estado de salud actual del suelo en la ladera norte del Cerro Gordo del Parque Estatal Flor del
Bosque, Amozoc, Puebla, México
Tecnología, Ciencia, Educación, vol. 27, núm. 1, enero-junio, 2012, pp. 17-23
Instituto Mexicano de Ingenieros Químicos A.C
Monterrey, México

Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=48224413004>

- Cómo citar el artículo
- Número completo
- Más información del artículo
- Página de la revista en redalyc.org

redalyc.org

Sistema de Información Científica
Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal
Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto

Estado de salud actual del suelo en la ladera norte del Cerro Gordo del Parque Estatal Flor del Bosque, Amozoc, Puebla, México

Current health status of soil in the north slope of Cerro Gordo in the State Park Flor del Bosque, Amozoc, Puebla, Mexico

Janette Arriola-Morales^{1*}, Jorge Batlle-Sales², José Carlos Mendoza Hernández¹

¹ Facultad de Ingeniería Química, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Av. San Claudio esq. 18 sur, Jardines de San Manuel. 72570, Puebla, Puebla, México. Tel. (+222) 2295500 Ext.: 7252, Fax Ext.: 7251. Correo-e (e-mail): janette.arriola@correo.buap.mx

² Universidad de Valencia. Valencia, España

RESUMEN

La presente investigación se realizó en el Parque Estatal General Lázaro Cárdenas del Río, "Flor del Bosque" localizado al oriente de la ciudad de Puebla, México, el cual pertenece al municipio de Amozoc. Sus coordenadas geográficas son 19° 00' 00", 19° 01' 50" de latitud norte y 98° 20' 35", 98° 20' 53" de longitud oeste. Su superficie es de 664 hectáreas y presenta un clima templado subhúmedo con lluvias en verano. La temperatura promedio anual es de 18°C y la precipitación promedio anual es de 800 mm. La vegetación que predomina es el bosque de encino. La evaluación de las propiedades físicas, químicas y biológicas de sus suelos más relevantes permitió conocer y determinar el estado actual de salud de este parque. Se delimitaron dos grupos de suelo, aquellos que se encuentran bajo encino y los que están bajo plantación de eucalipto. Los parámetros evaluados de pH, coeficiente de extensión lineal, porcentaje de arcilla, conductividad eléctrica, capacidad de intercambio catiónico, densidad aparente, infiltración, materia orgánica y actividad microbiana fueron las herramientas para definir que, de forma preponderante, los suelos bajo encino en todos los casos mostraron una mejor calidad que aquellos donde predominaban eucaliptos.

Palabras clave: Calidad de suelo, uso forestal, indicadores clave

Key words: Soil quality, forestry, key indicators

ABSTRACT

This research was done in the State Park "General Lázaro Cardenas del Río", "Flor del Bosque", located east of the city of Puebla, Mexico, belonging to the municipality of Amozoc. Its geographical coordinates are 19° 00' 00", 19° 01' 50" North latitude and 98° 20' 35", 98° 20' 53" West longitude, covering an area of 664 ha. It has a subhumid temperate climate with summer rains. The average annual temperature is 18°C, and average annual precipitation is 800 mm. The predominant vegetation is of oak forests. The evaluation of physical, chemical, and biological properties of its most relevant soils might allow the knowledge and determination of the current health status of this park. Two groups of soils were considered, those under oak and those under eucalyptus plantations. The evaluated parameters: pH, linear expansion coefficient, clay percentage, electrical conductivity, cation-exchange capacity, bulk density, infiltration, organic matter, and microbial activity were the tools to evaluate the health of soil. These studies showed that soils under oak in most cases had a better quality than those dominated by eucalyptus.

INTRODUCCIÓN

Un suelo es el resultado de la acción combinada de un conjunto de factores formadores (clima, material original, posición en el paisaje, organismos vivos y tiempo). Por consiguiente, existe una relación entre las formas del paisaje, la naturaleza y distribución de los suelos, lo que constituye la interpretación de las funciones de los suelos según la posición que ocupen. Esto hace que los resultados de la observación, descripción y muestreo de una pequeña parte de paisaje puedan generalizarse a áreas no prospectadas, que sigan el mismo patrón suelo-paisaje (Porta-Casanellas y López-Acevedo, 2008).

*Autora a quien debe dirigirse la correspondencia
(Recibido: Mayo 16, 2012,
Aceptado: Junio 6, 2012)

La sostenibilidad de un ecosistema está relacionada con la posibilidad de selección de suelos idóneos para los distintos usos, de acuerdo con la aptitud potencial de los suelos para desarrollar distintas funciones, de acuerdo con las prácticas de manejo (Porta-Casanellas y col., 2003).

Calidad del suelo

El USDA Soil Quality Institute define la calidad del suelo como: “cómo de bien hace un suelo aquello que se quiere que haga”. Al “cómo” se responde por medio de la evaluación de suelos y de indicadores; “aquello que se quiere que haga el suelo” implica establecer prioridades en las funciones del suelo (Luters y Salazar, 1999).

El concepto de calidad de suelo no es nuevo, ya que los sistemas de evaluación de suelos han tenido esta orientación. Frente al concepto de “capacidad del suelo” de los sistemas de evaluación de suelos o del territorio más antiguo, el esquema de evaluación del territorio propuesto por la FAO (1976, 1977) utiliza el de “aptitud del suelo” para soportar diferentes usos, lo que resulta más operativo.

El concepto de “calidad de suelo” incorpora la sostenibilidad; sin embargo, se trata de un concepto que sigue siendo objeto de discusión (Schjonning y col., 2004), ya que resulta difícil de establecer. Sus principales limitaciones son: la subjetividad, la imprecisión y el carácter cualitativo. Sus ventajas son su atractivo y su función indicadora en procesos de negociación de usos del territorio.

Las distintas definiciones de calidad de suelo (Karlen y col., 1997) hacen referencia a (Carter y col., 1997; Lal, 1997):

- Características inherentes del suelo
- Aptitud para soportar el crecimiento de plantas
- Sostenimiento de la base de los recursos y mejora del medio
- Utilidad del suelo para funciones específicas en una escala amplia de tiempo.

El objetivo de esta fase de la investigación fue caracterizar la calidad de suelo bajo dos diferentes cultivos arbóreos en la ladera norte del Parque Estatal Flor del Bosque, Puebla, México, además de sotobosque y matorral.

TÉCNICA EXPERIMENTAL

Ensayos para diagnósticos en campo

En campo resulta conveniente realizar ensayos cualitativos o semicuantitativos, para poder contrastar

las hipótesis de trabajo y realizar un diagnóstico más preciso. Estos ensayos permiten, además, disponer de algún criterio para validar los resultados de los análisis que se realicen en laboratorio. (Forsythe, 1975; Porta-Casanellas, 2005)

Sitios de muestreo y recolección de muestras

En la ubicación de los sitios de colecta de las muestras se utilizó el método de muestreo en zig-zag. Se inició por un lado del terreno, después se seleccionó el punto de partida para definir el plano de muestreo que cubriera homogéneamente la unidad de muestreo y, ya definido el plano de muestreo, se decidió la distancia entre los diferentes puntos de muestreo (Klass, 1998).

Área de estudio

La Figura 1a muestra una fotografía aérea del área en estudio (Google), que fue la ladera norte del Parque. Además de realizar los análisis del suelo en sus diferentes horizontes se evaluó la presencia de las especies vegetales predominantes en el área (Durán, 2011), como se muestra en la Tabla 1.

Tabla 1.
Nombre y ubicación de los puntos muestreados

		Profundidad, cm	Altitud, M	Coordenadas X Y	
Flor del Bosque Alto 1***	FBA1	0-10	2400	593410	2103764
Flor del Bosque Alto 2***	FBA2	10-15	2400	593410	2103764
Flor del Bosque Alto 3***	FBA3	15-45	2400	593410	2103764
Flor del Bosque Medio Alto 1*	FBMA1	0-7	2375	593089	2103938
Flor del Bosque Medio Alto 2*	FBMA2	7-22	2375	593089	2103938
Flor del Bosque Medio Alto 3*	FBMA3	22-32	2375	593089	2103938
Flor del Bosque Medio Alto 4*	FBMA4	32-42	2375	593089	2103938
Flor del Bosque Medio Alto 5*	FBMA5	>42	2375	593089	2103938
Flor del Bosque Medio Bajo 1*	FBMB1	0-8	2288	593254	2104253
Flor del Bosque Medio Bajo 2*	FBMB2	8-21	2288	593254	2104253
Flor del Bosque Medio Bajo 3*	FBMB3	21-28	2288	593254	2104253
Flor del Bosque Medio Bajo 4*	FBMB4	28-38	2288	593254	2104253
Flor del Bosque Medio Bajo 5*	FBMB5	>38	2288	593254	2104253
Flor del Bosque Bajo 1****	FBBI	0-3	2172	593540	2104863
Flor del Bosque Bajo 2****	FBBI	3-35	2172	593540	2104863
Flor del Bosque Bajo 3****	FBBI	35-51	2172	593540	2104863

*Zonas con encinos, **Zonas con plantaciones de eucaliptos, ***Sotobosque y matorral

Después de seleccionar los puntos considerados como los más representativos del área, marcados en la Figura 1a, se realizó una visita al parque para verificar los accesos (Porta-Casanellas, 2005).



Figura 1a. Localización del área de estudio y distribución de los puntos de muestreo.
Fuente: Google

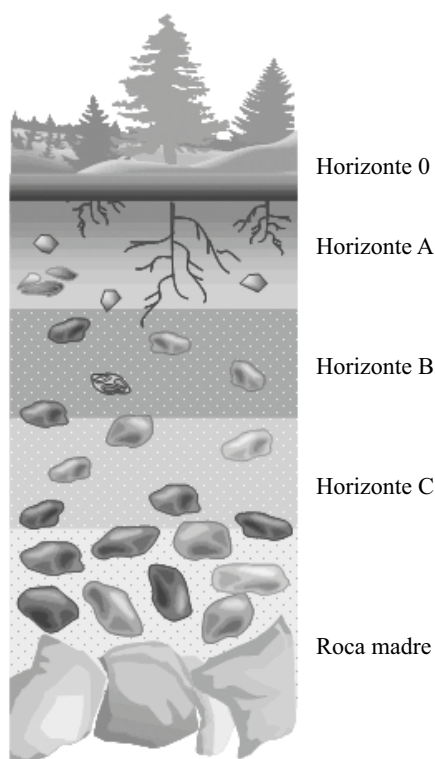


Figura 1b. Horizontes de suelo muestreados

Se recolectaron dos kilogramos aproximadamente de suelo de las muestras a diferentes horizontes (Fig. 1b) y

se realizaron los análisis necesarios en campo, llenando las hojas de descripción de perfiles.

Para evitar la contaminación de las muestras, se les colocaron etiquetas de identificación y se envasaron en bolsas de polietileno. Siguiendo la cadena de custodia, evitando factores como humedad exterior, luz, calor y otros materiales que pudieran cambiar la naturaleza de las muestras, se llevaron al laboratorio para estabilizarlas y procesarlas (Burt, 2004; DOF, 2000).

Recepción y registro

Cuando llegaron las muestras a laboratorio se corroboró que las etiquetas mantuvieran los datos correctos y se les asignó un número de registro para facilitar su manejo interno.

Secado, molienda y tamizado

Las muestras de suelo se colocaron en charolas de aluminio e introdujeron a un horno marca Riossa H-41 a una temperatura no mayor a 35°C para deshidratarlos. Una vez secos se realizó la molienda utilizando mortero con pistilo. El suelo molido se hizo pasar por un tamiz con abertura de 2 mm y éste fue el tamaño de partícula empleado para los análisis que se realizaron.

Evaluación de las propiedades

A continuación se enlistan las propiedades físicas, químicas y biológicas que se determinaron a las muestras:

FÍSICAS: Color, textura, consistencia, compactación, plasticidad, adhesividad, friabilidad, dureza, estructura, densidad real, densidad aparente, coeficiente de extensión lineal (COLE), infiltración, carga hidráulica, estabilidad de los agregados, porcentaje de saturación (Forsythe, 1975; Juárez, 2005).

QUÍMICAS: Materia orgánica (m.o.), pH, acidez extraíble, capacidad de intercambio catiónico (CIC), conductividad eléctrica (CE), nitratos, cationes solubles (calcio, magnesio y potasio), aniones solubles (cloruros, carbonatos, bicarbonatos y sulfatos) (Burt, 2004; Luters, 1999; USDA-NRCS, 1995).

BIOLÓGICAS: Carbono orgánico (C.O.) y actividad microbiana, medida como la cantidad de CO₂ desprendido (Burt, 2004; Luters y Salazar, 1999; USDA-NRCS, 1995).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Después de realizar todos los ensayos de campo, las pruebas de la fase experimental y los correspondientes análisis, con los datos obtenidos se realizó la

caracterización edafológica de la ladera norte del Parque Estatal Flor del Bosque.

Cabe destacar que ésta es la primera caracterización formal de las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo de la ladera norte, por lo que esta base de datos servirá para diferentes fines: evaluar la calidad, fertilidad del suelo y cambios de uso de suelo, definición de acciones preventivas y correctivas en la zona, entre otras.

De acuerdo con la metodología utilizada para evaluar la textura del suelo se obtuvo que, en la mayoría de los suelos de la zona, son franco-limosos y de textura media. El porcentaje de saturación y el pH son los factores que más influyen en la capacidad de asimilación de nutrientes. Este porcentaje de saturación depende de si hay o no lixiviación de cationes. Los suelos de la zona presentan valores de insaturación bajos y suelo casi saturado.

En la Figura 2 se presentan los datos de los coeficientes de extensión lineal, COLE, de los suelos en estudio con respecto del pH.

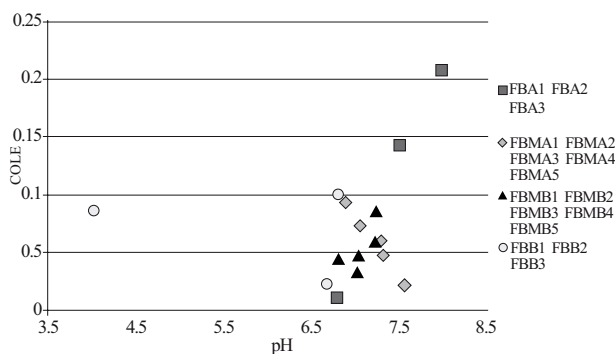


Figura 2. Relación pH – coeficiente de extensión lineal, COLE

Los valores de pH son relativamente constantes pero el coeficiente de extensión lineal (COLE) varía para todos los puntos muestreados.

La técnica que se utilizó para determinar nitratos en el suelo no detectó ningún valor.

En la ladera norte hay dos muestras que tienen valores muy altos de cloruros, la muestra FBA1 con 89 meq/L y la muestra FBMB1 con 41 meq/L. Las otras muestras tienen valores que entran en el rango considerado normal a bajo.

El potasio es un elemento que, junto con el fósforo y el nitrógeno, influyen en el crecimiento. Únicamente en el punto FBB1 se encontró potasio en exceso.

El calcio puede influir en la asimilación de otros elementos como el potasio y el magnesio. Una

deficiencia de calcio se puede expresar en una reducción del crecimiento de los tejidos meristemáticos. Solamente en el punto FBA1 se encontró un valor alto de calcio, 13.6 meq/L. En los demás puntos muestreados se tienen valores de 0.4 a 4.4 meq/L, que representan valores de muy bajos a bajos.

El magnesio es uno de los elementos que más influye en el desarrollo de la planta (forma parte de la clorofila). Cabe destacar que en la ladera en estudio, la técnica utilizada para evaluar a este catión no detectó valores medibles.

Las Figuras 3 y 4 presentan las relaciones entre el porcentaje de arcilla y el coeficiente de extensión lineal (COLE) y la capacidad de intercambio catiónico (CIC), respectivamente.

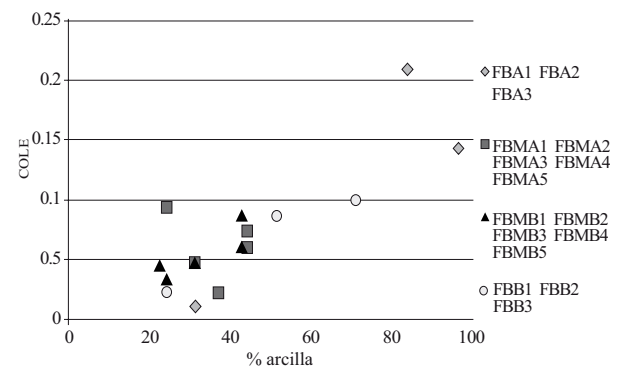


Figura 3. Relación % de arcilla - coeficiente de extensión lineal (COLE)

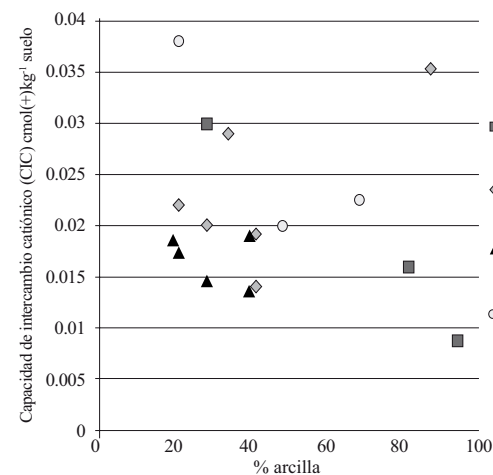


Figura 4. Relación % arcilla - capacidad de intercambio catiónico (CIC)

Debido a que los valores de arcilla en la mayoría de los puntos muestreados son muy bajos, no se presenta un coeficiente de extensión lineal excesivo. Esto implica que el suelo de la zona es más estable y resistente a la erosión.

La relación que hay entre el % de arcilla y la CIC es inversamente proporcional y, dado que los valores de arcilla que se presentan en la ladera norte son bajos, esto afecta a la CIC ya que también tiene valores bajos. La mayoría de los puntos muestreados de la ladera norte presentan una capacidad de intercambio catiónico baja y solamente en los horizontes FBA1, FBMB1 y FBB1 los valores de capacidad de intercambio catiónico que se presentan son normales.

Se observa que los valores obtenidos de cizallamiento son bajos indicando que los suelos de la ladera en la parte superficial son suelos blandos a ligeramente compactos, debido a que la densidad aparente es baja.

La conductividad eléctrica tiene un comportamiento similar al del coeficiente de extensión lineal con respecto al pH (Figura 5). Dado que esta variable es una medida indirecta de las sales presentes en los suelos, se ve que la conductividad eléctrica de los suelos de la zona tiene valores que van de 0.15 a $2.05 \mu\text{S cm}^{-1}$ indicando que son suelos no salinos. En la mayoría de los puntos muestreados el rango de pH va de neutro a ligeramente básico, pero en el punto FBB3 su pH es ácido (cercano a 4), siendo el horizonte más profundo analizado (35-51 cm). Habría que verificar la disponibilidad de nutrientes para las plantas a esa profundidad porque el pH influye en esa capacidad de asimilación de las raíces.

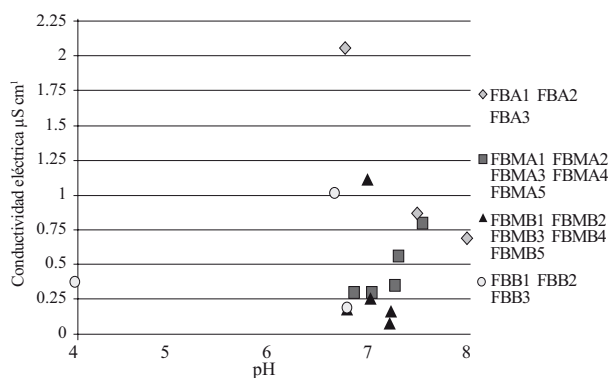


Figura 5. Relación pH – conductividad eléctrica (CE)

La relación que hay entre el % de materia orgánica y la actividad microbiana es variable en todos los puntos muestreados (Fig. 6). La materia orgánica cumple distintas funciones dentro del suelo, como la nutrición,

facilitar la capacidad de intercambio catiónico, dar una buena estructura al sustrato, etc.

Los valores son variados dependiendo de la profundidad, como era de esperarse, porque de forma ideal a mayor profundidad la cantidad de materia orgánica va disminuyendo. En los horizontes profundos los valores de materia orgánica oscilan entre 1.1 y 2.6% indicando que el porcentaje de materia orgánica es bajo. Sin embargo, en los horizontes superficiales, los valores van desde 4.5 hasta 6% de materia orgánica con un porcentaje medio-alto. Existen dos horizontes en los puntos FBA1 y FBB1 donde se presenta más del 20% de materia orgánica por lo que se les considera como horizontes orgánicos.

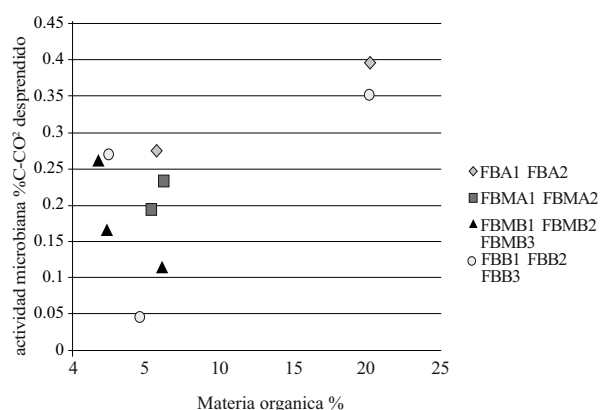


Figura 6. Relación del % materia orgánica– actividad microbiana medida como porcentaje de CO_2 desprendido

Finalmente, en lo que se refiere a las propiedades de las muestras de suelo, la relación que hay entre la densidad aparente y la infiltración (Fig. 7) muestra que a mayor profundidad el tiempo que tarda en infiltrar el agua es mucho mayor. Esto es debido a que los suelos estudiados se vuelven más compactos con respecto de la profundidad.

De las especies vegetales predominantes en la ladera norte del Bosque en estudio, los datos que tenían encinos se consideran de forma general dentro de los rango aceptables, mientras que los que tenían eucaliptos plantados, sus valores medidos en suelo (parte alta y baja) se mostraron generalmente fuera de la normalidad.

Esto indica que las especies vegetales tienen una influencia directa sobre las características del suelo circundante. Particularmente, debe mencionarse que está documentado en la literatura que las especies exóticas, en este caso el eucalipto, pueden competir y desplazar

a las especies nativas (Cox, 1999). También se reporta que altera las condiciones ambientales, la disponibilidad de los recursos para las especies funcionalmente relevantes para el ecosistema y el funcionamiento de los ecosistemas (D'Antonio y Vitousek, 1992).

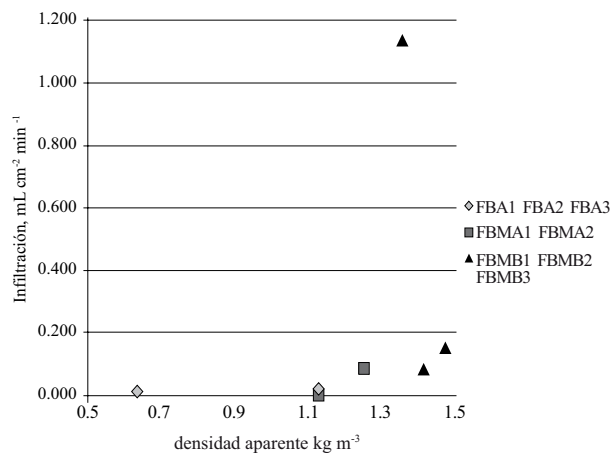


Figura 7. Relación entre la densidad aparente-rapidez de infiltración del agua

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

Una vez descritos los resultados obtenidos tras la fase experimental desarrollada y teniendo en cuenta los objetivos planteados al inicio, pueden señalarse a continuación las conclusiones finales derivadas de esta investigación que, resumidamente, son las siguientes:

- Se realizó la caracterización física, química y biológica de la ladera norte del Cerro Gordo en el Parque Estatal Flor del Bosque, Puebla, en donde se evaluaron las propiedades de los suelos del área de estudio.
- La ladera norte en su mayoría presenta bosque de encino. Se observa que el suelo tiene, de forma general, mejores condiciones físicas, químicas y biológicas que los suelos que están bajo eucaliptos en la misma ladera norte.
- Se encontró que la materia orgánica presente en suelos de la zona de encinos ayuda a mejorar las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo.
- Se observa menos erosión hídrica en los suelos que están bajo encino ya que parece ser que las hojas tanto vivas como muertas frenan la acción degradadora.
- La mayoría de los materiales minerales del suelo son areniscas favoreciendo así la erosión; sin embargo, el matorral evita que suceda esto. Hay algunas zonas que se encuentran desnudas de material vegetal, lo que las hace propicias para que se inicien los regueros que irán creciendo y socavando hasta formar cárcavas, como las que se observan en la parte baja de la ladera.
- El agua presenta una mejor infiltración en las zonas que están bajo encino.
- Los suelos que se encuentran soportando los encinos presentan un porcentaje de saturación mayor de agua, fungiendo el suelo como sitio de almacenamiento del vital líquido.
- Los suelos del bosque de encino al contener mayor cantidad de agua en sus poros están evaporando más agua, manteniendo una temperatura menor y una mayor humedad en la atmósfera a diferencia de los suelos con bosque de eucalipto.
- La ladera norte es la que presenta mejor estado de salud a diferencia de las zonas de eucaliptos y se observa que no existe erosión hídrica laminar donde hay sotobosque y matorral.

Recomendaciones

Las recomendaciones derivadas de esta fase de la investigación son las siguientes:

- La Organización Mundial de la Salud (OMS) recomienda de 9 a 11 metros como mínimo de espacios verdes por cada habitante. En Puebla hay un déficit de 5.2 metros cuadrados de áreas verdes por habitante (Gutiérrez, 2009), por esta razón es importante mantener los pocos espacios verdes que hay en Puebla y buscar medidas para extenderlos.
- El agua de lluvia que se capta en los canales asfaltados de la ladera norte debe almacenarse una vez concentrada, ya que actualmente se deja escurrir por los suelos de la ladera, sin ninguna protección dejando al recurso suelo expuesto a la acción degradadora.
- Hacer obras que eviten la erosión, las cuales han de ser, desde que inicia un hilo preferente de cauce de agua, en la parte más alta. Éstas deberán de ser supervisadas y mantenerse conservadas en todo momento. Puede ser, en las zonas altas donde son pequeños los cauces de agua, empleando mallas plásticas que permitan el paso del agua, reteniendo los materiales sólidos (suelo, hojarasca, etc.), utilizando barreras de madera, presas de gavión, etc.
- Darle mantenimiento a las barreras de contención que actualmente existen a fin de evitar la erosión hídrica.

- Colocar las barreras que controlan la erosión hídrica desde la parte más alta de la ladera a fin de ir corrigiendo el problema en toda la ladera y no solamente en la parte baja.
- En un inicio se sugiere reforestar en las calvas así como en las cárcavas, con matorral de la zona, a fin de ayudar a que la erosión laminar no trabaje. Ese matorral debe cumplir una característica: ha de resistir a la poca sombra que hay.
- Posterior a eso en un par de años, iniciar con árboles caducifolios de la zona (existen actualmente encinos). Parece ser que no es deseable sembrar eucalipto, aunque su rapidez de crecimiento sea alta, porque los compuestos que libera resultan ser un antibiótico para el suelo además de que la hojarasca que aporta es escasa y provoca alelopatía (Cox, 1999). Tampoco es conveniente utilizar pino ya que no es caducifolio y lo que aporta son ligninas que tardan mucho tiempo en degradarse y no incorporan materia orgánica al suelo (Cox, 1999; D'Antonio-Vitousek, 1992).
- Se sugiere destinar zonas restringidas y controladas para el acceso de personas al bosque, ya que cuando se rentan las cabañas, la gente tiene acceso a cualquiera de las áreas quedando expuesto a alteraciones en los procesos naturales del bosque y el ecosistema.

RECONOCIMIENTOS

Al CONACYT FOMIX-PUEBLA 2009 por haber financiado el presente trabajo. A la Facultad de Ingeniería Química por permitir el uso de los laboratorios para el análisis de las muestras.

BIBLIOGRAFÍA

- Burt, R. 2004. *Soil Survey Laboratory Methods Manual*. USDA. 700 pp. Washington, D.C. Estados Unidos.
- Carter, M.R., Gregorich, E.G., Anderson, D.W., Doran, J.W., Janzen, H.H., Pierce, F.J. 1997. Concepts of soil quality and their significance. En *Soil quality for crop production and ecosystem health*. E.G. Gregorich, M. Carter, eds. Elsevier Sci. Pub. Amsterdam, Países Bajos.
- Cox, G. 1999. *Alien species in North America and Hawaii*. Impacts on Natural Ecosystems. Island Press. Washington, DC. EEUU.
- D'Antonio, C., Vitousek, P.M. 1992. Biological invasions by exotic grasses, the grass/fire cycle, and global change. *Annual Review on Ecological and Systematics*. 23:63-87.
- DOF. 2000. *Norma Oficial Mexicana NOM-021-SEMARNAT-2000*. Especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos, estudio, muestreo y análisis. Diario Oficial de la Federación. México D.F. México.
- Durán, A. 2011. Caracterización fisicoquímica de una ladera norte "bien conservada" en el Parque Estatal Flor del Bosque, Puebla. México. Tesis profesional. BUAP, Facultad de Ingeniería Química. Puebla, Pue. México.
- FAO. 1976, 1977. Esquema para la evaluación de tierras. Boletín de Suelos de la FAO, Núm. 32, P. 66. Roma, Italia.
- Forsythe, W. 1975. *Manual de Laboratorio, Física de Suelos*. Ed. IICA. P. 214. San José, Costa Rica.
- Gutiérrez, M.L. 2009. Puebla carece de áreas verdes. Periódico Síntesis. Sección Universitaria. Puebla, Pue. México.
- Juárez, B. E. 2005. *Mecánica de suelos*. Tomo 1 Fundamentos de la mecánica de suelos. Ed. Limusa. P. 638. ISBN 968-18-0069-9. México D.F. México.
- Karlen, D.L., Mausbach, M.J., Doran, J.W., Cline, R.G., Harris, R.F., Shuman, G.E. 1997. Soil quality: A concept, definition and framework for evaluation. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 61:4-10.
- Klass, L.D.C. 1998. *Fertilidad de suelos*. Ed. EUNED. ISBN 9977-64-889-1. P. 272. San José, Costa Rica.
- Lal, R. 1997. Methods for assessment of soil degradation. Lewis Publishers. P. 576. Nueva York, NY. Estados Unidos.
- Luters, A. Salazar, J.C. 1999. *Guía para la evaluación de la calidad y salud del suelo* (trad. Manuel Rosales). Estados Unidos, USDA.
- Porta-Casanellas, J. 2005. *Agenda de campo de suelos. Información de suelos para la agricultura y el medio ambiente*. Ed. Mundi-Prensa. P. 521. Madrid, España.
- Porta-Casanellas, J., López-Acevedo, M. y Roquero, C. 2003. *Edafología para la agricultura y el medio ambiente*. Ed. Mundi-Prensa, España. P. 929. ISBN 84-8476-148-7.
- Porta-Casanellas, J., López-Acevedo, M. 2008. *Introducción A la edafología uso y protección del suelo*. Ed. Mundi-Prensa. P. 451. Madrid, España.
- Schjonning, P., Elmholt, S., Christensen, B.T. Eds. 2004. *Managing Soil Quality*. CABI Pub. P. 344. Wallingford, Reino Unido.
- USDA-NRCS. 1995. *Soil survey laboratory information manual*. National Survey Center. Soil Survey Laboratory. P. 305. Lincoln, Nebraska, Estados Unidos.