

Impacto en la calidad del suelo mediada por el cambio de uso en el Cofre de Perote, México

Biol. Lourdes Cocotle Romero¹, MC. María Ramírez Salazar², Dr. Benito Hernández Castellanos³

Resumen: El Parque Nacional Cofre de Perote es un Área Natural Protegida (ANP), donde existen diez comunidades, las cuales utilizan los recursos naturales para su subsistencia, entre las principales actividades que desarrollan está la extracción de madera y fauna, así como la agricultura y el pastoreo. Estos asentamientos humanos ahí establecidos han cambiado el uso de suelo debido a la actividad agrícola principalmente, por lo que parámetros físicos y químicos del suelo podrían verse alterados por el cambio de uso. El objetivo de este estudio fue comparar las propiedades físicas y químicas de suelo agrícola contra suelo de uso forestal. Los suelos agrícolas mostraron un pH más ácido que los suelos de bosque y una mayor concentración de fósforo, potasio, calcio y magnesio, mientras que los suelos de bosque mostraron una alta concentración de materia orgánica, carbono orgánico y nitrógeno total. Por otro lado la estructura de los suelos de cultivo ha cambiado significativamente $p < 0.05$. El cambio de uso de suelo forestal a suelo agrícola ha tenido un impacto sobre su calidad, lo cual está vinculado principalmente a los procesos de fertilización a los cuales se encuentran sometidos estos cultivos. Estrategias de manejo y conservación de los recursos naturales en el ANP Cofre de Perote deberán impulsarse tomando como principal actor a las comunidades, lo que representa la mejor alternativa para evitar el cambio de uso de suelo y el deterioro de su calidad física, química y biológica.

Palabras clave: Calidad del suelo, materia orgánica, fertilidad, nutrimentos.

Introducción

Las Áreas Naturales Protegidas (ANP) son porciones de territorio terrestres o acuáticos que representan diversos ecosistemas. Una de sus principales características es que el ambiente original no ha sido esencialmente alterado, por lo que producen diversos beneficios ecológicos. Al año 2019, en México la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP), administraba 182 áreas naturales de carácter federal, entre ellas encontramos al Cofre de Perote o Nauhcampatépetl ubicado en el centro del estado de Veracruz, con la categoría de manejo de “Parque Nacional” el cual fue decretado el 4 de mayo de 1937, en este Parque Nacional, se conservan principalmente bosques de coníferas (Vázquez, 2012) los que generan diversos servicios ambientales, además posee una gran belleza escénica. Es de gran relevancia mencionar que al interior del Parque Nacional Cofre de Perote (PNCP), se encuentran 10 localidades entre las que destacan: Los pescados, Rancho Nuevo, El Escobillo, La Toma, Los Laureles, Tonalaco, Tembladeras, Paso Panal, Las Carabinas y El Conejo, las cuales fueron establecidas previo al decreto y han ido incrementando el número de población con el tiempo como se muestra en la tabla 1.

De acuerdo con INEGI (2010), estas localidades suman una población total del 8, 626 habitantes, los cuales interactúan y hacen uso de los recursos del Parque Nacional. Sin embargo, cabe señalar que se ha estimado que el número de personas que explota estos recursos es aún mayor, ya que las comunidades cercanas también hacen uso de los ecosistemas del ANP, debido a que mayoría estas localidades se consideran con altos márgenes de pobreza (CONANP, 2015), siendo la extracción de madera, la agricultura y el pastoreo sus principales fuentes de ingreso.

El Conejo es una de las 10 localidades que se encuentran en el ANP; en el año 1990 contaba con 850 habitantes, y en el año 2010 de acuerdo a INEGI su población registrada fue de 1,044 habitantes. Es la 4ª localidad del ANP con mayor número de población, la cual es cada vez más grande y debido al grado de marginación sus principales fuentes de sustento son: las actividades ganaderas, forestales y agricultura de temporal. En sus actividades agrícolas encontramos cultivos de interés comercial: trigo, cebada, papa, haba y chícharo.

Los suelos del PNCP son de origen volcánico, prevaleciendo los suelos de tipo andosol, en el que el andosol ócrico y el húmico los más representativos. Los primeros fáciles de labrar, pero muy susceptibles a la erosión con mayor presencia en esta ANP y los segundos en menor extensión, con mayor materia orgánica, pero pobres en nutrientes (Meza y Geissert, 2006).

El incremento de la población ha sido un factor importante en el mal manejo del uso de suelo, debido a que para satisfacer sus requerimientos han recurrido al incremento del territorio destinado a la ganadería, restándole territorio

¹ Biol. Lourdes Cocotle Romero es Profesora en la Facultad de Geografía de la Universidad Veracruzana, Xalapa, Veracruz. lcocotle@uv.mx (autor corresponsal).

² MC María Ramírez Salazar es Directora de la Facultad de Economía, Geografía y Estadística de la Universidad Veracruzana, Xalapa, Veracruz. mariamarinez@uv.mx

³ Dr. Benito Hernández Castellanos es Profesor–Investigador Facultad de Biología de la Universidad Veracruzana, Xalapa, Veracruz. benihernandez@uv.mx

al uso de suelo forestal mientras que, en la agricultura, el uso indiscriminado de fertilizantes y pesticidas ha incrementado, llevando a cabo un manejo inadecuado del suelo y generando su desgaste la calidad del suelo (Karlen, 2004; Campos et al., 2007). Por lo que, el objetivo de este trabajo fue comparar las propiedades físicas y químicas de suelo agrícola contra suelo de uso forestal y así poder determinar los principales cambios ejercidos por el manejo del suelo.

Municipio	Localidades	Número de habitantes				
		1990	1995	2000	2005	2010
Ayahualulco	La Toma-Los Altos	4,435	4,467	4,670	3,846	3,934
Perote	El Conejo	850	872	907	996	1,044
	El Escobillo	810	902	1025	1,023	1,065
	Rancho Nuevo	260	319	305	340	418
	Los Pescados	1,285	1,468	1,393	1,471	1,555
	Xico	Las Carabinas	32	33	32	41
Xico	Paso Panal	63	49	42	79	90
	Plan de la Guinda	S/D	S/D	4	14	20
	Tembladeras	377	414	362	483	467
	El Terrero de Chivas	S/D	S/D	16	12	7
TOTAL		8,112	8,524	8,756	8,305	8,636

Tabla 1. Localidades pertenecientes al área Natural Protegida Cofre de Perote (Tomada del Programa de Manejo PNCP, 2009).

Metodología

Area de Estudio

El volcán Cofre de Perote, la séptima cumbre más alta de México (4,242 msnm), se ubica en la cordillera del Cinturón Volcánico Mexicano, en el Estado de Veracruz en las coordenadas 19°29' Norte y 97° 8' Oeste, aproximadamente a 90 km de la costa del Golfo de México (Figura 1). Los municipios que integran este parque son: Perote, Xico, Ixhuacán de los Reyes y Ayahualulco.

La comunidad del ejido El Conejo, municipio de Perote, Veracruz. Tiene una superficie de 685 ha, su altitud es de 3,300 msnm, posee una población de 1,044 habitantes, la vegetación es Bosque de oyameles, las principales actividades productivas son agrícola y ganadera, cuenta con instalaciones educativas para preescolar, primaria y secundaria, la comunidad se localiza totalmente dentro del PNCP.

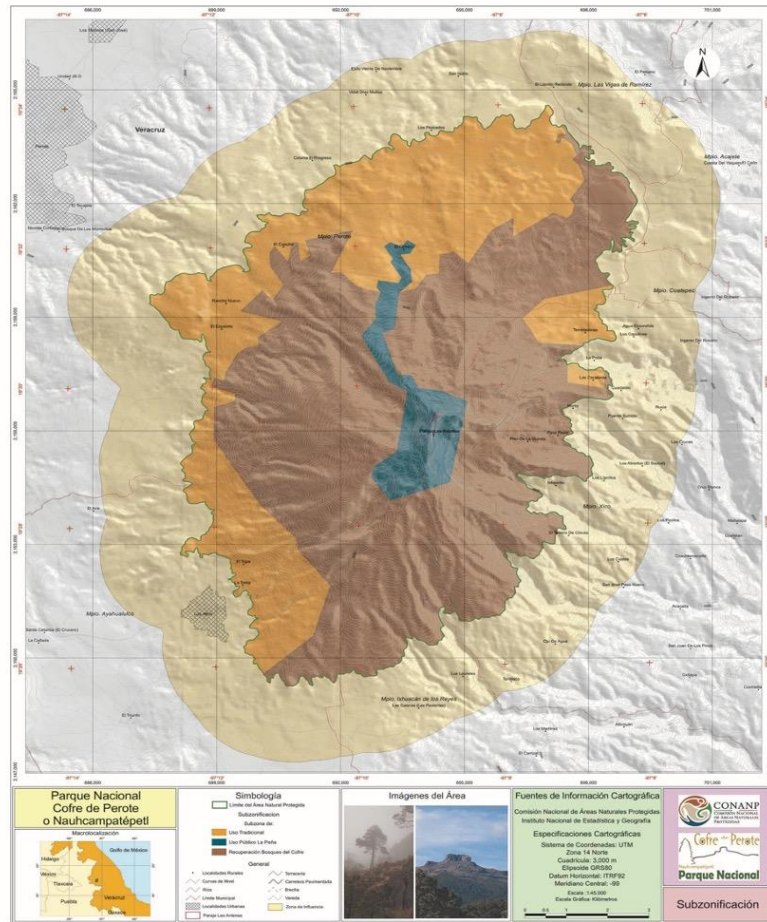


Figura 1. Parque Nacional Cofre de Perote (Tomado del Programa de Manejo PNCP, 2009).

Procedimiento

En la comunidad El Conejo, se eligieron tres zonas de uso agrícola y tres zonas de uso forestal (bosque), se realizaron transectos en zig zag y a los 30, 60, 90 y 120 m, y se realizó una toma de muestra de suelo en los primeros 20 cm de la superficie del suelo según NOM-021 RECNAT-2000. Las muestras fueron trasladadas al laboratorio para posteriores análisis físicos y químicos según la norma antes mencionada. Los parámetros analizados fueron, pH (relación 1:2.5 suelo-agua), M.O. (Walkley y Black), NT (micro-Kjeldahl), P (Bray y Kurtz), Textura (Bouyoucos), Ca y Mg (Absorción atómica), N y K (Flamometría) como se muestra en la figura 2. Análisis de varianza de una vía y la prueba de rango de Tukey fueron aplicadas a los datos para comprar los tipos de uso de suelo.

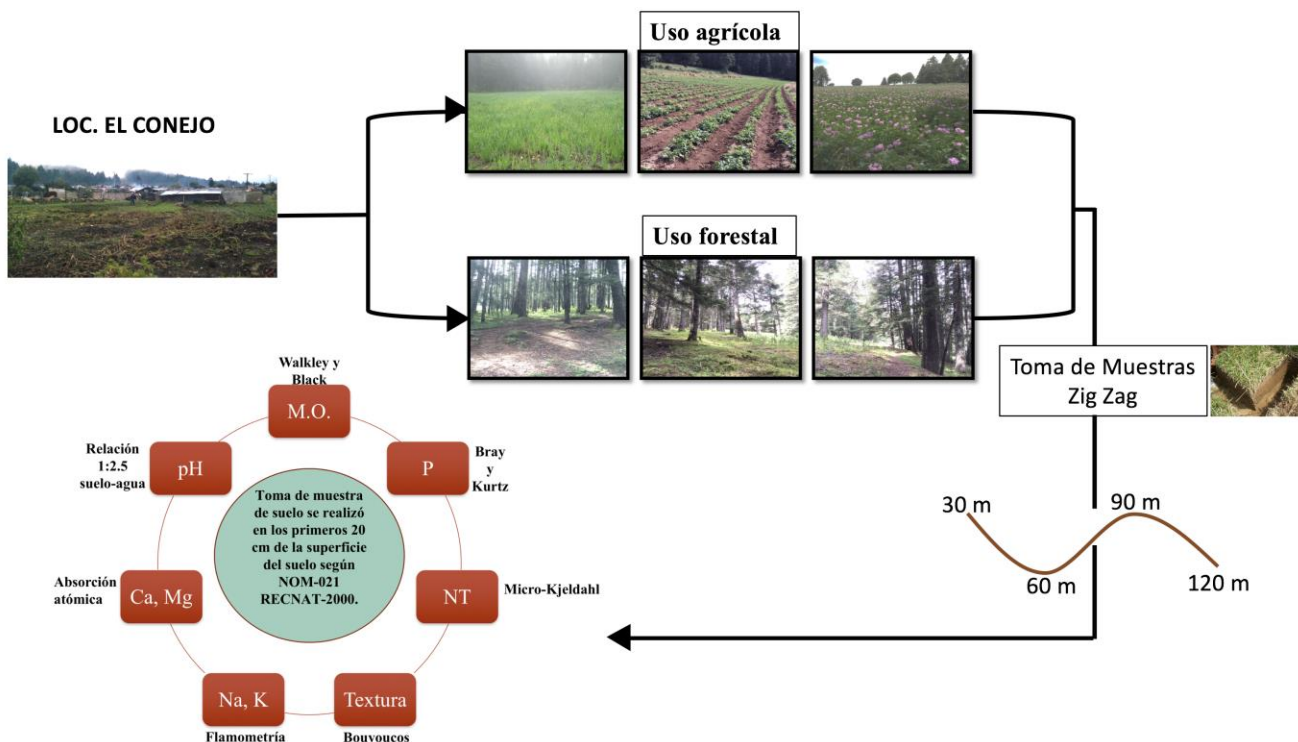


Figura 2. Esquema de trabajo para la determinación de las variables.

Resultados y Análisis

Los suelos de uso forestal y agrícola mostraron diferencias significativas para la mayoría de los parámetros físicos y químicos evaluados ($p < 0.05$), en el caso del pH los suelos agrícolas muestran una mayor acidez que los suelos de uso forestal. En el caso de la Materia orgánica (MO), el Carbono orgánico (CO) y el Nitrógeno total (NT) estos mostraron un alto porcentaje en los suelos forestales, mayor al de los suelos agrícolas, aunque estos últimos muestran también una considerable concentración. El fósforo presentó una mayor concentración en los suelos agrícolas con diferencias significativas para $p < 0.05$, así como la relación Carbono/Nitrógeno (C/N) también fue mayor para los suelos con este tipo de uso. En el caso de la densidad aparente esta no mostró cambios significativos en los dos tipos de uso de suelo, pero si la textura ya que tanto el porcentaje de arcilla y limo mostraron diferencias significativas para $p < 0.05$, mientras que la arena no mostró cambios relevantes. Nutrientes como Potasio (K), Calcio (Ca) y Magnesio (Mg) mostraron diferencias significativas con una mayor concentración en los suelos agrícolas en comparación con los suelos forestales, mientras que el sodio (Na) mostró concentraciones muy parecidas en los dos tipos de uso del suelo (Tabla 2.)

Parámetro	Forestal	Agrícola	F	p
pH	5.2±0.08a	4.8±0.02b	17.32	0.005
M.O (%)	19.0±0.40a	14.6±0.2b	127.83	0.000
C.O (%)	11.2±0.4a	8.5±0.3b	32.15	0.000
NT (%)	0.7±0.03a	0.5±0.02b	32.00	0.001
P Bray (mg/kg)	8.1±0.07a	10.2±0.04b	505.26	0.000
C/N	15.74±0.9a	17.00±0.3b	98.76	0.000
Densidad (g/cm ³)	1.1±0.01a	1.2±0.02a	1.23	0.100
Arcilla (%)	13±1.3a	27±2.5b	10.21	0.003
Limo (%)	65±2.6a	49±3.7b	5.28	0.030
Arena (%)	22±4.3a	24±5.4a	0.48	0.101
Na (cmol.kg ⁻¹)	0.9±0.02a	1.0±0.09a	0.21	0.504
K (cmol.kg ⁻¹)	1.3±0.1a	1.6±0.21b	21.21	0.003
Ca (cmol.kg ⁻¹)	5.1±0.4a	7.0±0.7b	37.24	0.001
Mg (cmol.kg ⁻¹)	4.2±0.8a	6.1±0.5b	24.13	0.007

Tabla 2. Promedio de los parámetros físicos y químicos del suelo para uso forestal y agrícola en el ANP Cofre de Perote (± error estándar). Fila con diferente letra, indica diferencias significativas para $p < 0.05$

Variabes como el NT muestran concentraciones altas en los dos tipos de uso de suelo, sin embargo es significativamente mayor la concentración en el suelo forestal ($p < 0.05$), con concentraciones de 0.7 %, mientras que las de suelo agrícola muestra concentraciones de 0.5%. (figura. 3).

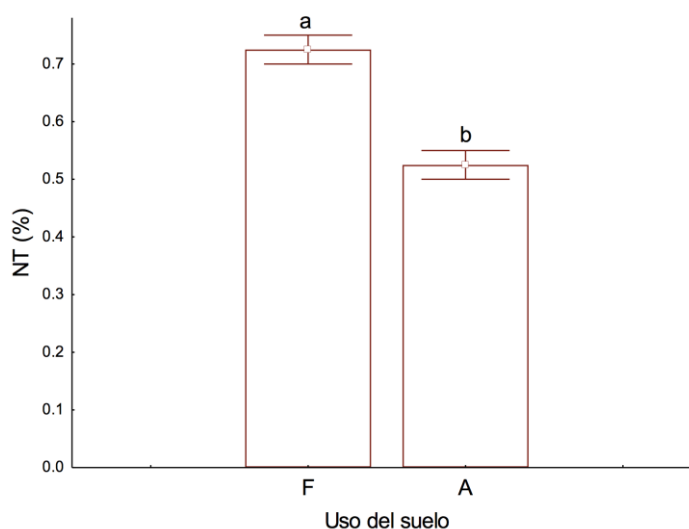


Figura 3. Concentración de nitrógeno total (NT) en suelos con uso forestal (F) y agrícola (A), en el ANP Cofre de Perote, México. Letras minúsculas diferentes denotan diferencias significativas para $p < 0.05$.

El fósforo (P) muestra una mayor concentración en el suelo de uso agrícola con valores de 10.2 mg/kg contra 8.1 mg/kg del suelo forestal, por lo que existen diferencias significativas para $p < 0.05$. (figura. 4).

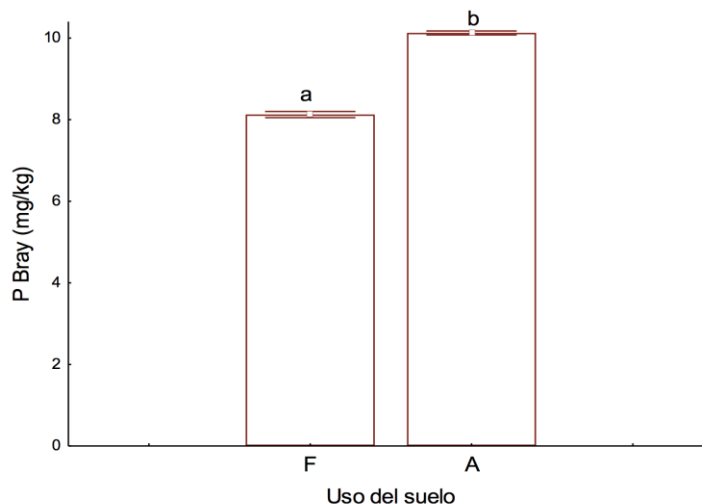


Figura 4. Concentración de Fósforo (P) en suelos con uso forestal (F) y agrícola (A), en el ANP Cofre de Perote, México. Letras minúsculas diferentes denotan diferencias significativas para $p < 0.05$.

El Potasio (K) muestra una mayor concentración en el suelo de uso agrícola con valores de 1.6 cmol.kg^{-1} contra 1.3 cmol.kg^{-1} del suelo forestal, por lo que existen diferencias significativas para $p < 0.05$. (figura. 5).

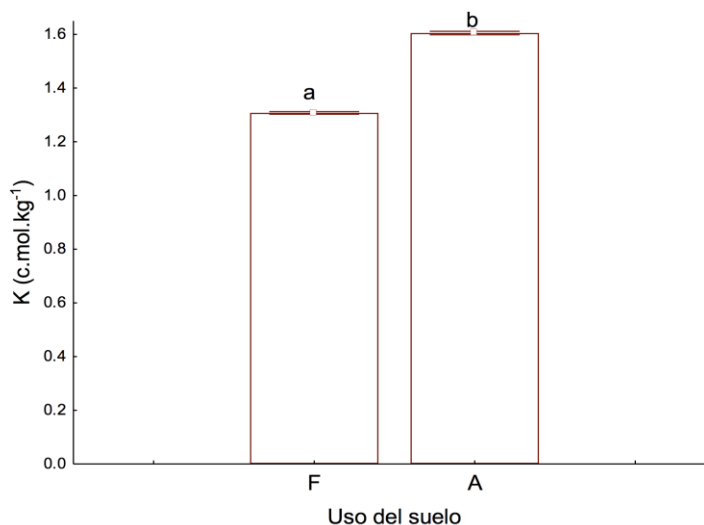


Figura 5. Concentración de Potasio (K) en suelos con uso forestal (F) y agrícola (A), en el ANP Cofre de Perote, México. Letras minúsculas diferentes denotan diferencias significativas para $p < 0.05$.

Discusión

El ANP Cofre de Perote brinda diversos servicios ecosistémicos, varios de ellos atribuibles al suelo, como el secuestro de Carbono, regulación del clima, hábitat de organismos, ciclaje de nutrientes entre otros, los cuales pueden verse afectados por el cambio de uso del suelo. En este estudio variables físicas como la densidad aparente no mostró diferencias entre los dos tipos de manejo, lo cual podría deberse a que la actividad agrícola aun no utiliza excesiva mecanización ya que como se ha visto esto trae consigo problemas en la compactación del suelo, ya que la densidad aparente se incrementa por el uso intensivo de maquinaria agrícola (Jaurixje et al., 2013).

Sin embargo, en la comunidad no es tan común el uso de este tipo de maquinaria. Variables como la Textura si se vieron influenciadas por el cambio de uso de suelo, lo que limita la capacidad de reserva y retención de agua y nutrientes. En el Caso del C.O y el NT estos se vieron incrementados en los suelos forestales a diferencia de los agrícolas donde ha disminuido su concentración, esto concuerda con lo observado por Cantú y Yáñez (2017) ya que

en su estudio encontraron que el cambio de uso de suelo ha impactado principalmente a los suelos agrícolas, viéndose reflejado en la disminución de estos nutrientes. Parámetros como Fósforo y Potasio fueron encontrados en mayor proporción en los suelos agrícolas, esto es debido al proceso de fertilización a los que son sometidos los suelos para elevar la producción. El cambio de uso del suelo de forestal a agrícola degrada la calidad del suelo.

Estudios en el Parque Nacional Nevado de Toluca demostraron que el cambio a suelo agrícola degrada las propiedades físicas y químicas del suelo impactando a los ciclos biogeoquímicos del C y N como las propiedades físicas y químicas (Cruz-Ruiz et al., 2012). Modificaciones en la fertilidad del suelo pueden ser atribuibles al cambio de uso del suelo (Yáñez y Cantú, 2018). Estudios en el ANP Cofre de Perote muestran efectos en la calidad física y química del suelo atribuida al cambio de uso (Campos et al, 2007). Por lo que es necesario crear estrategias para la conservación del recurso suelo, mediante acciones de vinculación con las comunidades y los diferentes sectores de gobierno que permitan disminuir el cambio de uso del suelo y evitar la pérdida de los diferentes servicios ambientales que proporciona en el ANP Cofre de Perote.

Conclusiones

El Parque Nacional Cofre de Perote es un Área Natural protegida que se encuentra en el Estado de Veracruz, México, tiene una superficie aproximada de 11 700 ha. Fue decretada ANP el 04 de mayo de 1937. Sin embargo en dicho parque ya se encontraban habitando núcleos urbanos como la comunidad “Los Pescados, El Conejo” entre otros. Las diferentes actividades de los pobladores han ido cambiado el uso del suelo, de vocación forestal a suelo agrícola y ganadero. Estas actividades han impactado las características físicas y químicas del suelo. En este estudio se encontró que el pH del suelo se ha ido acidificando por el uso reiterativo de agroquímicos en suelos con actividad agrícola, lo que impacta los diferentes servicios ambientales que proporciona el suelo, ya que acidificación del pH se relaciona con baja disponibilidad de nutrientes y desequilibrio de la actividad tampón del suelo (Ginés y Mariscal-Sancho, 2002). Variables fisicoquímicas como fósforo, potasio, Calcio y Magnesio se encontraron en mayor concentración en los suelos con uso agrícola, a diferencia de los suelos con uso forestal, esto es debido a la fertilización química que realizan los agricultores, lo que permite tener niveles aceptables de estos nutrientes. Por otro lado, los suelos de bosque con vocación forestal mostraron altos niveles de Materia orgánica, Carbono orgánico y Nitrógeno Total, valores parecidos a los encontrados en otros suelos volcánicos con vegetación de bosque.

La zona de bosque con vocación forestal, por los resultados encontrados en este estudio poseen una concentración de media a alta de nutrientes (NOM-021 RECNAT 2000) lo que permite que el bosque continúe ofreciendo sus diversos servicios ambientales, sin embargo el cambio de uso de suelo para actividades agrícolas pone en evidencia la necesidad del establecimiento de estrategias de conservación para el ANP Cofre de Perote.

Limitaciones

El suelo es una compleja red de interacciones físicas, químicas y biológicas, el cambio de uso de suelo limita el buen funcionamiento de los procesos edáficos, por lo que es de vital interés llevar a cabo el estudio de esta problemática. Sin embargo, una de las principales limitaciones a las cuales nos enfrentamos día con día, es la falta de interés social, el cuál limita los recursos para proyectos encaminados a este problema ambiental. Por otro lado, las técnicas utilizadas para este estudio, son muy eficientes y confiables, sin embargo se quiere de tiempo para su análisis e interpretación.

Recomendaciones

Este trabajo muestra algunas de las problemáticas reflejadas por el cambio de uso del suelo, sin embargo sólo nos abre un panorama más amplio de los estudios necesarios para poder conocer y evitar el desgaste del mismo. Al observar los resultados obtenidos, se sugiere ampliar el estudio a otras localidades para generalizar el comportamiento del suelo y los efectos que representan su cambio de uso, así como estudiar otras variables como los organismos del suelo por su papel fundamental en los procesos de descomposición de la materia. Algunos autores sugieren estudios de variables del suelo a un plazo de 5 a 10 años, ya que es un lapso de tiempo en donde podemos observar cambios o alteraciones del suelo. Por lo que en este trabajo se sugiere replicar este estudio al menos cada 5 años, ya que variables como la materia orgánica o pH del suelo, pueden mostrar un cambio significativo, que nos sirva como indicador de la calidad del suelo y de esta manera proponer alternativas para mejorarlo.

Referencias

- Campos, A., Oleschko, K., Etchevers, J., & Hidalgo, C. (2007). "Exploring the effect of changes in land use on soil quality on the eastern slope of the Cofre de Perote Volcano (Mexico). *Forest Ecology and Management*", 248(3), 174-182.
- Cantú Silva, I., & Yáñez Díaz, M. I. (2018). Efecto del cambio de uso de suelo en el contenido del carbono orgánico y nitrógeno del suelo. *Revista mexicana de ciencias forestales*, 9(45), 122-151.
- Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, 2012. "Tasa de transformación del hábitat del PN Cofre de Perote". Periodo 1995 - 2012. México, D.F.
- Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. 2015. "Programa de Manejo. Parque Nacional Cofre de Perote o Nauhcampatépétl". México: SEMARNAT.
- Cruz-Ruiz, E., Cruz-Ruiz, A., Aguilera-Gómez, L. I., Norman-Mondragón, H. T., Velázquez, R. A., Nava-Bernal, G., ... & Reyes-Reyes, B. G. (2012). Efecto en las características edáficas de un bosque templado por el cambio de uso de suelo. *Terra Latinoamericana*, 30(2), 189-197.
- García, A., Montoya, Y., y Corona, M.C., 2009. "Uso del suelo, fragmentación y degradación de los bosques templados del centro de México". México, D.F., Puebla, Pue.
- Hernández Jiménez, A., Vera Macías, L., Naveda Basurto, C. A., Guzmán Cedeño, Á. M., Vivar Arrieta, M., Roberto Zambrano, T., ... & López Alava, G. A. (2017). Variaciones en algunas propiedades del suelo por el cambio de uso de la tierra, en las partes media y baja de la microcuenca Membrillo, Manabí, Ecuador. *Cultivos Tropicales*, 38(1), 50-56.
- INEGI. (2010). Censo de Población y vivienda. "Principales resultados por localidad". Recuperado de <http://www.inegi.gob.mx>.
- Jaurixje, Margareth, & Torres, Duilio, & Mendoza, Betty, & Henríquez, Manuel, & Contreras, Jorge (2013). Propiedades físicas y químicas del suelo y su relación con la actividad biológica bajo diferentes manejos en la zona de Quíbor, estado Lara. *Bioagro*, 25(1),47-56.
- Karlen, D. L. (2004). "Soil quality as an indicator of sustainable tillage practices". *Soil & Tillage Research*, 78(2), 129-130.
- Meza, E. y D. Geissert. (2006). "Estabilidad y estructura en andisoles de uso forestal y cultivados". *Terra Latinoamericana*, 24(2).
- Norma Oficial Mexicana NOM-021- RECNAT-2000. Que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos. Estudios, muestreo y análisis. Diario Oficial de la Federación. 31 de diciembre del 2002.
- Vázquez, M. 2012. "Diversidad vegetal y propuestas de aprovechamiento en el Parque Nacional Cofre de Perote". Jalapa, Ver.
- Velázquez, R. A., G, D. L. R. B., Quichimbo, P., Tenorio, G., Borja, P., Cárdenas, I., ... Torres, D. (2012). Efectos sobre las propiedades físicas y químicas de los suelos por el cambio de la cobertura vegetal y uso del suelo: páramo de Quimsacocha al sur del Ecuador. *Terra Latinoamericana*, 36(1), 47-56.
- Yáñez Díaz, M. I., Cantú Silva, I., & González Rodríguez, H. (2018). Efecto del cambio de uso de suelo en las propiedades químicas de un vertisol. *Terra Latinoamericana*, 36(4), 369-379.