



BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA

Facultad de Ingeniería Química

Colegio de Ingeniería Ambiental

**Caracterización fisicoquímica y biológica de suelos en el Parque
Nacional la Montaña Malinche o Matlalcuéyatl**

TESIS

Para obtener el título de:
Licenciado en ingeniería ambiental

Presenta: **Joseph Taxis Taxis**

Directora de tesis: **Janette Arriola Morales**

Codirectora de tesis: **Maribel Castillo Morales**

NOVIEMBRE, 2024



AGRADECIMIENTOS

A Dra. Janette Arriola Morales, por brindarme la oportunidad de trabajar con ella, por ser una gran docente que me inspiró a ser un mejor alumno y persona cada día, por convertirse en mi guía durante mi proceso de formación, por sus consejos, apoyo y sobre todo por ser una gran ser humano que me brindo toda su confianza.

A Dra. Maribel Castillo Morales, que me guio y asesoro a dar estructura a esta tesis, por siempre tener las palabras correctas para no desviarme de mis objetivos, por apoyarme siempre y sobre todo brindarme su confianza, por ser una docente muy dedicada que impactó de manera positiva en mi vida personal y académica, porque es una persona que nació para compartir conocimientos y que deja huella en sus alumnos.

A mis compañeras de servicio social Mariel, Karlinda, Valeria, Berenice, Alondra por su apoyo, pero en especial a Sandra Garrido que me brindo apoyo, me dio ánimos, me acompañó en todo momento y nunca me dejó solo en este largo trayecto, en ella encontré a una cómplice, una compañera de trabajo con quién me identifiqué demasiado, pero sobre todo encontré a una gran amiga y persona.

A Marlen Maya por ser esa amiga y compañera virtual en pandemia que me ayudo a sacar lo mejor de mí, recordándome que existen personas que brindan su apoyo sin conocerte y sin esperar algo a cambio, que afortunadamente logre conocer en persona.

A Hilcet Preza por ser esa persona especial durante toda la carrera, que siempre estuvo para apoyarme y darme ánimos, que nunca me dejó solo, convirtiéndose en la persona más importante y especial que conocí en esta gran etapa llamada universidad, que estuvo en los momentos más complicados y con la cual hasta la fecha disfruto tener esas largas conversaciones.

A todos mis compañeros y personas que conocí durante la universidad, que hicieron más placentera esta etapa de mi vida, me llevo un aprendizaje de cada uno de ellos.



DEDICATORIA

Esta tesis está dedicada a Yamilet y Jocelin, por ver y estar en mi desarrollo profesional y personal, por aguantarme, por no dejarme solo en los momentos más difíciles, porque me ayudaron a salir adelante cuando creí que no podía más y cuando más solo me sentí, me demostraron que las adversidades están para superarse y por ser quienes me inspiran a ser mejor persona, quienes sacan la mejor versión de mí, ya que nunca me dejan bajar los brazos y mucho menos rendirme, son quienes siempre me apoyan en mis proyectos y nunca me dejan solo.

A mis padres por su apoyo, consejos, regaños con quienes siempre puedo contar y siempre están para mí.

En memoria a Lucia Taxis Gutiérrez a quien le prometí jamás rendirme hasta lograr mis metas.



ABREVIATURAS

ANP	Área Natural Protegida
CNANP	Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas
CE	Conductividad eléctrica
CIC	Capacidad de Intercambio Catiónico
COLE	Coeficiente de extensibilidad lineal
cm	Centímetros
CONABIO	Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad
CONANP	Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas
DOF	Diario Oficial de la Federación
FAO	Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura
INEGI	Instituto Nacional de Estadística y Geografía
LGEEPA	Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente
mm	Milímetros
msnm	Metros sobre el nivel del mar
SHP	Shapefile



INDICE GENERAL

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	8
2. JUSTIFICACIÓN	11
3. OBJETIVOS	13
GENERAL	13
ESPECÍFICOS	13
4. HIPÓTESIS	15
NULA	15
ALTERNATIVA	15
5. ANTECEDENTES	17
6. MARCO TEÓRICO	19
6.1 Declaratoria de Área Natural Protegida (ANP)	19
6.2 Descripción del ANP	19
6.2.1 Descripción geográfica	19
6.2.2 Características físicas	21
6.2.3 Características biológicas	26
6.3 Protección del Área Natural Protegida	29
6.3.1 Inspección y vigilancia del ANP	31
6.3.2 Prevención, control y combate de incendios forestales	37
6.3.3 Especies invasoras y perjudiciales en el Parque Nacional la Montaña Malinche o Matlalcuéyatl	40
6.4 Biología y hábitos del descortezador <i>Dendroctonus mexicanus</i>	42
6.5 Problema actual en el Parque Nacional la Montaña Malinche o Matlalcuéyatl	43
6.6 Marco jurídico aplicable en el Parque Nacional la Montaña Malinche o Matlalcuéyatl	46
6.7 Suelo	47
6.7.1 Propiedades físicas, químicas y biológicas	47
6.7.2 Importancia del suelo en las ANP	48
6.7.3 Funciones de los suelos en general y en las ANP	49
7. METODOLOGÍA	51
7.1 Muestreo de suelos	52
7.2 Pruebas de campo	53
7.3 Propiedades físicas del suelo	55



7.3.1	Porcentaje de saturación y pasta saturada	55
7.3.2	Densidad aparente	55
7.3.3	Densidad real	55
7.3.4	Humedad por gravimetría.....	56
7.3.5	Determinación de color en seco.....	57
7.3.6	Determinación de color en húmedo.....	57
7.3.7	Coeficiente de extensibilidad lineal (COLE)	57
7.3.8	Textura del suelo	58
7.4	Propiedades químicas del suelo.....	59
7.4.1	Preparación de extracto de saturación.....	59
7.4.2	pH en extracto de saturación	60
7.4.3	Conductividad Eléctrica (CE) en extracto de saturación	60
7.4.4	Carbonatos	61
7.4.5	Bicarbonatos.....	62
7.4.6	Cloruros.....	62
7.4.7	Calcio.....	62
7.4.8	Magnesio.....	63
7.4.9	Acidez extraíble.....	63
7.4.10	Capacidad de intercambio catiónico	63
7.5	Propiedades biológicas del suelo	64
7.5.1	Carbono orgánico	64
7.5.2	Materia orgánica	64
7.5.3	Nitrógeno total.....	65
8.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	67
8.1	Cartografía de la zona de estudio	67
8.2	Análisis físicos, químicos y biológicos del suelo.....	74
9.	CONCLUSIONES.....	94
	RECOMENDACIONES	96
	ANEXOS.....	98
	BIBLIOGRAFÍA.....	0





PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Los recursos terrestres sanos como el suelo son la base de las sociedades y economías. Aproximadamente la producción económica de 44 billones de dólares depende de forma moderada o alta del capital natural como el suelo. En las últimas décadas, los recursos de la tierra se han degradado persistentemente y causa deterioro de las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo, lo que socava la salud humana y prosperidad económica. La tierra se degrada de diferentes maneras, algunas por fuentes naturales y otras por actividades humanas. Se estima que la degradación del suelo a nivel mundial supera el 33% y va de moderada a altamente degradada (Land Restoration for Recovery and Resilience Second Edition, 2022).

En México el panorama no cambia demasiado puesto que las prácticas agrícolas, sobrepastoreo, deforestación, modificación de uso de suelo y cambio climático han llevado a la degradación de al menos el 45% del territorio nacional, el problema de todo esto es que el suelo es un recurso natural no renovable en términos de período de vida humana, y un elemento del ambiente de gran importancia para los ecosistemas y la economía, debido a que provee servicios ambientales indispensables para mantener la biodiversidad del planeta, pues regula los ciclos de nutrientes, participa de manera importante en el ciclo hidrológico, además el sistema suelo – vegetación cumple con un papel importante en el aumento o reducción de las concentraciones de dióxido de carbono (CO₂) en la atmósfera; el recurso constituye la mayor fuente de carbono orgánico en los ecosistemas terrestres y su permanente degradación podría duplicar el contenido de dicho elemento que se encuentra en la atmósfera (“Gaceta UNAM,” 2023).

Por otro lado, encontramos que la montaña Malinche es la séptima montaña más alta del país con una altitud de 4,420 msnm, forma parte del Eje Neovolcánico Transversal, abarca los estados de Puebla y Tlaxcala, es un área natural protegida que preserva ecosistemas y biodiversidad en su superficie de 46 mil 112.241416 hectáreas (“Programa de Manejo: Parque Nacional La Montaña Malinche o Matlalcuéyatl,” 2013). Brinda invaluable servicios ecosistémicos a la población de



ambos estados ya que los abastece de agua, regula el clima, captura el carbono entre muchas otras. En los últimos años el área arbolada se ha visto severamente afectada por la pérdida de cobertura vegetal a causa principalmente de la tala clandestina, incendios forestales, agricultura, pastoreo etc., a estos factores se ha sumado otro en los recientes años y es la plaga de gusanos descortezadores del género *Dendroctonus* que ataca a las especies de pino (*Pinus montezumae*, *Pinus leiophylla*, *Pinus pseudostrobus* y *Pinus teocote*), provocándoles un daño irreversible ya que los seca en menos de dos meses provocándoles la muerte. Por lo que es importante desarrollar estrategias y planes de conservación y sustentabilidad sobre todo de los recursos forestales del Parque Nacional La Montaña Malinche.





2

JUSTIFICACIÓN

2. JUSTIFICACIÓN

A nivel global se conoce que la restauración de la tierra puede ser activa como plantar vegetación o pasiva, cuando se permite que se recupere por sí misma posterior a sufrir una perturbación. La escala de restauración varía desde unas cuantas hectáreas hasta varios miles de kilómetros cuadrados. Entre los métodos integrados de restauración se encuentra la reforestación, ya que el recurso forestal es clave en biodiversidad porque de esta manera se protegen las cuencas hidrográficas al restaurarse el suministro de agua que es importante para los habitantes que dependen de ella (“Programa de Manejo: Parque Nacional La Montaña Malinche o Matlalcuéyatl,” 2013).

De acuerdo con el objetivo de un área natural protegida en México, se establece que se debe asegurar y garantizar la preservación de los ecosistemas y su biodiversidad salvaguardando la diversidad genética de las especies silvestres de las que depende la continuidad evolutiva, incluyendo los procesos ecológicos y los cambios naturales, además de proteger el ciclo hidrológico de cuencas y proporcionar un campo propicio para la investigación científica y el estudio de sus ecosistemas y su equilibrio (“Programa de Manejo: Parque Nacional La Montaña Malinche o Matlalcuéyatl,” 2013).

La presente tesis se basa en analizar el estado actual de las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo de la zona arbolada del Parque Nacional La Montaña Malinche alineándose a los siguientes objetivos incluidos dentro del plan de manejo del ANP: Protección, manejo y restauración, con el fin de construir una planeación a corto, mediano y largo plazo en donde se lleven a cabo actividades y acciones para la pronta recuperación de la zona forestal del Parque Nacional La Montaña Malinche.



The background features a close-up of laboratory glassware, including several Erlenmeyer flasks and beakers, some containing a dark, granular substance. The entire scene is overlaid with a semi-transparent green filter. A large, semi-transparent green number '0' is centered in the background, serving as a design element for the title.

0 OBJETIVOS

3. OBJETIVOS

GENERAL

Analizar el comportamiento de los parámetros fisicoquímicos y biológicos de los suelos forestales del Parque Nacional La Montaña Malinche, de acuerdo con la NOM-021-RECNAT-2000, para generar recomendaciones de conservación de la zona arbolada.

ESPECÍFICOS

1. Seleccionar una región en las zonas alta y baja de la zona de estudio en el Parque Nacional La Montaña Malinche.
2. Ubicar los puntos de muestreo de suelo en la zona alta y zona baja del Parque Nacional La Montaña Malinche.
3. Realizar muestreo de suelos en ambas áreas de estudio.
4. Analizar las propiedades físicas, químicas y biológicas de las muestras de suelo tomadas en las dos zonas de estudio.
5. Realizar cartografía en programa Qgis a partir de los puntos de muestreo.
6. Generar recomendaciones para conservar la zona arbolada, a partir de los resultados obtenidos de las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo.





4 HIPÓTESIS

4. HIPÓTESIS

NULA

Los suelos del Parque Nacional La Montaña Malinche no presentan características elevadas de conservación.

ALTERNATIVA

Los suelos del Parque Nacional La Montaña Malinche presentan características elevadas de conservación.





5 ANTECEDENTES

5. ANTECEDENTES

El Parque Nacional la Montaña Malinche o Matlalcuéyatl se sitúa en el Eje Neovolcánico Transversal. Cuenta con una amplia diversidad de especies y endemismos, sobre todo en fauna de mamíferos. Es una montaña que históricamente brinda servicios ecosistémicos a la población de Puebla y Tlaxcala. Por tal motivo es importante contar con instrumentos de planeación y regulación basados en las problemáticas específicas de la zona que permitan alcanzar una estabilidad del ecosistema y no sufra cambios que alteren el medio ambiente de la zona. Se debe tener en cuenta conservación, protección, manejo, restauración y gestión de los recursos naturales. De ahí la importancia de la caracterización de suelos ya que permite conocer las características físicas, químicas y biológicas de un suelo, para proponer soluciones de restauración.

La información con la que se cuenta es amplia, sin embargo, la más importante basada en los problemas actuales del ANP es:

- Programa de Manejo Parque Nacional La Montaña Malinche o Matlalcuéyatl, documento en el que se establecen objetivos del ANP, programa de manejo, descripción del ANP, diagnóstico y problemática; subprogramas de conservación, protección, manejo, restauración, conocimiento, cultura, gestión, ordenamiento ecológico y zonificación; reglas administrativas, programa operativo anual y evaluación de efectividad.
- Caracterización edáfica de sitios con regeneración natural de *Pinus montezumae*, en el volcán la Malinche, México: Investigación que trata de cuantificar la población de *Pinus montezumae*, y determinar propiedades físicas y químicas de cinco sitios diferentes de la montaña para determinar similitudes del suelo.
- NOM-019-SEMARNAT-2017 – Que establece los lineamientos técnicos para la prevención, combate y control de insectos descortezadores.



A laboratory setting with several test tubes containing brownish liquids. A pipette is positioned at the top center, dispensing a drop of yellow liquid into one of the tubes. The background is slightly blurred, emphasizing the foreground tubes.

MARCO TEÓRICO

6. MARCO TEÓRICO

6.1 Declaratoria de Área Natural Protegida (ANP)

El Parque Nacional La Montaña Malinche o Matlalcuéyatl, se estableció por medio de Decreto Presidencial el 6 de octubre de 1938 en el DOF.

El decreto se encuentra en el **Anexo 1**.

6.2 Descripción del ANP

Realizar una descripción del área es muy importante, ya que se conocen datos importantes de la zona.

6.2.1 Descripción geográfica

El Parque Nacional La Montaña Malinche o Matlalcuéyatl, es el onceavo parque con mayor área de extensión de los 67 Parques Nacionales decretados en el país (“Programa de Manejo: Parque Nacional La Montaña Malinche o Matlalcuéyatl,” 2013, p. 17). Es uno de varios elementos volcánicos de nuestro país, se encuentra en la zona central oriente de México, forma parte del eje Neovolcánico Transversal y es considerada como la montaña aislada más significativa de toda la república ya que también forma parte de las cuencas del río Atoyac y Guadalupe, de ahí es donde proviene su gran importancia en el abastecimiento de agua para los estados de Puebla y Tlaxcala.

En cuanto a la ubicación geopolítica, el Parque Nacional La Montaña Malinche está dentro de los estados de Puebla y Tlaxcala, y se distribuye en 16 municipios, de los cuales cuatro corresponden a Puebla y doce a Tlaxcala (Tabla 1).



Tabla 1. Municipios que abarca el Parque Nacional La Montaña Malinche. **Fuente:** Programa de Manejo Parque Nacional La Montaña Malinche.

ESTADO	MUNICIPIO
Puebla	Acajete
	Amozoc de Mota
	Puebla
	Tepatlaxco de Hidalgo
Tlaxcala	Acuamanala de Miguel Hidalgo
	Chiautempan
	Contla de Juan Cuamatzi
	Huamantla
	Ixtenco
	Mazatecochco de José Ma. Morelos
	San Francisco Tetlanohcan
	San José Teacalco
	San Pablo del Monte
	Santa Cruz Tlaxcala
	Teolocholco
	Zitlaltepec de Trinidad Sánchez S.

De los 16 municipios que conforman el Parque Nacional La Montaña Malinche, se desprenden 15 vértices que conforman el polígono de ubicación del Parque Nacional (Tabla 2).



Tabla 2. Levantamiento topográfico de los 15 vértices que forman el polígono del Parque Nacional La Montaña Malinche. **Fuente:** Programa de Manejo Parque Nacional La Montaña Malinche.

Sitio de levantamiento topográfico	Altitud aprox. (msnm)	Coordenadas UTM	
		X	Y
1. Ex hacienda Totolquexco	2 627.131	599630.986	2138653.08
2. San Bartolomé Cuahuixmatlac	2,443.472	589474.763	2133663.38
3. Iglesia Acxotla	2,423.066	587686.995	2128880.15
4. Ex hacienda Espíritu Santo	2,467.847	588284.918	2125295.32
5. Jaguey Xaltelulco (Ex hacienda)	2,491.333	590370.538	2120424.14
6. Puente Buen Suceso-Canoa	2,581.123	594152.013	2117738.40
7. Plaza Canoa	2,585.435	594234.274	2117658.67
8. Capilla Cuauhtenco	2,523.038	603598.378	2113197.06
9. Acajete Tepulco	2,580.994	606506.805	2114034.09
10. Ex hacienda del Pinar	2,603.172	611897.581	2118951.28
11. San Bernardino	2,655.807	612866.621	2124279.15
12. Ex hacienda Xalapasco	2,656.661	612872.718	2128316.42
13. Los Pilares Acueducto	2,698.045	610575.102	2130809.98
14. Ex hacienda La Natividad	2,685.647	609460.062	2134205.90
15. Ex hacienda Santa Bárbara	2,647.159	603861.802	2138226.46

6.2.2 Características físicas

Las características físicas son importantes ya que influyen en el desarrollo de los ecosistemas.



Clima

El clima en el Parque Nacional La Montaña Malinche es variado debido al gradiente altitudinal con el que cuenta y se distribuye de la siguiente manera:

- Huamantla e Ixtenco (en la mayor parte de extensión): Cuenta con un clima templado semiárido con lluvias en verano, con menos de 51 mm de precipitación en invierno; precipitación media anual entre 600 y 800 mm; temperatura media anual se encuentra entre 14 – 16 °C; vientos dominantes provenientes del sureste durante otoño e invierno y provenientes del noroeste durante primavera y verano.
- Acuamanala de Miguel Hidalgo, Contla de Juan, Magdalena Tlaltelulco, San Francisco Tetlanohcan, Santa Ana Chiautempan, Santa Cruz Tlaxcala y Teolochohco: Esta zona cuenta con una temperatura media anual que oscila en 12 – 16 °C; marzo y junio son los meses de mayor temperatura y por ende más calurosos; la precipitación media anual se encuentra entre los 800 – 1 000 mm; mayo y septiembre son los meses más lluviosos; la temporada de heladas abarca entre 40 – 60 días entre los meses de noviembre a febrero; la dirección de los vientos generalmente son de norte a sur.
- Acajete, Amozoc, Mazatecochco, Puebla, San Pablo del Monte, Tepatlaxco de hidalgo, Tzompantepec y Zitlaltepec: En esta la zona predomina el clima templado subhúmedo; la temperatura media anual varía entre los 10 – 16 °C, marzo y julio son los mese más calurosos; la precipitación media anual oscila entre 700 – 1 000 mm; la época de lluvia es de mayo a octubre; la temporada de heladas abarca de 40 – 60 días en invierno; vientos dominantes de noreste y noroeste durante la primavera y verano, mientras que del sureste en otoño e invierno.

El Parque Nacional La Montaña Malinche tiene un clima según el gradiente altitudinal de entre 2000 y 420 msnm (Tabla 3).



Tabla 3. Clima de acuerdo con el gradiente altitudinal. **Fuente:** Elaboración propia con datos de la Comisión Nacional de áreas Protegidas.

Gradiente altitudinal (msnm)	Clima	Descripción
2 000 – 3 000	Templado subhúmedo con lluvias en verano	Temperatura media anual entre 11 – 17 °C, temperatura del mes más frío 3 °C
3 000 – 3 500	Semifrío y subhúmedo con lluvias en verano	Temperatura media anual entre 5 – 12 °C, temperatura del mes más frío -3 °C
3 500 – 4 420	Frío	Temperatura media anual entre 2 – 5 °C. temperatura del mes más caliente 6.5 °C, temperatura del más frío es menor a 0 °C

Fisiografía

La malinche es una ruina volcánica, sus faldas inferiores se tienden radialmente con pendientes poco pronunciadas, sus laderas pronunciadas se encuentran a partir de los 3 300 msnm y las muy pronunciadas se encuentran a partir de los 4 400 msnm. Su barranca insignia es Barranca Grande y se localiza al oriente de la montaña. (“Programa de Manejo: Parque Nacional La Montaña Malinche o Matlalcuéyatl,” 2013, p. 21).

Hidrología

El Parque Nacional La Montaña Malinche forma parte de la cuenca del Río Atoyac (región hidrológica del Río Balsas) y cuenca cerrada Guadalupe (región hidrológica Río Papaloapan) (“Programa de Manejo: Parque Nacional La Montaña Malinche o Matlalcuéyatl,” 2013, p. 21).

Cuenta con un drenaje muy rápido, sin existencia de corrientes de agua permanentes, sólo se registran corrientes intermitentes de fuertes pendientes y



corto recorrido en la zona alta de la montaña. A causa del fuerte escurrimiento los manantiales en la región son muy escasos.

Geología

Se han reconocido rocas con contenidos minerales como dazitas, leuco-cuarzo-latiancitas, leuco andesitas; también depósitos lacustres, rocas volcánicas, aluvión, rocas ígneas y rocas explotables como arcilla, limo, arena, grava, caliche y diatomitas. (“Programa de Manejo: Parque Nacional La Montaña Malinche o Matlalcuéyatl,” 2013, p. 22).

Suelos

Los suelos existentes en el Parque Nacional La Montaña Malinche son:

- Cambisol: Suelo poco desarrollado que se encuentra en su etapa inicial de formación. Se encuentra dentro de los primeros 100 cm de la superficie del suelo.
- Feozem: Suelo mineral condicionado por un clima estepario. Se encuentra en una profundidad de hasta 100 cm a partir de la superficie del suelo.
- Fluvisol: Es un suelo mineral que se caracteriza por ser joven y poco desarrollado. Se encuentra en pendientes inclinadas con un rango de 3 – 13 %, van desde la superficie del suelo hasta un rango de profundidad de 25 – 50 cm.
- Litosol: Suelo que se caracteriza por tener una profundidad menor a 10 cm desde la superficie del suelo. Se encuentra en la zona alta de la montaña y en barrancas con pendientes escarpadas a muy escarpadas con un rango de pendiente de 44 – 300 %.
- Luvisol: Este tipo de suelo presenta la capacidad de intercambio catiónico (CIC) y se encuentra sólo en las zonas arcillosas de la montaña.
- Regosol: Es un suelo mineral que se encuentra condicionado por la topografía, es un suelo joven, homogéneo, poco desarrollado. Este tipo de suelo es el dominante, se encuentra por lo regular en pendientes suavemente



inclinadas a moderadamente escarpadas en un rango de pendiente de 4 – 24 %. (“Programa de Manejo: Parque Nacional La Montaña Malinche o Matlalcuéyatl,” 2013, p. 23-26).

Erosión eólica del suelo en la montaña

- Erosión alta: Afecta 6 028 hectáreas en la cima de la montaña.
- Erosión moderada: Afecta a 4 855 hectáreas en la zona de la montaña destinada a la agricultura.
- Erosión ligera: La presentan 2 022 hectáreas en la zona baja de la montaña.
- Sin erosión: Aproximadamente un área de 19 304 hectáreas no presenta indicios de erosión. (“Programa de Manejo: Parque Nacional La Montaña Malinche o Matlalcuéyatl,” 2013, p. 23).

Erosión hídrica del suelo en la montaña

- Erosión muy alta: Afecta a 1 461 hectáreas en la cima de la montaña y en algunas áreas destinadas a la agricultura.
- Erosión alta: Este tipo de erosión se presenta en las zonas de la montaña destinadas a la agricultura, afectando a 1 846 hectáreas.
- Erosión moderada: Que afecta a la zona baja de la montaña en una extensión de 24 150 hectáreas.
- Erosión ligera: Se presenta en la zona de los asentamientos humanos con una extensión de 4 752 hectáreas. (“Programa de Manejo: Parque Nacional La Montaña Malinche o Matlalcuéyatl,” 2013, p. 23).



6.2.3 Características biológicas

En el Parque Nacional la Montaña Malinche hasta el año 2005 se contaba con un registro de 919 especies de las cuales 129 especies son *Myxomycetes*, 217 especies de hongos macroscópicos, 404 especies de plantas, 5 diferentes tipos de anfibios, 14 tipos de reptiles, 112 especies de aves y 38 mamíferos de distinta especie. (“Programa de Manejo: Parque Nacional La Montaña Malinche o Matlalcuéyatl,” 2013, p. 32-34).

Vegetación

Existen diversos trabajos que describen la vegetación del Parque Nacional La Montaña Malinche, uno de ellos es “Estimación de la biomasa forestal del parque nacional malinche: Tlaxcala - Puebla”. En 2008 dicho estudio estimó que: La superficie forestal del Parque Nacional Malinche es de 20,607 ha y almacena 4,881,685 ton de biomasa, magnitud muy importante que puede verse alterada en pocos años. (Fabiola & Lourdes, 2008).

A continuación, se muestra la tabla 4, las comunidades vegetales en el ANP.

Tabla 4. Comunidades vegetales en el Parque Nacional La Montaña Malinche. **Fuente:** (Fabiola & Lourdes, 2008).

Valor de importancia	Especie	Descripción
1	<i>Pinus Montezumae</i>	Bosque de mayor extensión con 12,170 ha (59% de la superficie arbolada). Se desarrolla desde los 2800 hasta 3550 msnm. Árboles moderadamente altos (25 m), con una densidad promedio de 264 árboles/ha.
2	<i>Abies religiosa</i>	Bosque que se destaca por su majestuosidad y belleza con ocupación de 1,366 ha (6.6% de la superficie arbolada). Se desarrolla entre los 2900



		hasta 3700 msnm, por lo general se encuentran en cañadas, barrancos y pendientes pronunciadas, su altura varía entre 25 – 50 m. Sus suelos se encuentran revestidos casi en su totalidad por musgo.
3	<i>Alnus jorullensis</i>	Bosque que se desarrolla entre los 3159 y los 3700 msnm, la hojarasca es abundante; ocupa 756 ha (3.7% de la superficie arbolada).
4	<i>Pinus hartwegii</i>	Bosque monoespecífico que se encuentra entre 3400 y 4000 msnm y que constituye el límite superior arbóreo de la montaña. Cuentan con una altura promedio de 20 m; ocupa 657 ha (3.2% de la superficie arbolada).
5	<i>Pinus leiophylla</i>	Bosque que crece en altitudes entre los 2600 y 2900 msnm. Se caracteriza por ser un área donde se han realizado reforestaciones y sus especies cuentan con una altura promedio de 22 m, ocupando 520 ha (2.5% de la superficie arbolada).
6	<i>Pinus-Quercus</i>	Especie caducifolia que se desarrolla en altitudes que oscilan los 2300 y 2800 msnm. Ocupa 385 ha (1.9% de la superficie arbolada). En esta área se observa que la agricultura temporal ha cubierto gran parte de su hábitat. Su altura promedio es de 5 m.
7	Zacatonal de alta montaña	Es una comunidad de alta montaña ya que crece por encima del límite de vegetación arbórea, donde la disponibilidad de agua es restringida, ya que es una zona frecuente de heladas. Ocupa 306 ha (1.5% de la superficie arbolada)



Flora

En el año 2005, Jesús A. Fernández Fernández y Juan Carlos López Domínguez, en su trabajo denominado “Biodiversidad del Parque Nacional Malinche”, reportaron 404 especies que agruparon en 209 géneros y 69 familias botánicas.

De las cuales las familias con mayor número de especies son:

- *Compositae*
- *Graminae*
- *Leguminosae*
- *Caryophyllaceae*
- *Rosaceae*

Los géneros con mayor número de especies reportados son:

- *Senecio*
- *Eupatorium*
- *Quercus*
- *Bidens*
- *Muhlenbergia*

Categorías en riesgo de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010 (Protección ambiental-especies nativas de México de flora y fauna silvestres-categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio), se encuentran:

- *Dahlia scapigera*
- *Juniperus monticola*
- *Comarostaphylis discolor*

Fauna

En diversas investigaciones, la fauna del Parque Nacional la Montaña Malinche, se reportan: cinco especies de anfibios, once de reptiles, veintisiete de mamíferos y



setenta y siete de aves. Las especies más importantes son las endémicas, que se mencionan en la tabla 5.

Tabla 5. Especies endémicas del eje Neovolcánico transversal y registradas en el Parque Nacional La Montaña Malinche o Matlalcuéyatl. **Fuente:** (“Programa de Manejo: Parque Nacional La Montaña Malinche o Matlalcuéyatl,” 2013).

GRUPO	NOMBRE CIENTÍFICO	NOMBRE COMÚN
ANFIBIOS	<i>Pseudoeurycea gadovi</i>	<i>Lagartija flaca</i>
	<i>Pseudoeurycea leprosa</i>	<i>Salamadra</i>
MAMÍFEROS	<i>Barisia imbricata</i>	<i>Escorpión</i>
	<i>Eumeces brevisrostris</i>	<i>Lincer, eslaboncillo</i>
	<i>Phrynosoma orbiculare</i>	<i>Camaleón</i>
	<i>Sceloporus aeneus</i>	<i>Lagartija</i>
	<i>Sceloporus grammicus microlepidotus</i>	<i>Lagartija</i>
	<i>Crotalus ravus</i>	<i>Víbora de cascabel enana</i>
	<i>Crotalus triseratus</i>	<i>Víbora de cascabel</i>
	<i>Thamnophis scalaris</i>	<i>Jarretera</i>
AVES	<i>Cyrtonix montezumae</i>	<i>Codorníz</i>
	<i>Catharus occidentales</i>	<i>Chepito serrano</i>
	<i>Ergaticus ruber</i>	<i>Orejas de plata</i>
	<i>Oriturus superciliosus</i>	<i>Zorzal rallado</i>
MAMÍFEROS	<i>Lynx rufus</i>	<i>Gato montés</i>
	<i>Nasua narica</i>	<i>Tejón solitario</i>
	<i>Neotomodon alstoni</i>	<i>Ratón de los volcanes</i>
	<i>Sylvilagus cunicularis</i>	<i>Conejo</i>
	<i>Sorex saussurei</i>	<i>Musaraña</i>

6.3 Protección del Área Natural Protegida

Un ANP se define de acuerdo con el artículo 44 de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la protección al Ambiente como: Las zonas del territorio nacional y



aquellas sobre las que la Nación ejerce soberanía y jurisdicción, en las que los ambientes originales no han sido significativamente alterados por la actividad del ser humano, o que sus ecosistemas y funciones integrales requieren ser preservadas y restauradas, quedarán sujetas al régimen previsto en esta Ley y los demás ordenamientos aplicables. (LGEEPA, 2023).

Así que un ANP es una herramienta efectiva descrita por la LGEEPA, que ayuda a conservar los ecosistemas permitiéndoles una adaptación de la biodiversidad y enfrentar los efectos del cambio climático.

La CONANP tiene a su cargo 203 ANP de carácter federal, con una superficie de 91,608,327.23 ha.

De acuerdo con el artículo 45 de la LGEEPA, el establecimiento de áreas naturales protegidas tiene por objeto:

- I. Preservar ambientes naturales representativos de las diferentes regiones biogeográficas y ecológicas y de los ecosistemas más frágiles, así como sus funciones, para asegurar el equilibrio y la continuidad de los procesos evolutivos y ecológicos
- II. Salvaguardar la diversidad genética de las especies silvestres de las que depende la continuidad evolutiva y asegurar la preservación y el aprovechamiento sostenible de la biodiversidad del territorio nacional, en particular las amenazadas, las endémicas, las raras y las sujetas a protección especial.
- III. Asegurar la preservación y el aprovechamiento sustentable de los ecosistemas, sus elementos, y sus funciones.
- IV. Proporcionar un campo propicio para la investigación científica y el estudio de los ecosistemas y su equilibrio.
- V. Generar, rescatar y divulgar conocimientos, prácticas y tecnologías, tradicionales o nuevas que permitan la preservación y el aprovechamiento sustentable de la biodiversidad del territorio nacional.
- VI. Proteger poblados, vías de comunicación, instalaciones industriales y aprovechamiento agrícolas, mediante zonas forestales en montañas



donde se originen torrentes; el ciclo hidrológico en cuencas, así como las demás que tiendan a la protección de elementos circundantes con los que se relacione ecológicamente el área.

- VII. Proteger los entornos naturales de zonas, monumentos y vestigios arqueológicos, históricos y artísticos, así como zonas turísticas, y otras áreas de importancia para la recreación, la cultura e identidad y de los pueblos indígenas.

De acuerdo con el artículo 46 de la LGEEPA, se consideran áreas naturales protegidas:

- I. Reservas de la biósfera
- II. Parques nacionales
- III. Monumentos naturales
- IV. Áreas de protección de recursos naturales
- V. Áreas de protección de flora y fauna
- VI. Santuarios
- VII. Parques y reservas estatales, así como las demás categorías que establezcan las legislaciones locales.
- VIII. Zonas de conservación ecológica municipales, así como las demás categorías que establezcan las legislaciones locales.
- IX. Áreas destinadas voluntariamente a la conservación.

6.3.1 Inspección y vigilancia del ANP

Todas las actividades que se realicen en el Parque Nacional La Montaña Malinche o Matlacuéyatl se describen en su programa de manejo creado en el año 2013, ya que se requiere de una supervisión y vigilancia constante para el cumplimiento de la normatividad existente, que permite la protección de los recursos naturales, evitando y disminuyendo actividades ilegales potenciales que atentan contra los recursos naturales de la montaña como lo es, la tala clandestina, el aprovechamiento ilícito de flora, fauna, pastoreo y turismo desordenado. Así, las



autoridades competentes darán el seguimiento correspondiente mediante acciones coordinadas con las dependencias correspondientes.

Para llevar a cabo inspecciones de vigilancia, se realizó una zonificación y subzonificación, de conformidad a lo establecido en la fracción XXXIX del artículo 3 de la LGEEPA, en dónde se establece que la zonificación es un instrumento que puede ser utilizado en el establecimiento de las áreas naturales protegidas, que permiten ordenar su territorio en función del grado de conservación y representatividad de sus ecosistemas, la vocación natural del terreno, uso actual y potencial. Así mismo la subzonificación, consisten el instrumento técnico y dinámico de planeación en dónde se utilizaron los criterios previstos por el artículo 47 BIS de la LGEEPA, que ordena que en el caso en que la declaratoria de un área natural protegida sólo prevea un solo polígono general, este podrá subdividirse en una o más zonas de las que dicho ordenamiento legal prevé para las zonas de amortiguamiento. Por lo que se consideraron los siguientes criterios de subzonificación:

- Distribución actual de los tipos de vegetación y grado de conservación.
- Evaluación de la aptitud del territorio (uso de suelo).
- Factores biológicos
- Tenencia de la tierra, las actividades turísticas y los usos tradicionales del suelo.

Se consideró descripción y diagnóstico del área natural protegida, se utilizó cartografía temática existente para los estados de Tlaxcal y Puebla. Con toda la información obtenida se localizaron áreas con características biológicas y socioeconómicas homogéneas, a las cuales se les designo con la subzona que mejor se adaptara a su situación. (DOF, 2013)

Las subzonas que se establecieron para el Parque Nacional La Montaña Malinche o Matlalcuéyatl, se describen en la tabla 6:



Tabla 6. Subzonas establecidas para el Parque Nacional La Montaña Malinche o Matlalcuéyatl. **Fuente:** (DOF, 2013).

Subzona	Superficie	No. de polígonos
De preservación La Cima-Axatl-Cañada Grande	3 613.529501 ha	1
De Uso Tradicional Tlaxcala - Puebla	27 192.614477 ha	1
De Uso Tradicional Trinidad Sánchez Santos-Huamantla, Tetlanohcan, Teolochocho-San Pablo-Mocoloacarreta-Curato	10 816.621298 ha	1
De Uso Público	20.506110 ha	2
De asentamientos Humanos	1 499.034583 ha	14
De Recuperación	2 969.935447 ha	6

Para la presente tesis sólo se tomó en cuenta las subzonas denominadas “Subzona de Uso Tradicional Trinidad Sánchez Santos-Huamantla, Tetlanohcan, Teolochocho-San Pablo-Mocoloacarreta-Curato” y “Subzona de uso tradicional Tlaxcala – Puebla”. En la que se describen las siguientes actividades permitidas y no permitidas, en el Programa de Manejo del Parque La Montaña Malinche o Matlalcuéyatl:

Actividades permitidas:

- I. Actividades culturales tradicionales (Viajes que se realizan por motivos religiosos)
- II. Agricultura y ganadería tradicional (En las áreas designadas, con técnicas y métodos enfocados a la sustentabilidad, y que conserven el germoplasma de los recursos fitogenéticos).
- III. Aprovechamiento de recursos naturales con fines de autoconsumo o uso doméstico.
- IV. Colecta científica (Conforme a lo previstos en el art. 2º. Fracc. VI del Reglamento de la Ley General de Vida Silvestre).



- V. Colecta científica (Conforme a lo previstos en el art. 2º. Fracc. VIII del Reglamento de la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable).
- VI. Construcción de infraestructura de apoyo a las actividades de investigación científica, educación ambiental y turismo de bajo impacto ambiental (Utilizando ecotécnicas y materiales tradicionales de construcción propios de la región y acordes con el entorno natural).
- VII. Educación Ambiental
- VIII. Filmaciones, actividades de fotografía, la captura de imágenes o sonidos por cualquier medio.
- IX. Ganadería (Sólo en subzona de uso tradicional Tlaxcala – Puebla)
- X. Investigación científica y monitoreo del ambiente.
- XI. Mantenimiento de caminos existentes.
- XII. Turismo de bajo impacto ambiental (Consiste en ciclismo de montaña por rutas previamente establecidas por la Dirección, despegue y aterrizaje de vehículos recreativos aéreos ultraligeros, paseos a caballo y caminatas por senderos para observación de flora y fauna.

Actividades NO permitidas:

- I. Abrir senderos, brechas o caminos.
- II. Alimentar, tocar o hacer ruidos intensos que alteren el comportamiento natural de los ejemplares de la vida silvestre.
- III. Alterar o destruir por cualquier medio o acción los sitios de alimentación, anidación, refugio o reproducción de las especies silvestres.
- IV. Aprovechamiento forestal, salvo para colecta científica y uso doméstico.
- V. Arrojar, verter o descargar cualquier tipo de desechos sólidos o líquidos o cualquier otro tipo de contaminante al suelo o cuerpos de agua.
- VI. Cortar y marcar árboles, salvo en el caso de uso doméstico.
- VII. Encender fogatas.
- VIII. Extraer flora y fauna viva o muerta, así como otros recursos genéticos, salvo para autoconsumo o colecta científica.
- IX. Hacer uso de explosivos.



- X. Interrumpir, rellenar, desecar o desviar flujos hidráulicos o cuerpos de agua.
- XI. Introducir especies exóticas invasoras (Conforme a lo previsto por el art. 3º., fracciones XIV y XVIII de la Ley General de Vida silvestre).
- XII. Realizar sin autorización, actividades cinegéticas o de explotación y aprovechamiento de especies de flora y fauna silvestres; salvo para el aprovechamiento de recursos naturales con fines de autoconsumo.
- XIII. Realizar sin autorización, actividades de dragado o de cualquier otra naturaleza, generen la suspensión de sedimentos, o provoquen áreas con aguas fangosas o limosas dentro del área protegida o su zona de influencia.
- XIV. Remover o extraer material mineral.
- XV. Trasladar especímenes de poblaciones nativas de una comunidad biológica a otra.
- XVI. Usar altavoces, radio o cualquier aparato de sonido, que altere el comportamiento de las poblaciones o ejemplares de las especies silvestres o que implica o que impida el disfrute del área protegida por los visitantes.
- XVII. Utilizar lámparas p cualquier fuente de luz para aprovechamiento u observación de ejemplares de la vida silvestre.
- XVIII. Venta de alimentos y artesanías.

REGLAS ADMINISTRATIVAS

Regla 1. Las presentes reglas administrativas son de observancia general y obligatoria para todas aquellas personas físicas o morales que realicen obras y actividades en el Parque Nacional La Montaña Malinche o Matlalcuéyatl, ubicado en los estados de Puebla y Tlaxcala, con una superficie de 46,112.241416 hectáreas.

Regla 2. La aplicación de las presentes Reglas Administrativas corresponde a la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, por conducto de la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, sin perjuicio de las atribuciones que correspondan a otras dependencias del Ejecutivo Federal, de conformidad con el Decreto que declara Parque Nacional La Montaña Malinche o Matlalcuéyatl,



publicado en el Diario Oficial de la Federación el día 6 de octubre de 1938, y demás disposiciones legales aplicables.

Regla 3. Para los efectos de lo previsto en las presentes Reglas Administrativas se aplicarán las definiciones que se contienen en la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, su Reglamento en Materia de Áreas Naturales Protegidas.

Regla 4. Todos los usuarios y visitantes del Parque Nacional deberán recoger y llevar consigo los residuos sólidos generados durante el desarrollo de sus actividades y depositarla en los sitios destinados para tal efecto por las autoridades municipales.

Regla 5. Los visitantes, prestadores de servicios turísticos y usuarios, deberán cumplir con las presentes reglas administrativas, y tendrán en su caso, las siguientes obligaciones:

- Cubrir, en su caso, las cuotas establecidas en la Ley Federal de Derechos.
- Hacer uso exclusivamente de las rutas y senderos establecidos para recorrer el Parque Nacional.
- Respetar la señalización y subzonificación del Parque Nacional.
- Atender las observaciones y recomendaciones formuladas por la Dirección y la PROFEPA, relativas a asegurar la protección y conservación de los ecosistemas de este.
- Brindar el apoyo y las facilidades necesarias para que el personal de la CONANP y la PROFEPA realice labores de inspección, vigilancia, protección y control, así como a cualquier otra autoridad competente en situaciones de emergencia o contingencia.
- Hacer del conocimiento del personal de la Dirección y de la PROFEPA las irregularidades que hubieren observado, durante su estancia en el Parque Nacional.

Regla 6. La Dirección podrá solicitar a los visitantes o prestadores de servicios turísticos la información que a continuación se describe, con la finalidad de realizar



las recomendaciones necesarias en materia de residuos sólidos; prevención de incendios forestales y protección de los elementos naturales existentes en el área; así como para utilizarla en materia de protección civil y protección al turista:

- I. Descripción de las actividades a realizar
- II. Tiempo de estancia.
- III. Lugares para visitar.
- IV. Origen del visitante.

INSPECCIÓN Y VIGILANCIA

Regla 40. La inspección y vigilancia del cumplimiento de las presentes reglas administrativas corresponde a la SEMARNAT, por conducto de la PROFEPA, sin perjuicio del ejercicio de las atribuciones que corresponden a otras dependencias del Ejecutivo Federal.

Regla 41. Toda persona que tenga conocimiento de alguna infracción o ilícito que pudiera ocasionar algún daño a los ecosistemas del Parque Nacional deberá notificar a las autoridades competentes de dicha situación, por conducto de la PROFEPA o la Dirección, para que se realicen las gestiones jurídicas correspondientes. (DOF, 2013)

6.3.2 Prevención, control y combate de incendios forestales

Los incendios forestales impactan de manera negativa a un ecosistema, ya que modifican la cobertura vegetal del medio ambiente afectado, provocando y acelerando los procesos de erosión de las zonas afectadas por incendios.

Desafortunadamente la intervención humana es una de las principales causas de los incendios forestales. Es importante establecer estrategias de prevención y combate de incendios forestales y realizar inversiones de recursos económicos y de materiales para reducir al mínimo los efectos de los incendios forestales.



De acuerdo con los datos que reporta la CONAFOR en su informe de “CIERRE ESTADISTICO 2023” que comprende del 01 de enero al 31 de diciembre de 2023, en Tlaxcala se reportaron un total de 166 incendios forestales, los cuales se describen en la tabla 7.

Tabla 7. Incendios registrados en Tlaxcala durante el 2023. **Fuente:** (CONAFOR, 2023)

No. de incendios	Causa del incendio
78	Provocado intencionalmente
50	Actividades agrícolas
21	Fogatas
9	Actividades pecuarias
8	Acciones desconocidas
166	Total de incendios

De los 166 incendios registrados, afectaron un total de 1 443.5 ha, ocasionando daños principalmente a pino y bosque de pino y encino. Del total de los incendios registrados en 2023, se vio afectado en el Parque Nacional la Montaña Malinche o Matlalcuéyatl un 78.3% del total de incendios, lo que se traduce en aproximadamente 1,125.93 ha, área que se vio afectada por un total de 130 incendios registrados en la zona, que se dividen como se muestra en la tabla 8.

Tabla 8. Incendios registrados por municipio en la Parque Nacional la Montaña Malinche o Matlalcuéyatl en 2023. **Fuente:** (CONAFOR, 2023).

Pos.	Municipio	No. Incendios
1	Tetlanohcan	27
2	Chiautempan	26
3	Huamantla	22
4	Zitlaltépec	21
5	Teolocholco	21

Un dato que llama atención en el informe de la CONAFOR 2023, es que, del total de los incendios registrados en el estado de Tlaxcala, tan sólo 157 incendios se registraron en el período del 01 de enero al 25 de mayo del 2023, por lo que es



durante la primavera cuando más incendios se registran, ya que se traduce en un 94.5% de los incendios en tan sólo 5 meses.

Por lo que es de suma importancia realizar actividades y acciones para evitar estos episodios, sobre todo en el Parque Nacional la Montaña Malinche o Matlalcuéyatl.

Las acciones y actividades para evitar incendios forestales en el Parque Nacional la Montaña Malinche o Matlacuéyatl se describen en el plan de manejo en el apartado de componente de prevención, control y combate, que tiene por objetivo: “Garantizar la integridad de los ecosistemas del Parque Nacional la Montaña Malinche o Matlalcuéyatl ante las contingencias naturales y de origen antropogénico que se presentan, a través de una adecuada planeación, prevención y control”. (“Programa de Manejo: Parque Nacional La Montaña Malinche o Matlalcuéyatl,” 2013, p. 66)

Por lo que se pretende continuar con la implementación del programa de protección que incluye prevención, detención y combate, mediante actividades y acciones que a continuación se mencionan:

ACTIVIDADES

- I. Aplicar el programa de prevención contra incendios forestales
- II. Llevar a cabo un programa de detección oportuna, combate y control de incendios forestales.
- III. Evaluar daños

ACCIONES

- I. Realizar las gestiones correspondientes ante las dependencias para continuar con el programa contra incendios forestales.
- II. Celebrar reuniones con propietarios agrícolas y ganaderos de la región para elaborar un padrón y así establecer medidas de prevención adecuadas.
- III. Celebrar reuniones con las poblaciones asentadas en el Parque Nacional para informar las acciones de prevención de incendios forestales.
- IV. Impulsar el voluntariado de la región para la prevención, detección y combate de incendios forestales.
- V. Gestionar con medios de divulgación una campaña de prevención.



- VI. En puntos estratégicos, establecer y mantener la señalización sobre la prevención de incendios forestales de acuerdo con el manual de identidad de la CNANP.
- VII. Llevar a cabo acciones de prevención silvícola.
- VIII. Generar mapa de zonas de riesgo.
- IX. Fortalecer sistema de detección oportuna mediante monitoreo continuo.
- X. Conformar mínimo cinco brigadas contra incendios con capacitación y equipamiento adecuado.
- XI. Gestionar recursos financieros para sobrevolar durante la temporada de incendios forestales y contar con una detección oportuna.
- XII. Capacitar personal técnico para determinar causas y valorar daños ambientales.
- XIII. Integrar información de los elementos para iniciar procedimientos administrativos.

6.3.3 Especies invasoras y perjudiciales en el Parque Nacional la Montaña Malinche o Matlalcuéyatl

El bosque de la Malinche se ha convertido en un área sensible a múltiples cambios, esto debido al fácil acceso que se tiene al ANP, por lo que se puede ver que se han establecido especies vegetales por actividades humanas, como lo es acciones de reforestación, por lo que en la Malinche podemos observar especies como la casuarina (*Casuarina equisetifolia*), eucalipto (*Eucalyptus sp.*), cedro blanco (*Cupressus lusitánica*), entre otras especies.

También se puede observar el aumento de la fauna feral, principalmente perros, situación que constituye un riesgo para las especies nativas que se encuentran en la zona. Esta problemática es una de las principales causas de pérdida de la biodiversidad a nivel mundial. (“Programa de Manejo: Parque Nacional La Montaña Malinche o Matlalcuéyatl,” 2013, p. 67)



Al problema de las especies invasoras (fauna feral y exótica) y de los incendios forestales, se encuentra otro factor grave que afecta la estabilidad de la biodiversidad en el Parque Nacional la Montaña Malinche, y es la presencia de descortezadores.

Si bien la presencia de descortezadores en los bosques mexicanos es común ya que son necesarios para mantener un equilibrio en los ecosistemas forestales, se vuelven un grave problema cuando comienzan a reproducirse de manera descontrolada y mucho más cuando no encuentran suficientes depredadores naturales. A esto se le suma el cambio climático, que es uno de los factores que alteran el comportamiento de los descortezadores.

A pesar de que no se cuentan con datos exactos, desde el año 2010 se tiene registro de gusano descortezador en el Parque Nacional la Montaña Malinche o Matlalcuéyatl principalmente del género *Dendroctonus mexicanus*. A partir del 2015, comenzó un aumento en la población de descortezadores, pero fue hasta aproximadamente en el primer semestre del 2020 que el problema se agravó por la rápida reproducción del insecto, provocando un grave problema ambiental.

De acuerdo con el artículo “Distribución actual y potencial de *Dendroctonus mexicanus*”, el Parque Nacional la Montaña Malinche o Matlalcuéyatl, se encuentra en una zona alta de idoneidad actual para la reproducción del *Dendroctonus mexicanus*, debido al cambio climático. De acuerdo con el estudio, el *Dendroctonus mexicanus* se distribuye en intervalos de temperatura que van desde los 11.7 °C hasta los 21.1 °C y la idoneidad ocurre donde hay mayor diversidad de especies forestales y condiciones climáticas similares entre hospedadores y hospedantes. (Encina et al., 2020)

El estudio también demostró que el *Dendroctonus mexicanus* podría desplazarse entre 15 y 45 Km hacia el norte y este, respecto a su distribución actual; ya que es posible que el aumento de temperatura estimado entre 1.6 °C y 2.0 °C estimado para el 2050, en la temperatura media del ¼ anual más cálido, sea el responsable de este movimiento. (Encina et al., 2020).



Por lo concluyeron la temperatura más cálida dentro de los meses con poca precipitación es el momento adecuado para la reproducción del *Dendroctonus mexicanus*. Ya que una sequía prolongada, genera un debilitamiento en las especies arboladas, provocando un cambio en la composición química de la resina, ya que se incrementa el contenido de azúcar y disminuye el contenido de almidón, favoreciendo el crecimiento de larvas de *Dendroctonus mexicanus*. (Sánchez Salas et al., 2007)

6.4 Biología y hábitos del descortezador *Dendroctonus mexicanus*

El género de los *Dendroctonus*, cuentan con la capacidad de atacar árboles vivos. Al introducirse por debajo de la corteza del árbol hospedero, comienzan a cavar zanjas, el árbol como mecanismo de defensa comienza a generar resina para erradicar al descortezador. El problema es cuando una gran cantidad de descortezadores infestan a un sólo árbol, este comienza a desprender resina en grandes cantidades lo que ocasiona que comience a secarse y por ende muere aproximadamente un mes después de ser infectado.

Una especie adulta de *Dendroctonus Mexicanus* mide de 2.3 a 4.5 mm de longitud, es de color negro brillante, presenta de 4 a 5 generaciones al año, dependiendo de la altitud del sitio. (Sánchez Salas et al., 2007)



Imagen 1. Adulto de *Dendroctonus mexicanus*. **Fuente:** (Sánchez Salas et al., 2007).



El ciclo de vida del *Dendroctonus mexicanus* es de aproximadamente 90 días. Y se describe en la tabla 9.

Tabla 9. Ciclo de vida del Dendroctonus Mexicanus. **Fuente:** (Sánchez Salas et al., 2007)

Estado de desarrollo	No. de días que se encuentra en el estado de desarrollo
Huevo	6
Larva	47
Pupa	23
Adulto	15
Total de días	91

Una de las maneras más efectivas de combatir a los descortezadores, es utilizando trampas con feromonas, de acuerdo con un estudio realizado por el INIFAP en 2007, los mejores tratamientos con feromonas son los siguientes:

- I. Frontalina + alfa pineno: Captura en promedio 43.90 insectos
- II. Frontalina: Captura en promedio 30.98 insectos
- III. Frontalina + brevicomina: Captura 21.98 insectos

El problema de los descortezadores en México es muy común, por lo que al tratarse de una plaga en un ANP como lo es en el Parque Nacional la Montaña Malinche, se debe actuar bajo la legislación oficial, por lo tanto, se debe actuar conforme a la NOM-019-SEMARNAT-2017. Que establece los lineamientos para la prevención, combate y control de insectos descortezadores.

6.5 Problema actual en el Parque Nacional la Montaña Malinche o Matlalcuéyatl

El problema actual que se vive en la malinche es grave, actualmente los pobladores de comunidades cercanas comienzan a sufrir los estragos, y la tala clandestina vuelve cada vez más complicado generar estrategias para recuperar el ecosistema



afectado, y si no se actúa de inmediato el suelo sufrirá graves consecuencias como es un proceso acelerado de erosión, entre muchas otras.

Durante el proceso de recorridos para realizar la presente tesis, se pudo observar el problema. A continuación, se muestran algunas imágenes que evidencian el problema.



Imagen 2. Manchas de zonas afectadas por la plaga de *Dendroctonus mexicanus*.
Fuente: Propia



Imagen 3. Especie recién infectada por *Dendroctonus mexicanus*. Se destaca la mancha negra en arboles infectados, aproximadamente a 1.5 metros del suelo. **Fuente:** Propia





Imagen 4. *Pinus montezumae* después de 9 meses de ser infectadas. **Fuente:** Propia



Imagen 5. Comparación de una misma zona, fotografía 1, tomada el 27-08-2022 y fotografía 2, tomada el 23-05-2023. **Fuente:** Propia.



6.6 Marco jurídico aplicable en el Parque Nacional la Montaña Malinche o Matlalcuéyatl

- Art. 2º. Fracc. VI del Reglamento de la Ley General de Vida Silvestre:

Colecta científica. La captura, remoción o extracción temporal o definitiva de material biológico del medio silvestre, con propósitos no comerciales, para la obtención de información científica, la integración de inventarios o el incremento de los acervos de las colecciones científicas o museográficas. Esta actividad no incluye el acceso a recursos genéticos que se realiza con fines de utilización en biotecnología y bioprospección. (DOF, 2014)

- Art. 2º. Fracc. VIII del Reglamento de la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable:

Colecta científica. Obtención o remoción de Recursos biológicos forestales para la generación de información científica básica y para la investigación biotecnológica sin fines comerciales. (DOF, 2020)

- Art. 3º. Fracc. XIV de la Ley General de Vida Silvestre:

Ejemplares o poblaciones exóticas: Aquellos que se encuentran fuera de su ámbito de distribución natural, lo que incluye a los híbridos y modificados. (DOF, 2021)

- Art. 3º. Fracc. XVIII de la Ley General de Vida silvestre:

Especie exótica invasora: Es aquella especie o población que no es nativa, que se encuentra fuera de su ámbito de distribución natural, que es capaz de sobrevivir, reproducirse y establecerse en hábitat y ecosistemas naturales y que amenaza la diversidad biológica nativa, la economía o la salud pública

- NOM-019-SEMARNAT-2017. Que establece los lineamientos para la prevención, combate y control de insectos descortezadores.



6.7 Suelo

La palabra suelo ha cambiado de significado con el paso de la historia y han salido múltiples definiciones a lo largo de todo este tiempo, sin embargo, todos los autores hacen énfasis en un hecho fundamental que sustenta la razón de la ciencia del suelo, y es: “El suelo no es más que simplemente el material producido por la meteorización que se ha acumulado en la superficie terrestre, es decir, el suelo no es producto de la meteorización” (Jaramillo, 2002). Se llega a esa conclusión, ya que, hoy en día, se cuenta con el conocimiento de que el suelo es el resultado de la interacción de al menos cinco factores, que son:

- I. Clima
- II. Roca madre
- III. Tiempo
- IV. Relieve
- V. Seres vivos

Estos factores (algunos otros) forman el suelo.

6.7.1 Propiedades físicas, químicas y biológicas

Las propiedades físicas del suelo conforman un sistema heterogéneo, polifásico, particulado, disperso y poroso que se componen de tres fases:

- 1.- Fase sólida: Se compone por partículas inorgánicas y orgánicas.
- 2.- Fase líquida: Se compone de agua y solutos que se encuentran disueltos, por lo que es una “solución del suelo”.
- 3.- Fase gaseosa: Denominada “atmósfera del suelo”, se forma por todos los compuestos que se encuentran más abundantes en condiciones de aireación adecuada del suelo y son: CO₂, O₂ y vapor de agua.

Es importante la interacción de las tres fases (sólida, líquida y gaseosa) porque de dicha interacción se define la actividad física de los suelos, ya que al entender dichas relaciones entre las fases se puede hacer un uso y manejo racional del agua,



por consiguiente, de la aireación y del espacio para las raíces, evitando problemas de compactación y erosión, que nos da como resultado evitar la degradación física del suelo.

Las propiedades químicas de los suelos estudian la composición, propiedades y reacciones de los suelos. En el estudio de la química de los suelos se trata de explicar problemas relacionados con la dinámica de los nutrientes vegetales y con la fertilidad del suelo.

Las propiedades biológicas tratan aspectos de la relación que existe entre la parte biótica con la parte orgánica del suelo, y los efectos que surten en la productividad de estos. Dicha interacción tiene como fin lograr manejar los efectos de manera positiva, llevando a cabo prácticas que mantengan en un nivel adecuado la materia orgánica de los suelos. Ya que los organismos vivos en el suelo mejoran la entrada y almacenamiento de agua, mejoran la resistencia a la erosión, la nutrición de las plantas, así como la descomposición de la materia orgánica (Jaramillo, 2002).

6.7.2 Importancia del suelo en las ANP

La actividad humana diaria ha alterado los ciclos biogeoquímicos de los suelos, ya que la industrialización masiva de la ganadería y las prácticas inadecuadas de la explotación ganadera y recursos forestales, han provocado un ritmo alto de degradación de los suelos y se ve amenazada la capacidad de este recurso para satisfacer las necesidades de generaciones futuras. Ya que la salud del suelo es muy importante para poder producir alimentos, porque como se sabe, el suelo es un recurso natural no renovable y cuyo proceso de formación toma cientos años.

Hoy en día se cuentan con cifras alarmantes. Según datos del INEGI del 2015 en territorio nacional sólo el 26 % tiene suelos donde no existe degradación aparente, ya que se realizan actividades productivas sustentables.

Por lo que el suelo en las ANP es de suma importancia, ya que, en ese recurso natural no renovable, recae la importante tarea de mantener una estabilidad para



lograr una estabilidad del ecosistema y el ANP cumpla con su función para la cual es destinada, es decir la conservación de la biodiversidad.

6.7.3 Funciones de los suelos en general y en las ANP

En general la función que cumplen los suelos es la de amortiguamiento para el correcto desarrollo de la biodiversidad. Mientras que en las ANP los suelos son pieza fundamental para el equilibrio de los ecosistemas ya que los suelos funcionan como filtro y un amortiguador que retiene los nutrientes para el correcto desarrollo de las especies vegetales, también protege las aguas subterráneas y superficiales, transforma los compuestos orgánicos hasta lograr su mineralización y proporciona materias primas de utilidad para el ser humano.



A close-up photograph of a petri dish containing a bacterial culture. The surface is covered with a dense, textured layer of small, light-colored colonies. A large, bold, orange number '7' is superimposed over the center of the dish. The word 'METODOLOGÍA' is written in white, bold, uppercase letters across the middle of the number '7'.

7 METODOLOGÍA

7. METODOLOGÍA

El desarrollo de la presente tesis se realizó en tres etapas que se describen a continuación:

ETAPA 1: Se realizó una investigación literaria, así como una recopilación de información del ANP de: asentamientos poblacionales; curvas de nivel y edafología; división política; precipitación media anual; régimen de humedad del suelo; temperatura media anual; uso del suelo y vegetación; zonas y límites territoriales. El análisis de la recopilación de información se realizó mediante el análisis de datos vectoriales elaborados con información del INEGI, así como de datos vectoriales de CONABIO, ambas en escala 1:250 000. El tratamiento de las cartas y archivos (*.shp) se realizaron con el programa de código abierto QGis V. 3.26.2 para elaborar cartografía propia de la zona de estudio, de esta manera llevar a cabo una interpretación que dió paso a elegir la zona de estudio.

ETAPA DOS: Después de determinar la zona de estudio, se eligieron puntos al azar para la toma de muestras en zonas conservadas del ANP y en zonas afectadas por *dendroctonus mexicanus* del ANP, en dónde se establecieron tres profundidades de muestreo. Profundidad 1: 0 – 7 cm de profundidad; Profundidad 2: 7 – 14 cm de profundidad y Profundidad 3: 14 – 20 cm de profundidad.

ETAPA TRES: Después de realizar muestreo en la zona de estudio establecida, en puntos al azar de zona conservada y afectada del ANP, se procedió a la etapa de laboratorio en donde se llevaron a cabo determinaciones de propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo.

Descripción del sitio de estudio

La ubicación de los puntos de muestreo se encuentra dentro de dos subzonas como se puede observar en el “mapa de zonas y límites” que se encuentra en el anexo III:

Subzona de uso tradicional Puebla – Tlaxcala

Subzona de uso tradicional Trinidad Sánchez Santos – Huamantla, Tetlanohcan – Teolochocho – San Pablo – Mocoloacarreta – Curato



7.1 Muestreo de suelos

Los puntos de muestreo se marcaron con la aplicación UTM Geo Map V. 4.1.6 , se generó un archivo (.KML) que posteriormente se le dió tratamiento con el programa QGis V. 3.26.2 para marcar los puntos en donde se realizaron dos tomas, la toma 1 que se llevó a cabo en zona baja (aproximadamente a 2400 msnm) y zona alta (más de 2800 msnm), ambas con un tipo de suelo donde se encuentra vegetación conservada y vegetación afectada por *dendroctonus mexicanus*, en la que se obtuvo muestra de tres profundidades diferentes: Profundidad 1: 0 – 7 cm de profundidad; Profundidad 2: 7 – 14 cm de profundidad y Profundidad 3: 14 – 20 cm de profundidad, la profundidad se determinó con base en lo señalado por la NOM-021-RECNAT-2000. Después se realizó una toma 2 con las mismas características, pero en diferentes lugares. Las ubicaciones de dichos puntos de muestreo se tomaron en coordenadas UTM, las cuales se muestran en la tabla 10 con datos obtenidos de la aplicación UTM Geo Map V. 4.1.6.

Tabla 10. Ubicaciones de puntos de muestreo. **Fuente:** Elaboración propia

No. de toma	Zona	Tipo	Coordenadas UTM	
			X	Y
1	ALTA	CONSERVADA	593878.817	2126265.209
1	ALTA	AFECTADA	591930.757	2128079.921
1	BAJA	CONSERVADA	588560.632	2127088.555
1	BAJA	AFECTADA	587973.937	2127313.843
2	ALTA	CONSERVADA	595150.63	2128416.68
2	ALTA	AFECTADA	597555.11	2130226.47
2	BAJA	CONSERVADA	588543.43	2128128.94
2	BAJA	AFECTADA	588602.87	2128312.22





Imagen 6. Lugar donde se tomó la primera muestra en zona alta en área boscosa conservada **Fuente:** Propia



Imagen 7. Lugar donde se tomó la primera muestra en zona baja en área boscosa afectada **Fuente:** Propia

7.2 Pruebas de campo

Las pruebas que se realizaron en campo son: prueba de infiltración; prueba de humedad en campo; densidad aparente en campo; pH en campo; temperatura en campo. Pruebas que se describen en el apartado 6 de la NOM-021-RECNAT-2000.





Imagen 8. Toma de muestra y prueba de infiltración en campo, de zona conservada alta
Fuente: Propia



Imagen 9. Toma de muestra y prueba de infiltración en campo, de zona afectada baja
Fuente: Propia



7.3 Propiedades físicas del suelo

7.3.1 Porcentaje de saturación y pasta saturada

El porcentaje de saturación es la cantidad de agua que un suelo retiene hasta llegar a su punto de saturación e indica los gramos de agua que existen en el suelo por cada 100 gr de suelo. Esta propiedad se determinó en laboratorio por método gravimétrico, mediante el método AS – 17 de la NOM-021-RECNAT-2000, Que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos. Estudio, muestreo y análisis.



Imagen 10. Pasta saturada de diferentes muestras. **Fuente:** Propia

7.3.2 Densidad aparente

La densidad de un material u objeto se define por la relación entre la masa y su volumen, en la que se toman únicamente en cuenta las partículas sólidas, pero al hablar del suelo estamos hablando que es material poroso por lo que se debe tomar en cuenta su organización de poros, por lo que la densidad aparente del suelo es la *masa de poros organizados/volumen*. El método utilizado fue el del cilindro biselado, sólo que adaptado al laboratorio con una probeta de 10 mL y balanza analítica. Este lo describe Daniel F. Jaramillo en su libro “Introducción a la ciencia del suelo”.

7.3.3 Densidad real

La densidad real en laboratorio se determinó mediante el método de AS-04 de la NOM-021-RECNAT-2000, Que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos. Estudios, muestreo y análisis. Dicha determinación se realizó mediante el método del picnómetro.





Imagen 11. Pícnometro con muestra y agua. **Fuente:** Propia

7.3.4 Humedad por gravimetría

Se determinó mediante el método AS-05 de la NOM-021-RECNAT-2000, Que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos. Estudio, muestreo y análisis. Dicho método se basa en determinar la cantidad de agua en gr que contine una muestra de suelo. Y se determina por diferencia de peso entre la masa del suelo con humedad (tal cual se tomó la muestra) y la masa del suelo seco (muestra después de someterse a la estufa a 105 °C).



Imagen 12. Secado de muestras en estufa a 105 °C. **Fuente:** Propia



7.3.5 Determinación de color en seco

La determinación de color en seco se realizó mediante tablas de Munsell como lo marca el método AS-22 de la NOM-021-RECNAT-2000, Que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos. Estudio, muestreo y análisis. La determinación en igualar los colores observados del suelo con los de las tablas, en donde se manejan los siguientes parámetros: Matiz (Hue), brillo (Value) e intensidad (Chroma).

7.3.6 Determinación de color en húmedo

La determinación de color en húmedo se realizó mediante tablas de Munsell como lo marca el método AS-22 de la NOM-021-RECNAT-2000, Que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos. Estudio, muestreo y análisis. La determinación en igualar los colores observados del suelo con los de las tablas, en donde se manejan los siguientes parámetros: Matiz (Hue), brillo (Value) e intensidad (Chroma).

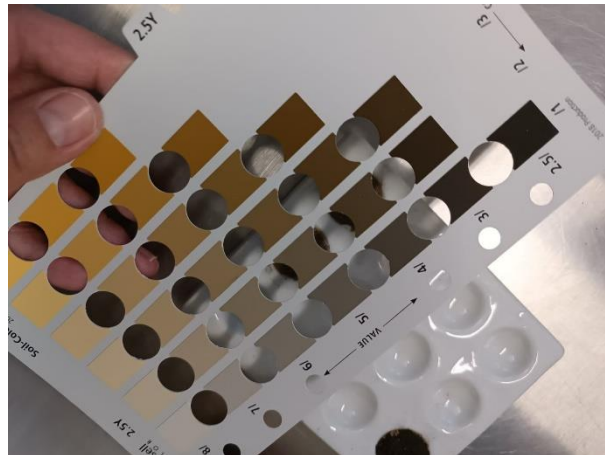


Imagen 13. Comparación de muestras de suelo en húmedo con tablas de Munsell. **Fuente:** Propia

7.3.7 Coeficiente de extensibilidad lineal (COLE)

El COLE es la capacidad que tiene un suelo expandirse y contraerse, así como la mineralogía que contiene. El método utilizado fue el 3D4 de Soil Survey Laboratory Methods Manual, Report No.42, Versión 4.0. La determinación de COLE se realizó en laboratorio.





Imagen 14. Determinación de COLE en muestra de la primera toma, en zona conservada, a profundidad 3 (14 – 20 cm). **Fuente:** Propia

7.3.8 Textura del suelo

La determinación de textura del suelo se realizó en laboratorio mediante el procedimiento de Bouyoucos, por el método AS-09 de la NOM-021-RECNAT-2000, Que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos. Estudio, muestreo y análisis. Después de realizar la determinación en laboratorio, los resultados se leen en el triángulo de texturas, para finalmente obtener la textura de la muestra.

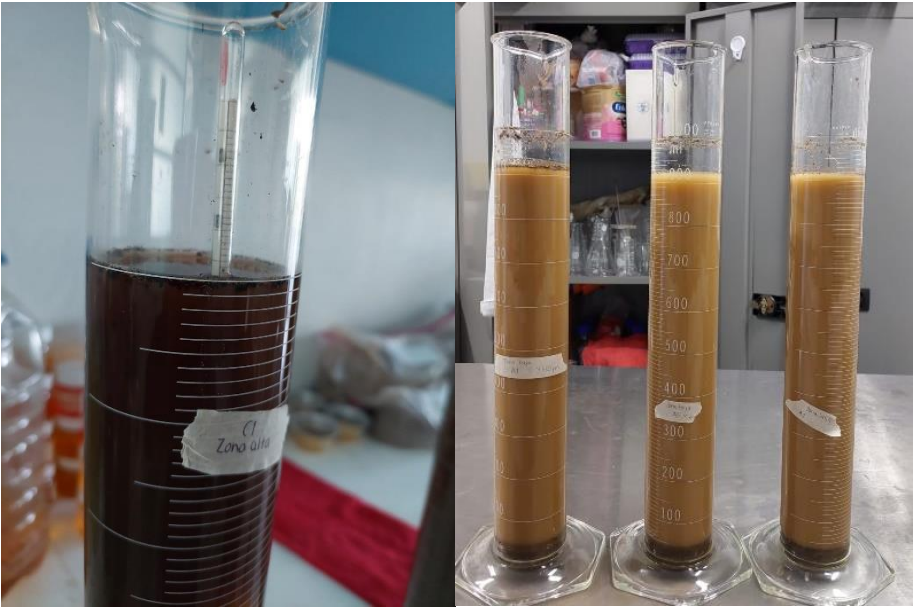


Imagen 15. Determinación de textura en laboratorio. **Fuente:** Propia



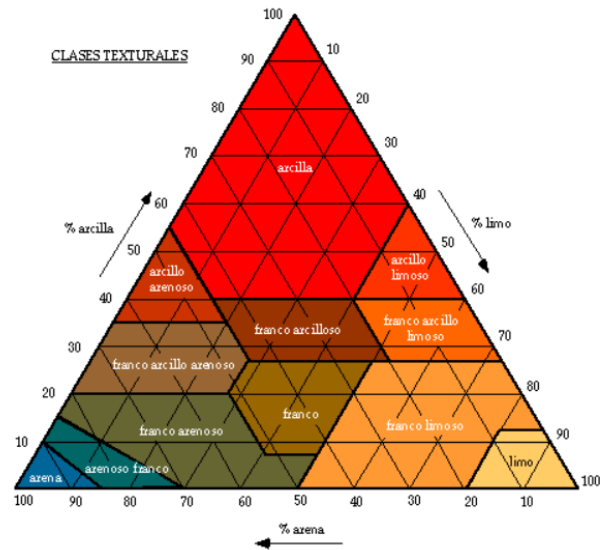


Imagen 16. Triángulo textural. **Fuente:** Tomado de Edafología.net

7.4 Propiedades químicas del suelo

7.4.1 Preparación de extracto de saturación

La obtención del extracto de saturación se realizó en laboratorio mediante el método AS-16 de la NOM-021-RECNAT-2000, Que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos. Estudios, muestreo y análisis. El extracto se obtiene mediante filtración por vacío de pasta satura de suelo (7.4.2).



Imagen 17. Extractos de saturación de las diferentes muestras de la primera toma. **Fuente:** Propia



7.4.2 pH en extracto de saturación

La determinación de pH se llevó a cabo en laboratorio mediante el método AS-02 de la NOM-021-RECNAT-2000, Que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos. Estudio, muestreo y análisis. Las mediciones se realizaron mediante un método electrométrico como lo marca el método, se utilizó el equipo marca HANNA, modelo HI 4222.

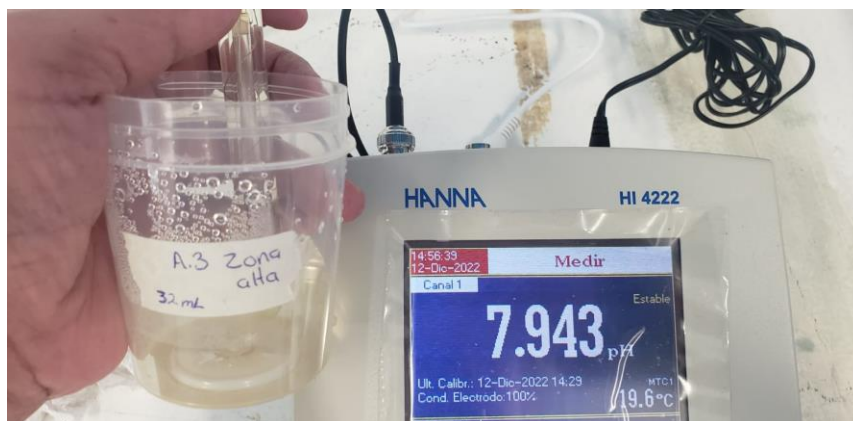


Imagen 18. Medición de pH en extractos de saturación de primera toma en zona alta, en un área afectada, muestra de profundidad 3 (14 – 20 cm). **Fuente:** Propia

7.4.3 Conductividad Eléctrica (CE) en extracto de saturación

La medición de CE en el extracto de saturación se realizó en laboratorio con el método AS-18 de la NOM-021-RECNAT-2000, Que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos. Estudio, muestreo y análisis. Para la medición se utilizó un conductímetro marca CONDUCTRONIC modelo PC18.



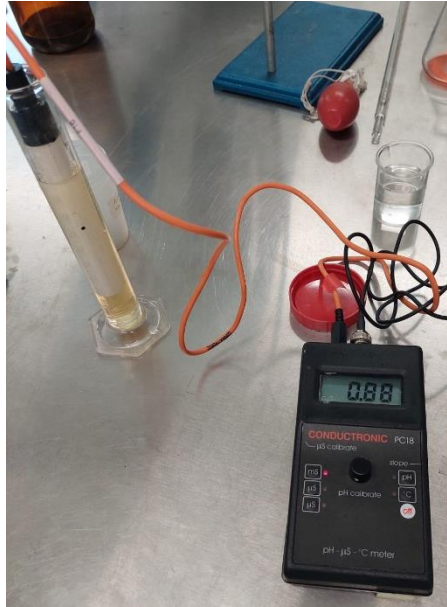


Imagen 19. Medición de CE en extractos de saturación dentro de una probeta, en el laboratorio. **Fuente:** Propia.

7.4.4 Carbonatos

La determinación de carbonatos se realizó en laboratorio mediante el método AS-29 de la NOM-021-RECNAT-2000, Que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos. Estudio, muestreo y análisis. Los carbonatos se encuentran de manera natural en los suelos, principalmente se encuentran como carbonato de calcio CaCO_3 y para su determinación se realiza mediante el método de neutralización ácida, como lo marca la norma.



Imagen 20. Preparación de la muestra para determinación de calcio. **Fuente:** Propia



7.4.5 Bicarbonatos

Los bicarbonatos se realizan mediante la determinación de aniones solubles en el extracto de saturación, de acuerdo con el método AS-20 de la NOM-021-RECNAT-2000, Que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos. Estudios, muestreo y análisis. Esta determinación se realizó en laboratorio.



Imagen 21. Determinación de bicarbonatos. **Fuente:** Propia

7.4.6 Cloruros

La determinación de cloruros se realizó en laboratorio mediante el de determinación de aniones solubles en el extracto de saturación, de acuerdo con el método AS-20 de la NOM-021-RECNAT-2000, Que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos. Estudio, muestreo y análisis.

7.4.7 Calcio

La determinación de calcio en el extracto de saturación se determinó en laboratorio de acuerdo con el método 4B1a1b1-4 de Soil Survey Laboratory Methods Manual, Report No.42, Versión 4.0



Imagen 22. Determinación de calcio de las muestras de la segunda toma. **Fuente:** Propia

7.4.8 Magnesio

La determinación de magnesio en el extracto de saturación se determinó en laboratorio de acuerdo con el método 4B1a1b1-4 de Soil Survey Laboratory Methods Manual, Report No.42, Versión 4.0. Este método se realiza a partir de la muestra que se obtiene al terminar la determinación de calcio.

7.4.9 Acidez extraíble

La determinación en laboratorio de acidez extraíble se realizó de acuerdo con el método AS-32 de la NOM-021-RECNAT-2000, Que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos. Estudio, muestreo y análisis. La determinación se hizo según el procedimiento de cloruro de bario-trietanolamina.



Imagen 23. Determinación de acidez extraíble. **Fuente:** Propia

7.4.10 Capacidad de intercambio catiónico

La determinación en laboratorio de intercambio catiónico se realizó de acuerdo con el método 4B1b1a1a de Soil Survey Laboratory Methods Manual, Report No.42, Versión 4.0





Imagen 24. Determinación de capacidad de intercambio catiónico. **Fuente:** Propia

7.5 Propiedades biológicas del suelo

7.5.1 Carbono orgánico

La determinación de carbono orgánico del suelo en el laboratorio se realizó mediante el método AS-07 de la NOM-021-RECNAT-2000, Que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos. Estudios, muestreo y análisis. El método utilizado fue el de Walkley y Black

7.5.2 Materia orgánica

La determinación de materia orgánica del suelo en el laboratorio se realizó mediante el método AS-07 de la NOM-021-RECNAT-2000, Que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos. Estudios, muestreo y análisis. El método utilizado fue el de Walkley y Black, Las determinaciones de materia y carbono orgánicos, se realizan juntas, ya que una depende de la otra.





Imagen 25. Muestras de determinación de materia y carbono orgánicos. **Fuente:** Propia

7.5.3 Nitrógeno total

La determinación de nitrógeno total se realizó mediante el método AS-08 de la NOM-021-RECNAT-2000, Que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos. Estudio, muestreo y análisis. Por medio del procedimiento micro-Kjeldahl

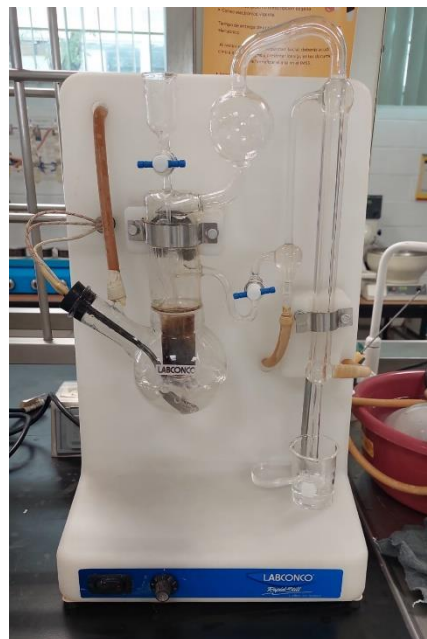


Imagen 26. Determinación de nitrógeno total por método micro Kjeldahl. **Fuente:** Propia



A microscopic image of plant tissue, likely a cross-section of a stem or root, showing various cellular structures. A large, dark green, semi-transparent number '0' is overlaid in the center. The text 'RESULTADOS Y DISCUSIÓN' is written in white, bold, uppercase letters across the middle of the image, partially overlapping the number '0'.

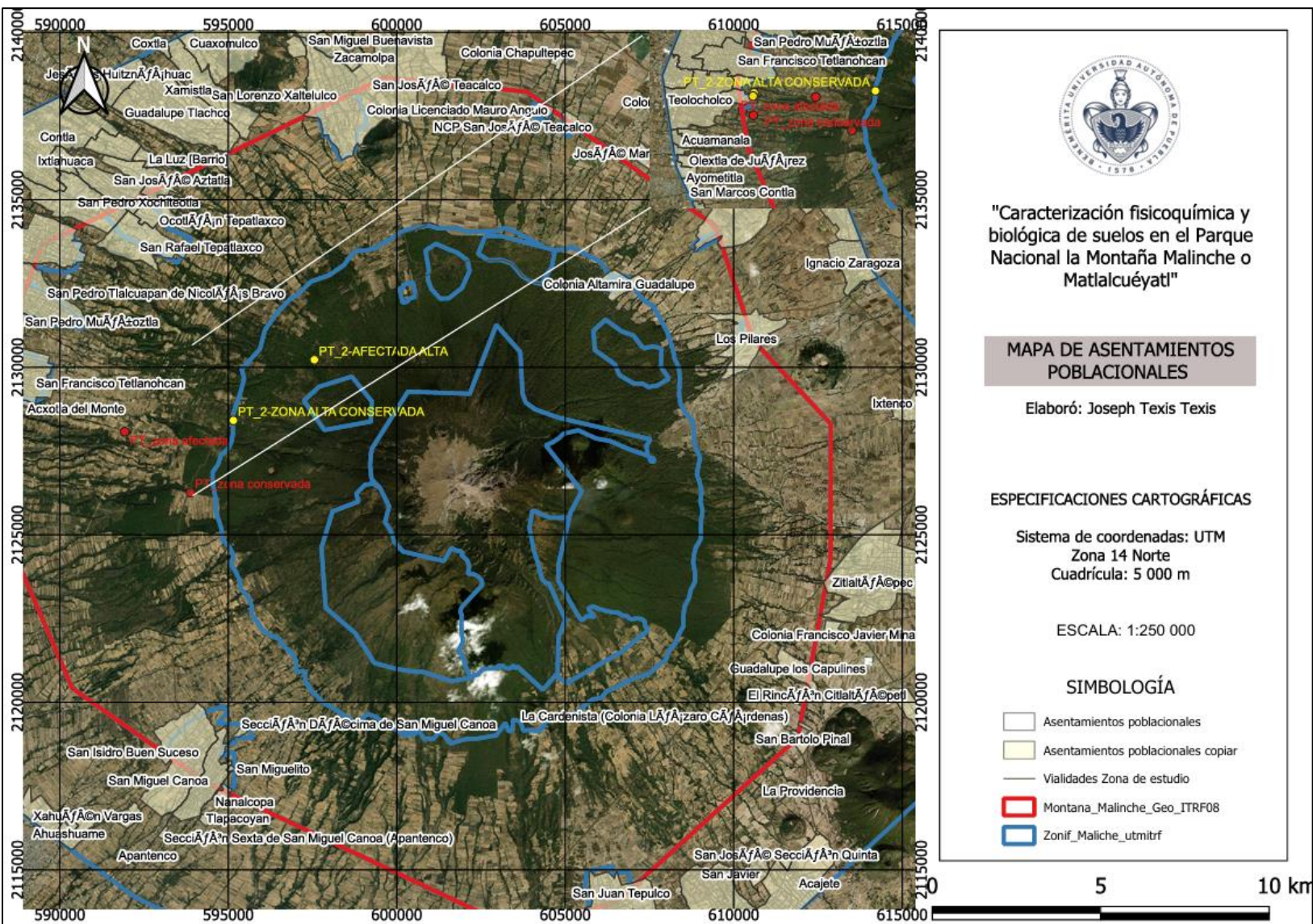
0 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

8. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

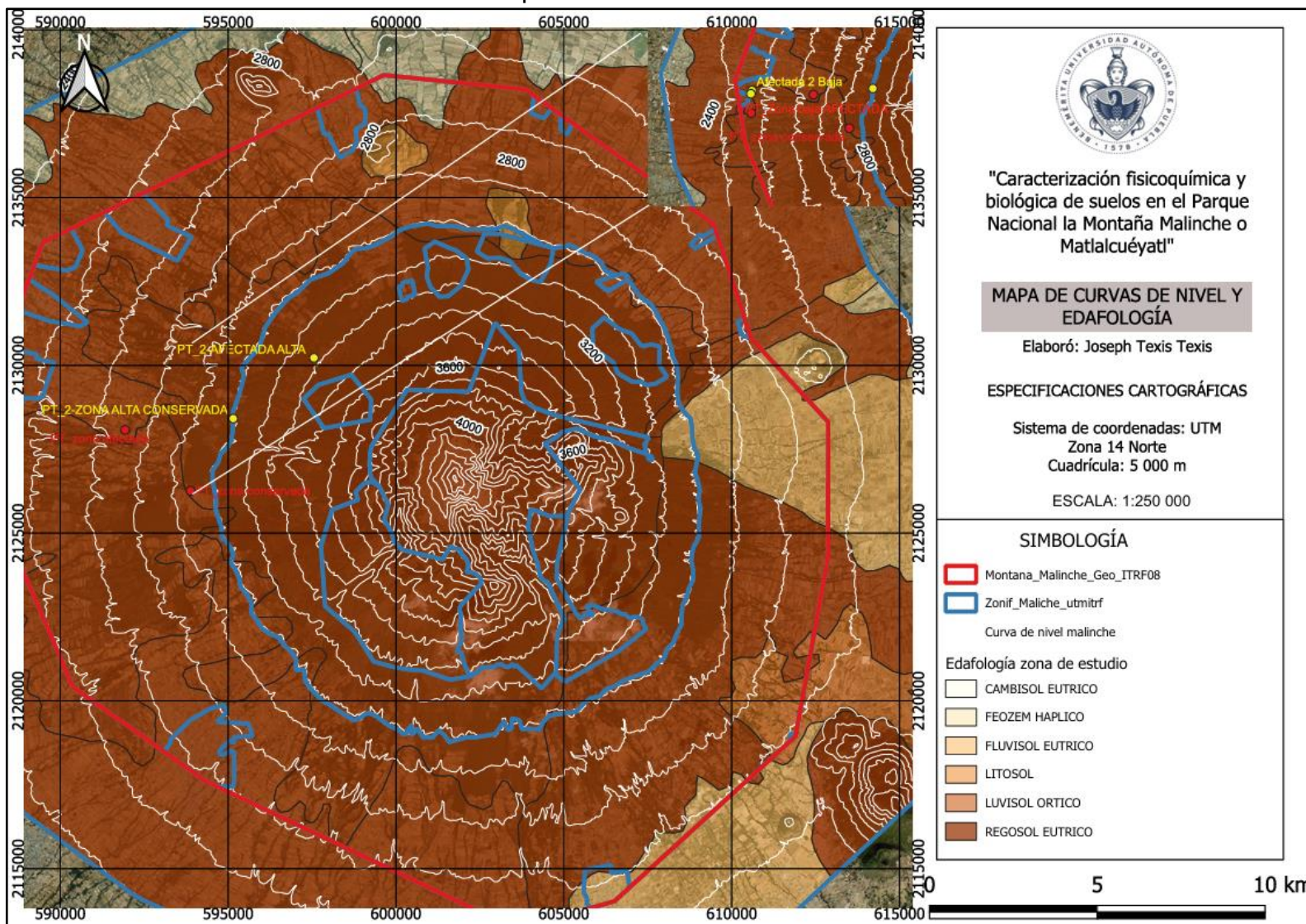
La descripción de la zona de estudio se realizó con la cartografía obtenida después de identificar y ubicar puntos de muestreo en zona alta y baja del Parque Nacional la Montaña Malinche.

8.1 Cartografía de la zona de estudio

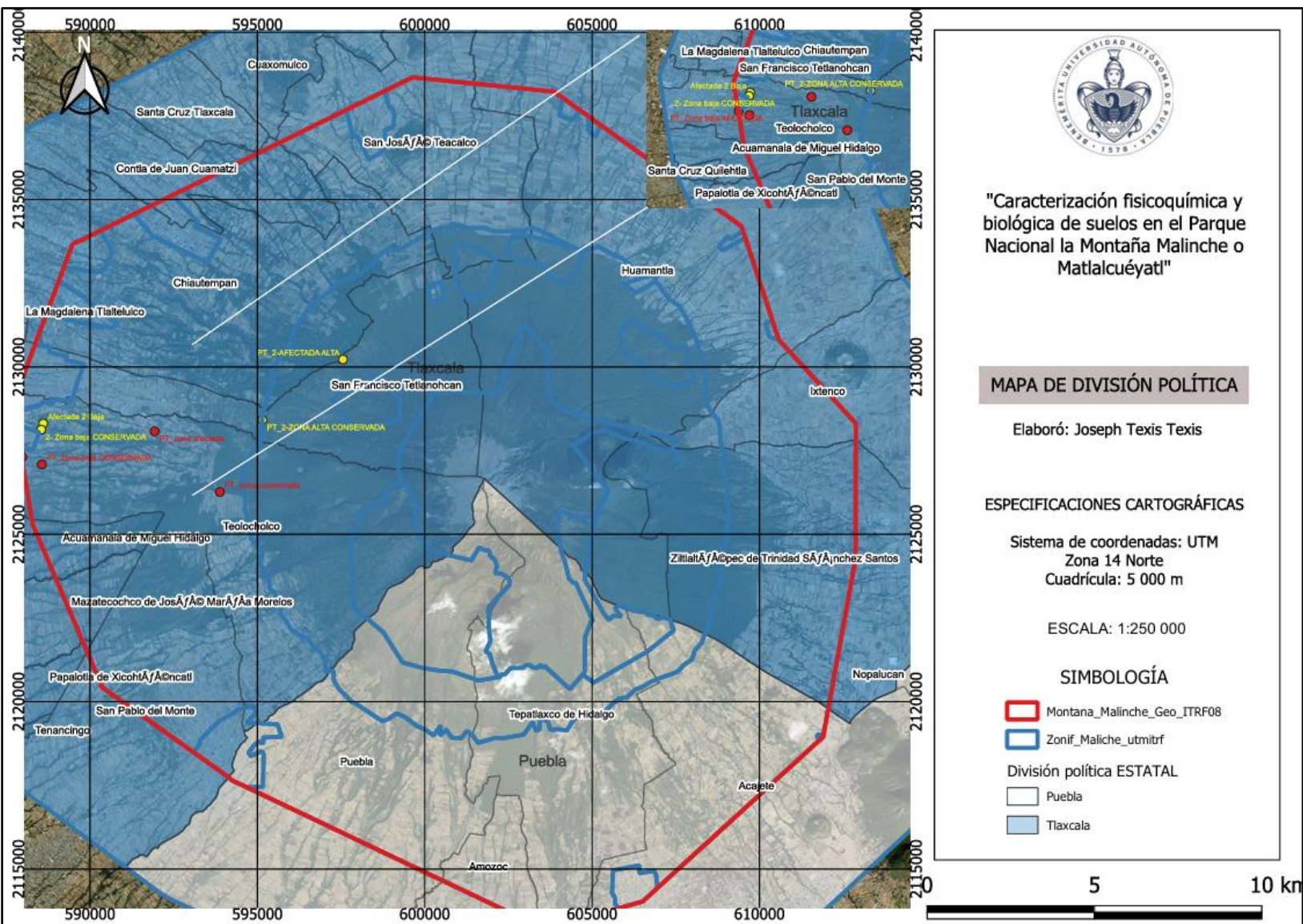
- I- **Mapa de asentamientos poblacionales:** En él se puede observar que los puntos de muestreo no corresponden a ninguna ubicación de ningún asentamiento poblacional, por lo que se descarta tránsito continuo en los puntos de muestreo.



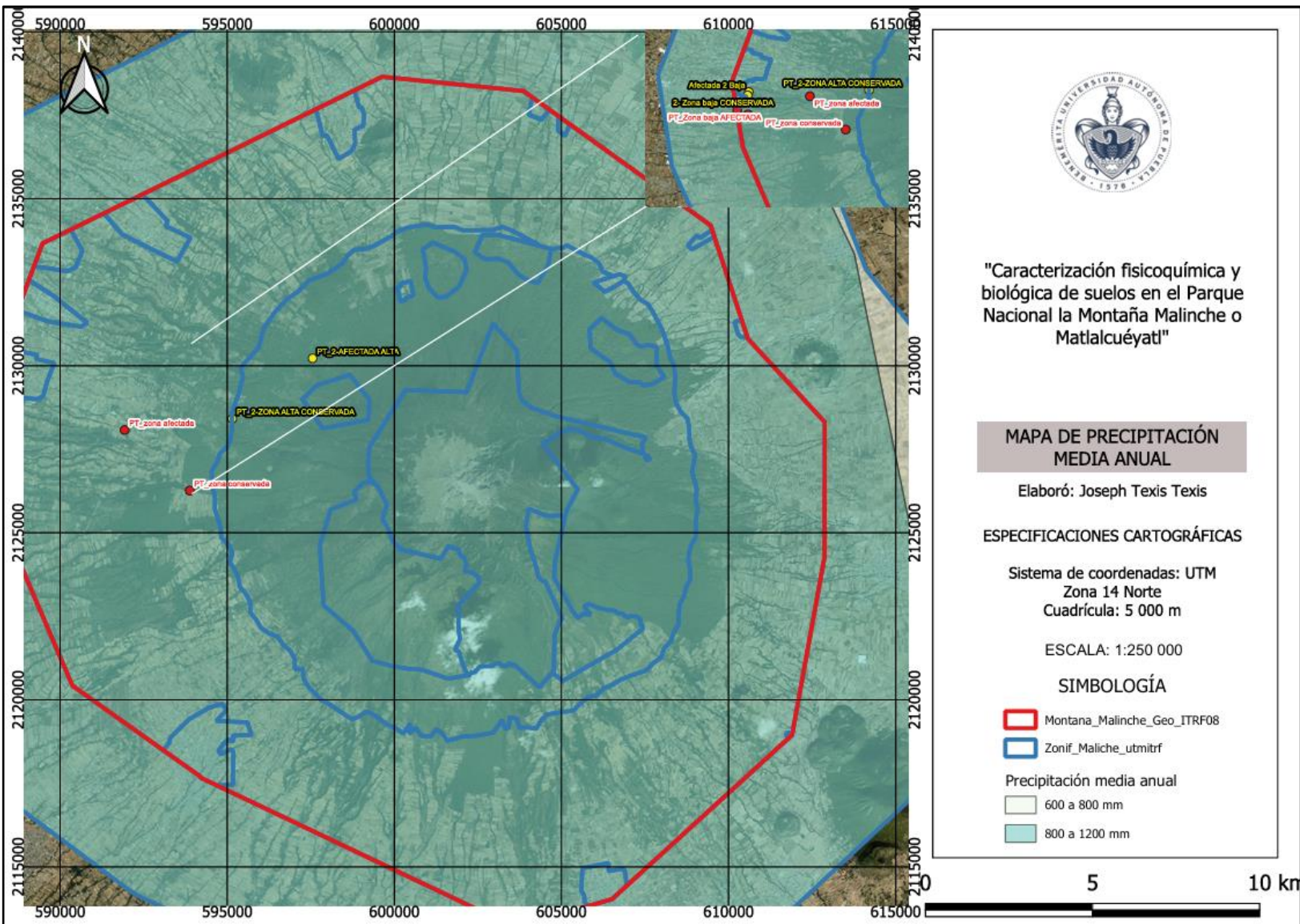
II- **Mapa de curvas de nivel y edafología:** En el mapa se puede observar que el rango de altura en la que se encuentran los puntos de muestreo va desde los 2400 – 3200 msnm y el suelo en todos los puntos de muestreo se clasifica como REGOSOL ÉUTRICO que de acuerdo con la clasificación de suelos FAO – UNESCO 1970 modificado (clasificación que utiliza INEGI para realizar sus shp), los regosoles eútricos se encuentran distribuidos en sierras, lomeríos y mesetas, así como en llanuras. Son de color blanquecino o amarillento, poco profundos. Una de sus características, es que posee bajo contenido en nutrientes, así como de materia orgánica. Cuentan con una fertilidad de baja a moderada. También son susceptibles a la erosión natural.



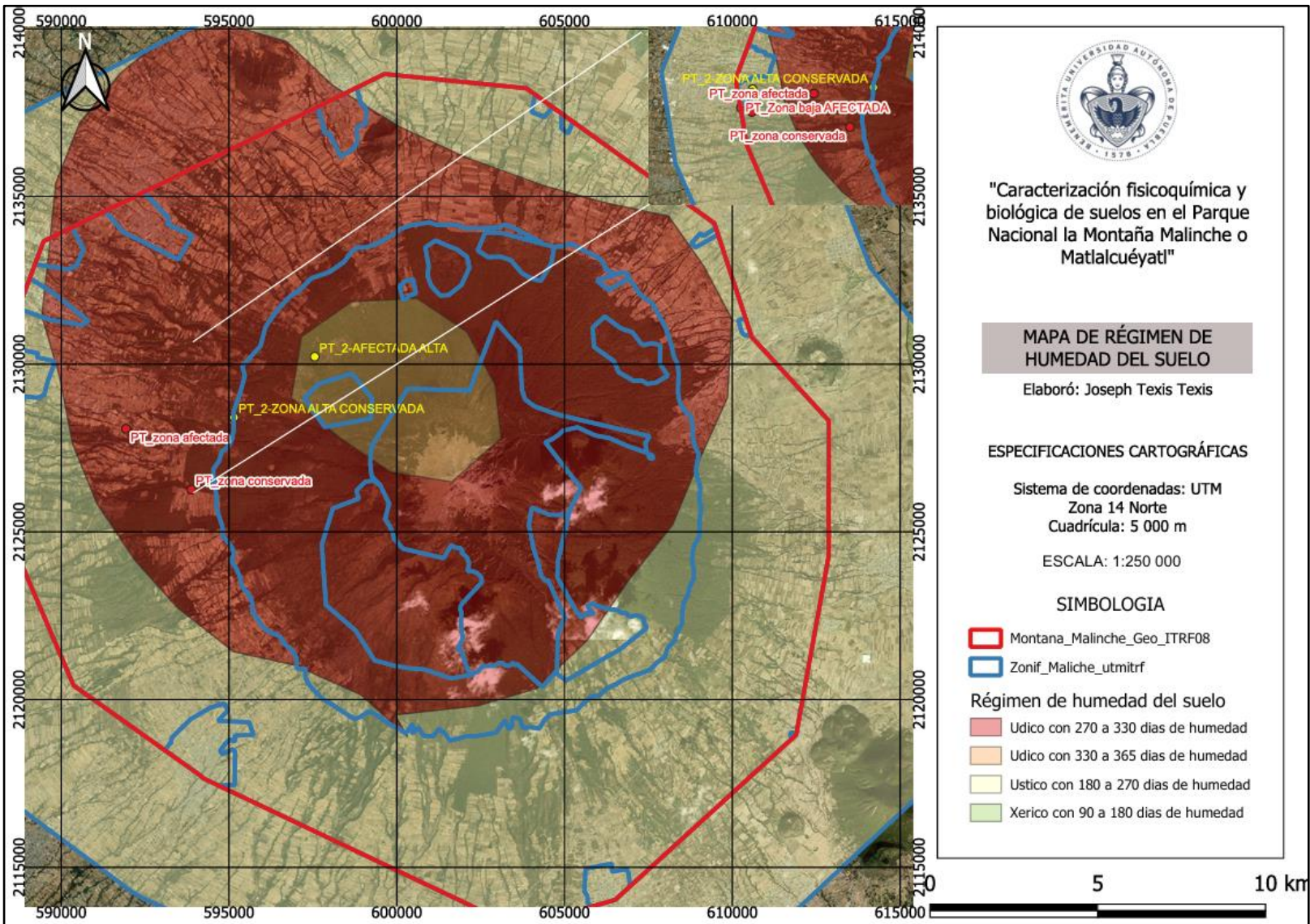
III- **Mapa de división política:** En el mapa se puede observar que todos los puntos de muestreo se encuentran en el estado de Tlaxcala, en los municipios de Teolochoico y Tetlanohcan.



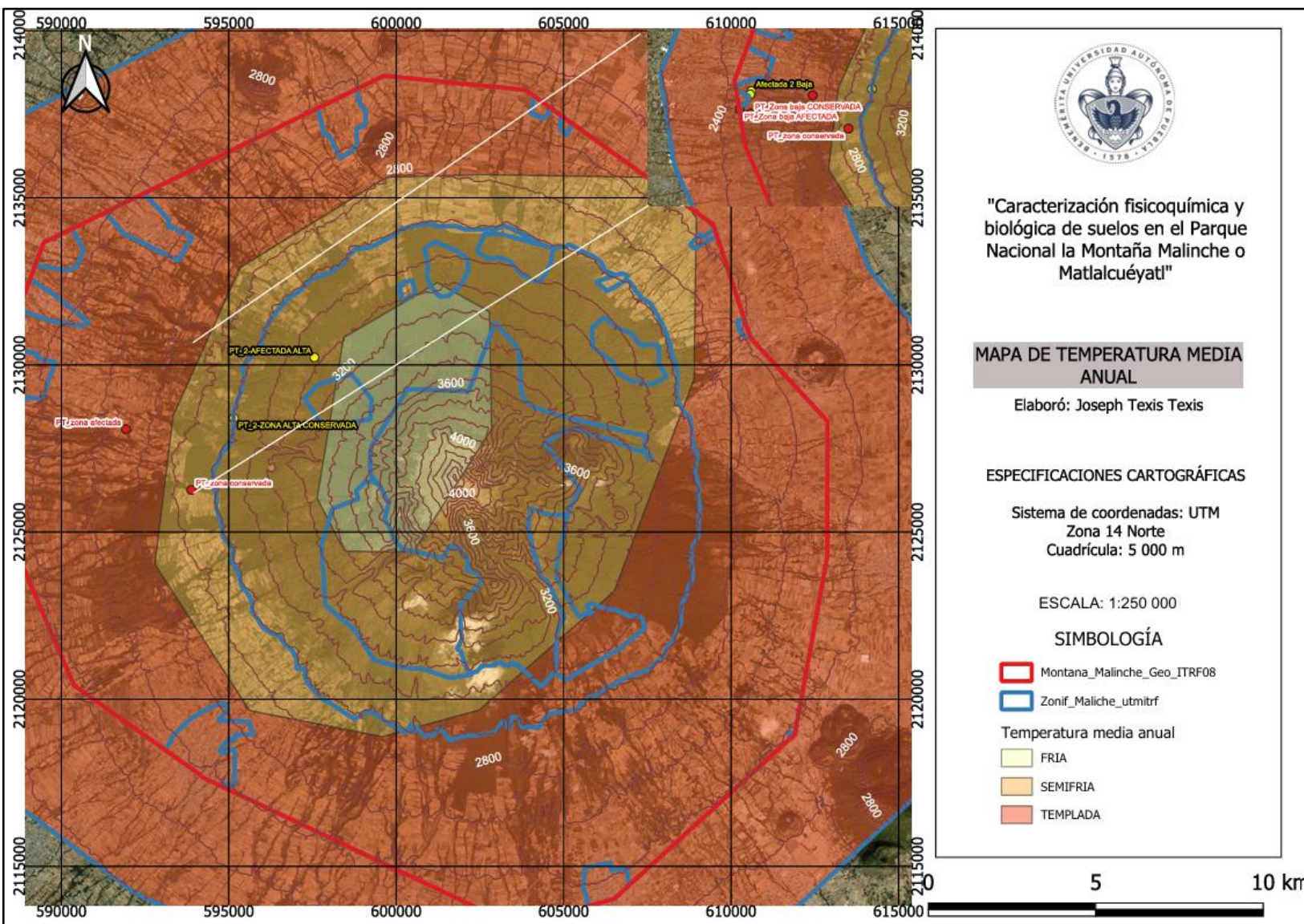
IV- **Mapa de precipitación media anual:** De acuerdo con el mapa los puntos de muestro se encuentran en un rango de precipitación media anual de 800 – 1200 mm.



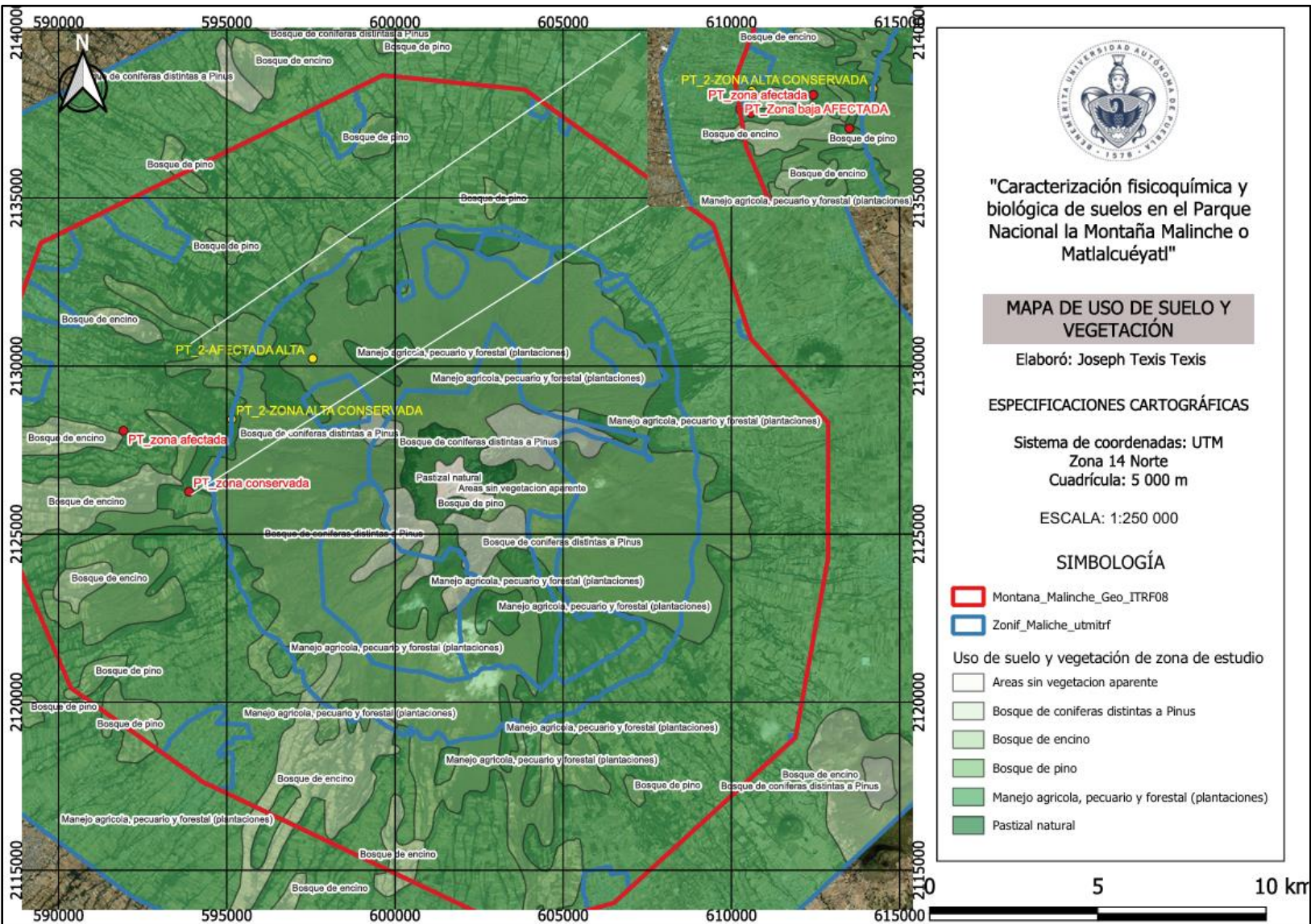
- V- **Mapa de régimen de humedad del suelo:** De acuerdo con el mapa, los puntos de muestreo que se encuentran aproximadamente a 2400 msnm cuentan con un régimen de humedad del suelo Ústico con 180 a 270 días de humedad y se encuentran en el municipio de Teolochoolco; Los puntos de muestreo que se encuentran aproximadamente a una altura de 2800 msnm cuentan con un régimen de humedad Údico con 270 a 330 días de humedad y se encuentran en el municipio de Teolochoolco; Mientras el punto de muestreo más alto, que se encuentra aproximadamente a 3200 msnm cuenta con un régimen de humedad Údico con 330 a 365 días de humedad y se encuentra en el municipio de Tetlanohcan.



VI- **Mapa de temperatura media anual:** De acuerdo con el mapa los puntos de muestreo que se encuentran aproximadamente a 2400 msnm en el municipio de Teolochocho cuentan con una temperatura media anual templada que cuenta con un rango de 12 °C – 22 °C; mientras que los puntos de muestreo que se encuentran aproximadamente a 2800 msnm cuentan con una temperatura media anual semifrío con un rango de 10°C – 15 °C y se localizan en el municipio de Teolochocho; mientras que el punto más alto de muestreo que se localiza aproximadamente a 3200 msnm cuenta con una temperatura semifrío con un rango de 10°C – 15 °C y se localiza en el municipio de Tetlanohcan.



VII- **Mapa de uso de suelo y vegetación:** De acuerdo con este, los usos de suelo y vegetación en donde se encuentran localizados los puntos de muestreo son: Manejo agrícola, pecuario y forestal (plantaciones); bosque de encino; y bosque de pino.



8.2 Análisis físicos, químicos y biológicos del suelo

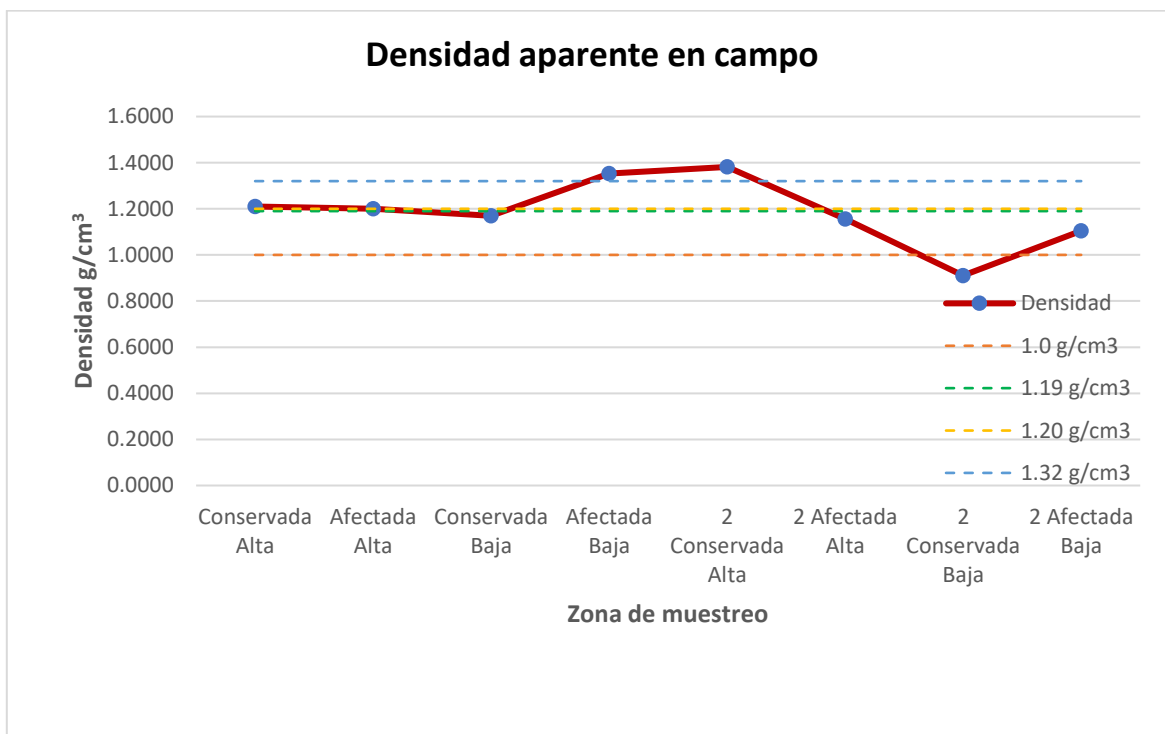
Resultados de densidad aparente en campo

Al ser una prueba en campo sólo se generó un resultado por punto de muestreo.

La interpretación de resultados de la densidad aparente en campo se realizó de acuerdo con la siguiente tabla:

Tabla 11. Tabla de análisis de resultados de densidad aparente. **Fuente:** NOM-021-RECNAT-2000.

Tipos de suelos		g/cm ³	
Orgánicos y volcánicos		Menor de 1.00	
Minerales			
Arcillosos		1.0	1.19
Francosos		1.20	1.32
Arenosos		Mayor a 1.32	



Gráfica 1: Densidad aparente en campo. **Fuente:** Elaboración propia.

Mayormente se tienen resultados arcillosos, que son suelos con sensación jabonosa al tacto, se generan bolas resistentes y cuenta con una muy alta



adhesividad. También se cuenta con un par de resultados arenosos que son suelos que cuentan con sensación áspera al tacto, no se generan bolas y no cuenta con adhesividad. Sólo se cuenta con una muestra francosa que se espera un suelo que presente una textura arenosa muy fina con sensación al tacto como la harina, resistente a que se generen bolas, cuentan con poca adhesividad y cuenta con menos de 35% en peso. También se cuenta con una muestra que da como resultado un tipo de suelo orgánico y volcánico.

Resultados de porcentaje de saturación

Para los resultados de porcentaje de saturación Jaramillo (2002) aclara que ese porcentaje es un valor relativo y no expresa la reserva del elemento que hay en el suelo. Mientras que extracto que se obtiene por vacío de la pasta saturada se utiliza para las determinaciones de las propiedades químicas. Antes de guardar el extracto de saturación se le agrego una gota de solución de hexametáfosfato de sodio (NaPO_3)₆ al 1% por cada 25 mL de extracto. Este pretratamiento se realiza para evitar que el carbonato de calcio (CaCO_3) se precipite, y se debe conservar a 4°C.

Los resultados se encuentran en un rango entre 41.14% y 94.9% de saturación.

Resultados de densidad real (ρ_s)

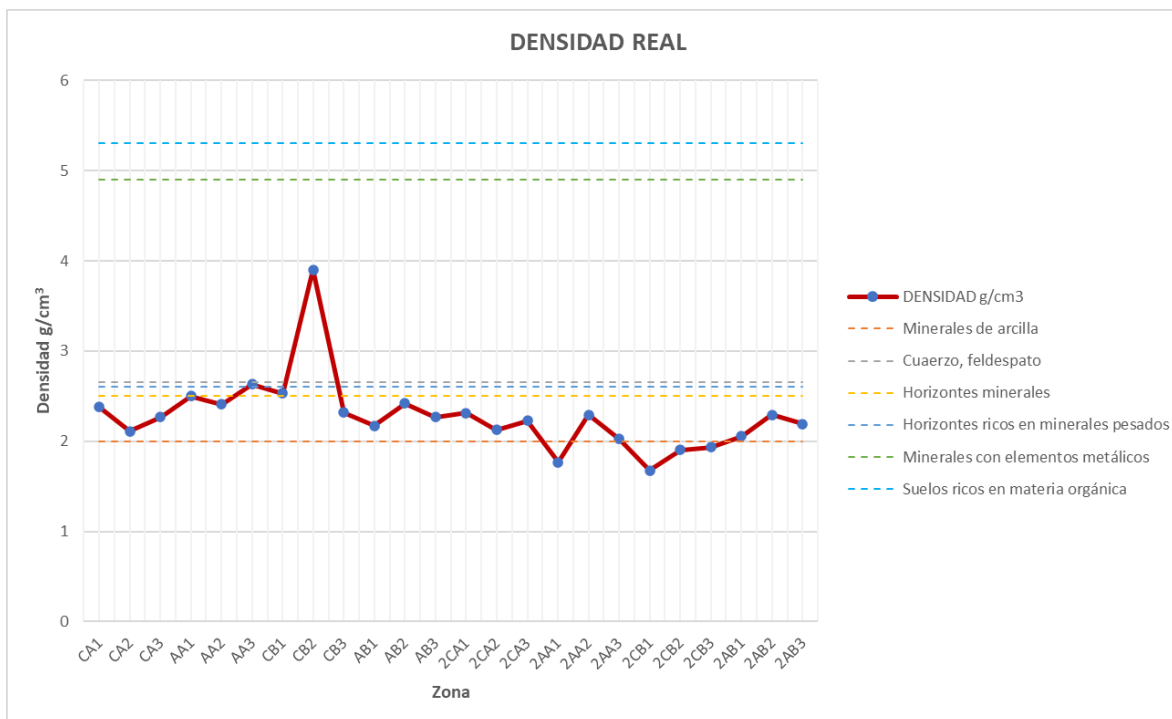
Para los resultados de Densidad real (ρ_s), que corresponde a la densidad media de la fase sólida o densidad de las partículas. Para un horizonte dado, será prácticamente constante a lo largo del tiempo al ser independiente de la estructura y variar poco la naturaleza de las partículas (Porta et al., 2003). Los valores más frecuentes se describen en la tabla 12, interpretación de resultados:

Tabla 12. Tabla de interpretación de densidad real. **Fuente:** (Porta et al., 2003)

Minerales de arcilla	2.0 – 2.65 g/cm ³
Cuarzo, feldespato	2.5 – 2.6 g/cm ³
Minerales con elementos metálicos	4.9 – 5.3 g/cm ³
Horizontes minerales	2.6 – 2.75 g/cm ³
Horizontes orgánicos	1.1 – 1.4 g/cm ³



Horizontes ricos en minerales pesados	2.75 g/cm ³
Valor medio para suelos minerales	2.65 g/cm ³
De forma empírica se ha establecido para suelos ricos en materia orgánica (De leenheer,1970)	$\rho_s = 2.65 \frac{1.45 * \%m.o}{100}$



Gráfica 2: Densidad real. **Fuente:** Elaboración propia

De todas las muestras, 79% del total son minerales de arcilla, mientras que otro 17% de las muestras no cuentan con una interpretación y son 2AA1, 2CB1, 2CB2 y 2CB3, lo que se puede observar que el segundo muestreo de la zona conservada baja en general sale de los rangos de arcilla y no cuenta con una interpretación. Otra muestra que sale del rango es CB2 la cual tampoco cuenta con interpretación lo que representa el 4% del total de las muestras.



Resultados de color

El color del suelo se relaciona con los componentes sólidos del mismo, ya que la fracción orgánica que influye sobre el color oscuro del suelo son los ácidos húmicos. Mientras que los colores rojos indican buen drenaje y buena aireación, así como una meteorización intensa, mientras que los contenidos grises a blancos pueden mostrar contenidos importantes de cuarzo, caolinita u otro tipo de arcillas silicatadas, carbonatos de calcio (Ca) y/o magnesio (Mg), yeso, sales, óxido ferroso y pueden indicar condiciones de mal drenaje. Tradicionalmente el color del suelo suele utilizarse como clasificación; El diseño de la tabla de Munsell caracteriza tres parámetros: Matiz (Hue) establece el color dominante del suelo, Claridad o brillo (Value) define el grado de oscuridad del color y pureza (Chroma) que indica la magnitud de la dilución que tiene el color.

Los resultados de las muestras mayormente tanto en seco como en húmedo indican ambiente anaerobio, ya que el suelo se satura con agua y el oxígeno se desplaza o se agota. También se puede notar que sólo en húmedo ocho resultados presentan condiciones de buena fertilidad, estructuración y rico en actividad biológica, ya que se asocia a incorporación de humus.

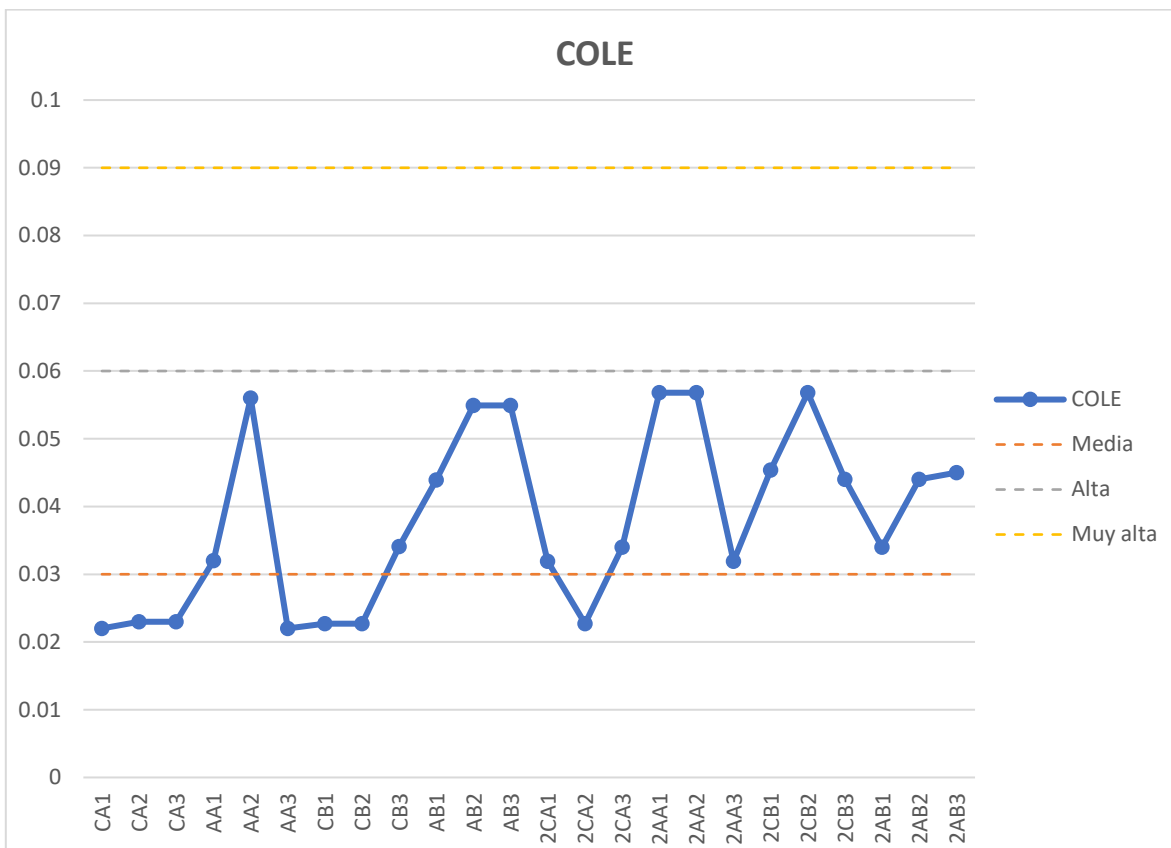
Resultados de COLE

La capacidad de extensibilidad lineal COLE, es la capacidad que tiene un suelo de expandirse y contraerse debido a cambios de humedad. El COLE es adimensional ya que se expresa como cm/cm. La interpretación de resultados se realizó de acuerdo con la tabla 13 de Jaramillo, 2002.



Tabla 13. Tabla de interpretación de la capacidad de expansión del suelo según McCormick y Wilding **Fuente:** (Jaramillo, 2002).

EXPANSIBILIDAD	COLE (cm cm ⁻¹)	CAMBIO DE VOLUMEN (%)
Baja	< 0.03	< 10
Media	0.03 – 0.06	10 – 20
Alta	0.06 – 0.09	20 – 30
Muy alta	> 0.09	> 30



Gráfica 3. Coeficiente de extensibilidad lineal (COLE). **Fuente.** Elaboración propia.

Del total de las muestras, siete puntos de muestreo presentan un coeficiente de extensibilidad bajo, lo que representa el 29% del total del muestreo, en general es el punto de muestreo de la zona conservada alta (CA1, CA2 y CA3), así como los puntos de muestreo AA3, CB1, CB2 Y 2CA2. Mientras que el 71% restante, cuenta con un coeficiente de extensibilidad medio. Y ninguna muestra presenta un COLE alto, ni muy alto.



La clase textural Arcillosa (R) se encontró en un 38% en los puntos de muestreo CA1, CA2, CA3, AA1, AA3, CB1, CB2, AB1, AB3. La clase textural Franco-Arcillosa (Cr) sólo se localizó en un punto de muestreo AA2 lo que equivale aproximadamente al 4% del total del muestreo. La clase textura Franco-Arenosa (Ca) sólo se localizó en un punto de muestreo CB3 lo que equivale aproximadamente al 4% del total del muestreo. La clase textura Arcillo-Limosa (RI) sólo se localizó en un punto de muestreo AB2 lo que equivale aproximadamente al 4% del total del muestreo.

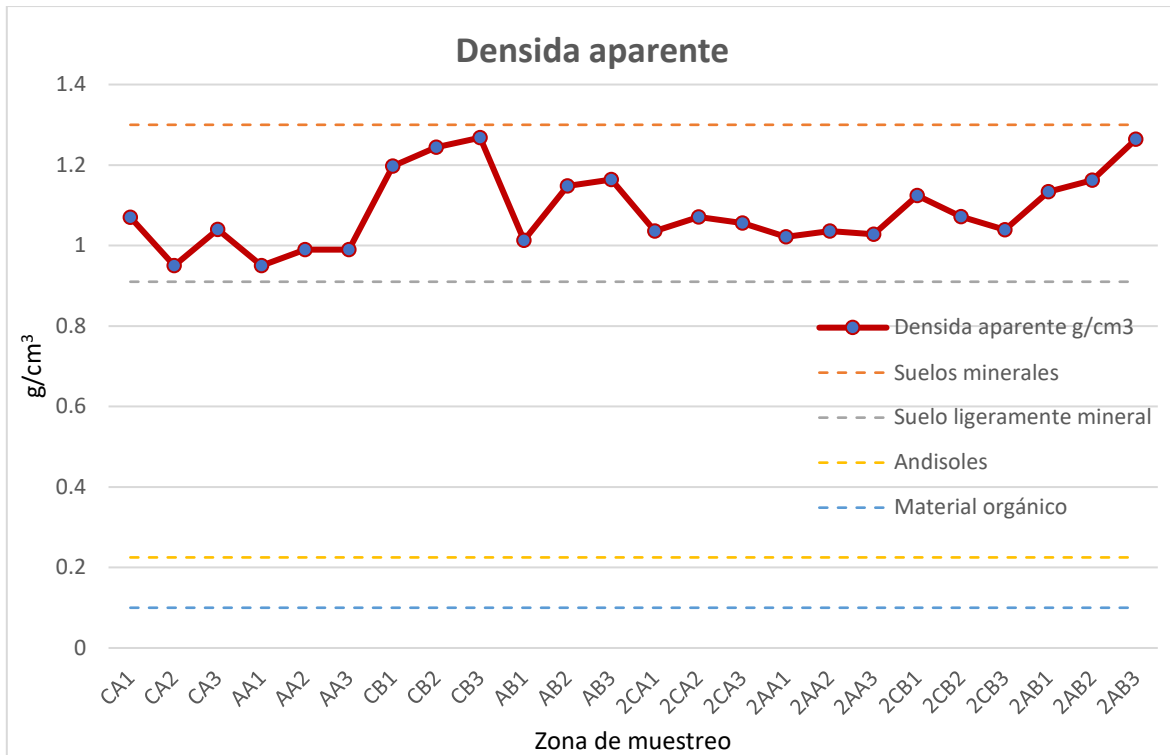
Resultados de densidad aparente

Para realizar una interpretación de los resultados de densidad aparente del suelo desde un punto de vista práctico se utilizó la tabla 15.

Tabla 15. Tabla de interpretación de densidad aparente. **Fuente:** Elaboración propia con datos de (Jaramillo, 2002)

Suelos minerales	1.3 g/cm ³
Suelo ligeramente mineral	0.91 – 1.29 g/cm ³
Andisoles	0.225 - 0.90 g/cm ³
Material orgánico	0.1 - 0.224 g/cm ³
Materiales fibrosos	Mayores a 0.2 g/cm ³
Materiales sápricos o más descompuestos	0.0474 g/cm ³
Suelos con texturas finas	Superior a 1.3 g/cm ³
Suelos con texturas medias	Superior a 1.4 g/cm ³
Suelos con texturas gruesas	Superior a 1.6 g/cm ³





Gráfica 4. Densidad aparente. **Fuente.** Elaboración propia

Se observa que todos los datos se encuentran en un resultado de “suelo ligeramente mineral”, por lo que se espera que todos los suelos muestreados sean ligeramente minerales.

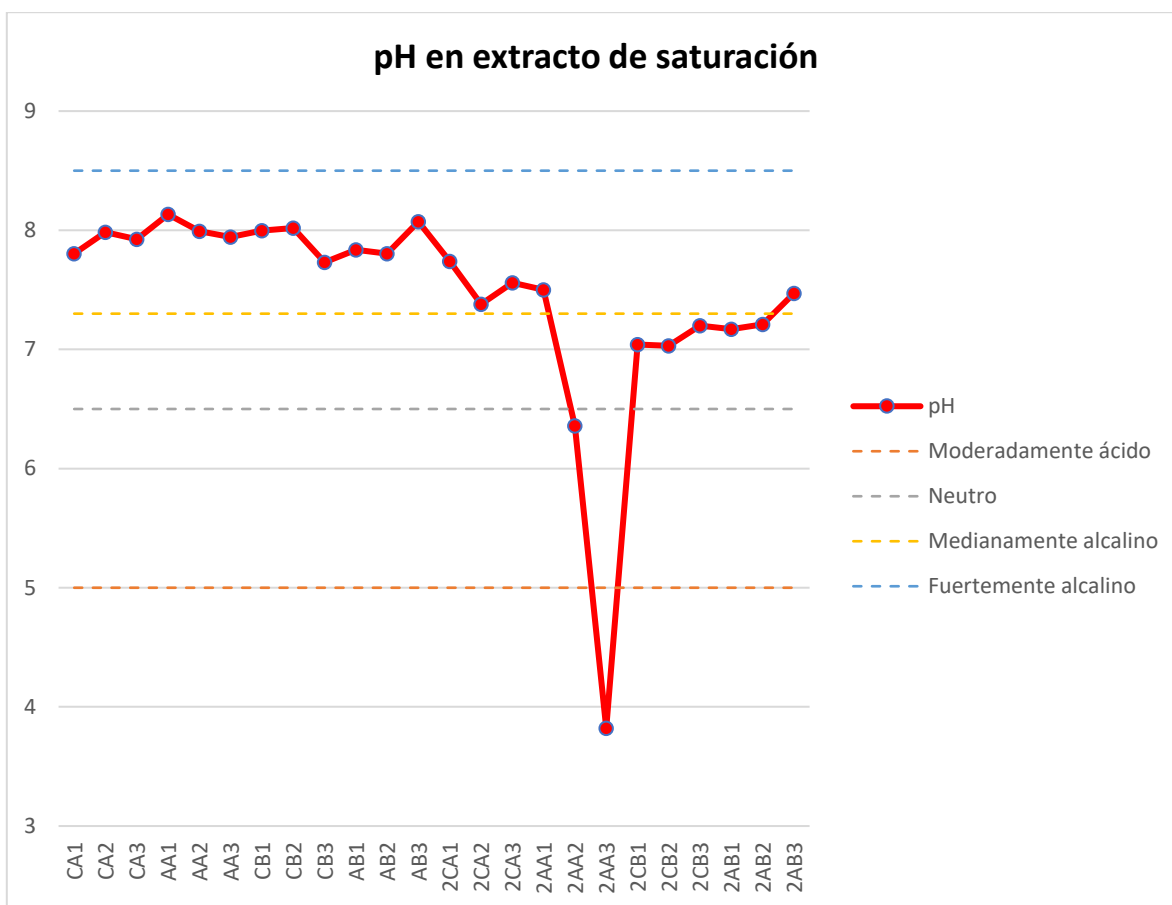
Resultados de pH en extracto de saturación

El pH en el suelo indica que tan ácido o alcalino es dicho suelo cuando se encuentra en contacto con el agua. El pH es un indicador del medio ambiente que se genera en el suelo y que condiciona todas las reacciones químicas y biológicas que ocurren. Los resultados de pH en extracto de saturación se evaluaron de acuerdo con la siguiente tabla:



Tabla 16. Tabla de interpretación de resultados de pH en extracto de saturación. **Fuente:** (RECNAT, 2000).

Clasificación	pH
Fuertemente ácido	< 5.0
Moderadamente ácido	5.1 - 6.5
Neutro	6.6 - 7.3
Medianamente alcalino	7.4 - 8.5
Fuertemente alcalino	> 8.5



Gráfica 5. pH en extracto de saturación. **Fuente.** Elaboración propia.

Se puede observar que el punto 2AA3 es el único punto fuertemente ácido, lo que representa el 4% del total de las muestras. El punto 2AA2 es moderadamente ácido, lo que representa el 4% del total de las muestras. La segunda toma de muestra de la zona conservada baja el pH es neutro, así como los puntos 2AB1 y 2AB2, lo que



equivale a 20% del total de las muestras. El 72% restante del total de las muestras son medianamente alcalinos, lo que se observa que todo el primer muestreo cae en ese rango y la mayoría de la zona alta del segundo muestreo. No se cuenta con ningún punto que caiga en un rango fuertemente alcalino.

Resultados de Conductividad Eléctrica (CE)

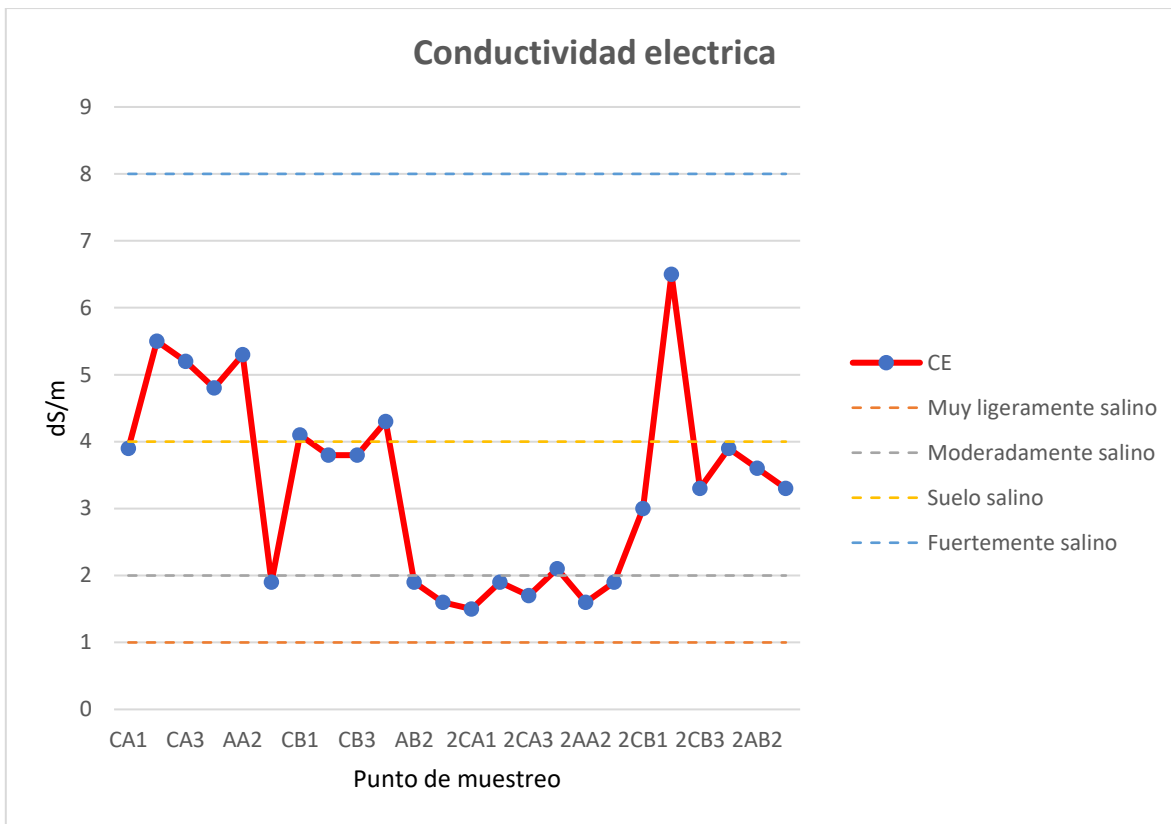
La CE del extracto de pasta saturada de suelo mide la salinidad de una muestra en condiciones de saturación de agua. Los resultados de CE en extracto de saturación se interpretaron de acuerdo con la siguiente tabla:

Tabla 17. Tabla de interpretación de resultados de CE en extracto de saturación. **Fuente:** (RECNAT, 2000).

Interpretación de conductividad eléctrica

CE dS m ⁻¹ a 25°C	Efectos
< 1.0	Efectos despreciables de la salinidad
1.1 - 2.0	Muy ligeramente salino
2.1 - 4.0	Moderadamente salino
4.1 - 8.0	Suelo salino
8.1 - 16.0	Fuertemente salino
> 16.0	Muy fuertemente salino





Gráfica 6. Conductividad eléctrica (CE). **Fuente.** Elaboración propia.

Con la gráfica se puede observar que los puntos muy ligeramente salinos son AA3, AB2, AB3, 2CA1, 2CA2, 2CA3, 2AA2 y 2AA3. Se puede observar que toda la segunda toma de zona conservada alta cae en este rango al interpretar los datos. Los puntos de muestreo de suelo moderadamente salino son CA1, CB2, CB3, 2AA1, 2CB1, 2CB3, 2AB1, 2AB2 y 2AB3. Se puede observar que toda la segunda toma de zona afectada baja cae en este rango al interpretar los datos. Mientras que los puntos de muestreo de suelo salino son CA2, CA3, AA1, AA2, CB1, AB1 y 2CB2.

Resultados de carbonatos

Los carbonatos se encuentran de manera natural en la mayoría de los suelos, y se usan como mejoradores de suelos ácidos, ya que reaccionan con los ácidos



produciendo un burbujeo ocasionado por el desprendimiento de CO₂ durante la reacción. Los resultados obtenidos se interpretaron con la siguiente tabla:

Tabla 18. Tabla de interpretación de resultados de Carbonatos de calcio equivalentes por el método de neutralización ácida. **Fuente:** (REC NAT, 2000).

Interpretación de resultados		
Clase	% CaCO ₃	
Muy bajo	<0.5	
Bajo	0.5	2.0
Mediano	2.1	15
Alto	16	40
Muy alto	> 40	

Los resultados arrojan que la zona de estudio presenta ausencia de carbonatos.

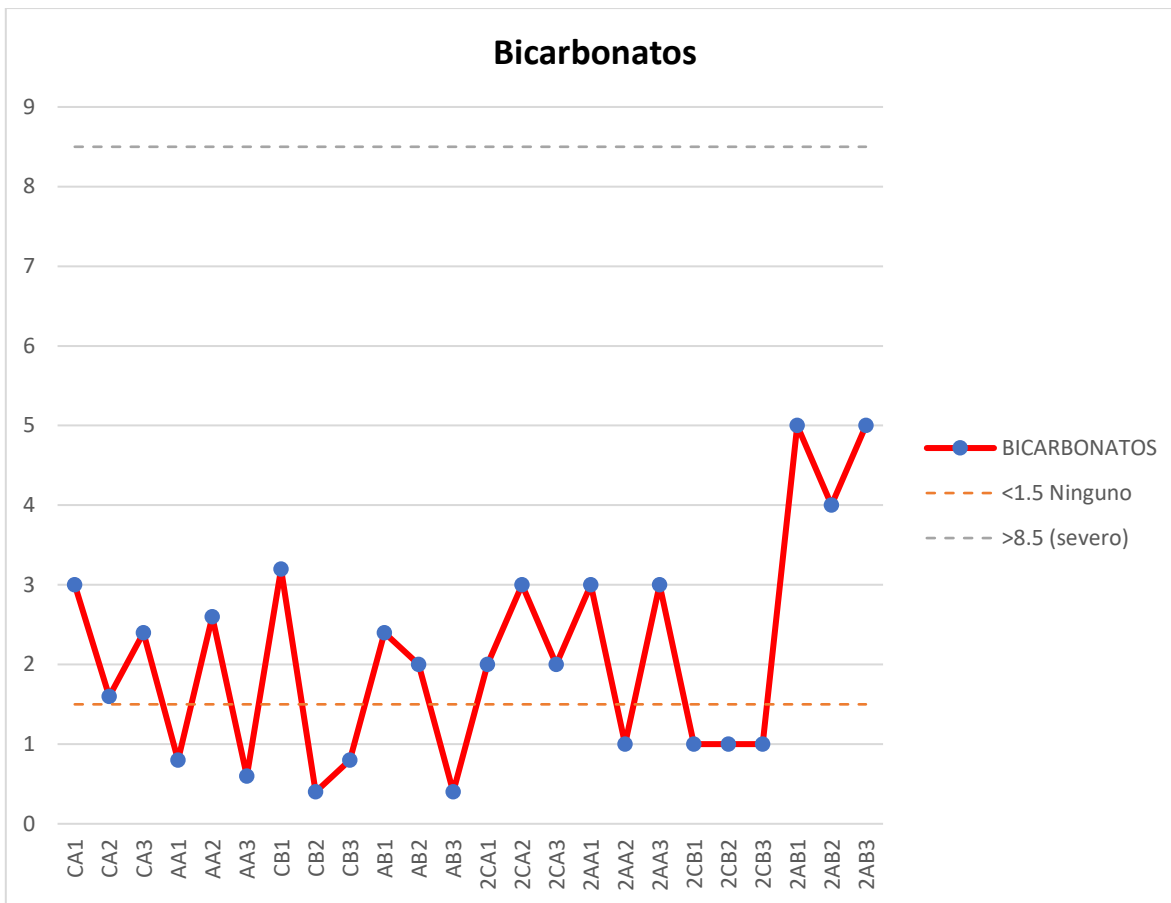
Resultados de bicarbonatos

El ion bicarbonato (HCO₃⁻) es un constituyente normal en los extractos acuosos de suelos salinos y se presentan comúnmente en los suelos sódicos. Para la interpretación de resultados se utilizó una tabla de criterios de la FAO para la evaluación de aguas para riego, ya que la determinación se realizó en extracto de saturación.

Tabla 19. Tabla de criterios propuestos por la FAO. **Fuente:** (Jaramillo, 2002).

PROPIEDAD*	UNIDADES	GRADO DE RESTRICCIÓN PARA EL USO		
		NINGUNO	LEVE A MODERADO	SEVERO
CE	dS m ⁻¹	< 0.7	0.7 a 3	> 3
TDS	Mg L ⁻¹	< 450	450 a 2000	> 2000
TOXICIDADES				
Con Na ⁺				
Riego Superficial	meq L ⁻¹	< 3	3 a 9	> 9
Riego Aspersión	meq L ⁻¹	< 3	> 3**	-
Con Cl ⁻				
Riego Superficial	meq L ⁻¹	< 4	4 a 10	> 10
Riego Aspersión	meq L ⁻¹	< 3	> 3**	-
Con Boro	meq L ⁻¹	< 0.7	0.7 a 3	> 3
Con NO ₃ ⁻	meq L ⁻¹	< 5	5 a 30	> 30
Con HCO ₃ ⁻	meq L ⁻¹	< 1.5	1.5 a 8.5	> 8.5
pH: Rango Normal			6.5 a 8.4	





Gráfica 7. Resultados de bicarbonatos. **Fuente.** Elaboración propia.

En la gráfica de resultados se puede observar que los puntos AA1, AA3, CB2, CB3, AB3, 2AA2, 2CB1, 2CB2, 2CB3, no tiene bicarbonatos, por lo que se puede considerar una cantidad muy mínima de bicarbonatos, lo que equivale al 37.5% del total de las muestras. Mientras que el 62.5% restante se consideran en un rango de leve a moderada de bicarbonatos.

Resultados de cloruros

Los cloruros son los responsables de la formación de suelos salinos, de las propiedades que estos poseen, así como del estrés que causan a las plantas. Otra de las características es que son sales muy solubles y con toxicidad alta.



Los resultados que se obtuvieron principalmente es ausencia de cloruros y en menor medida muestras con baja concentración en cloruros.

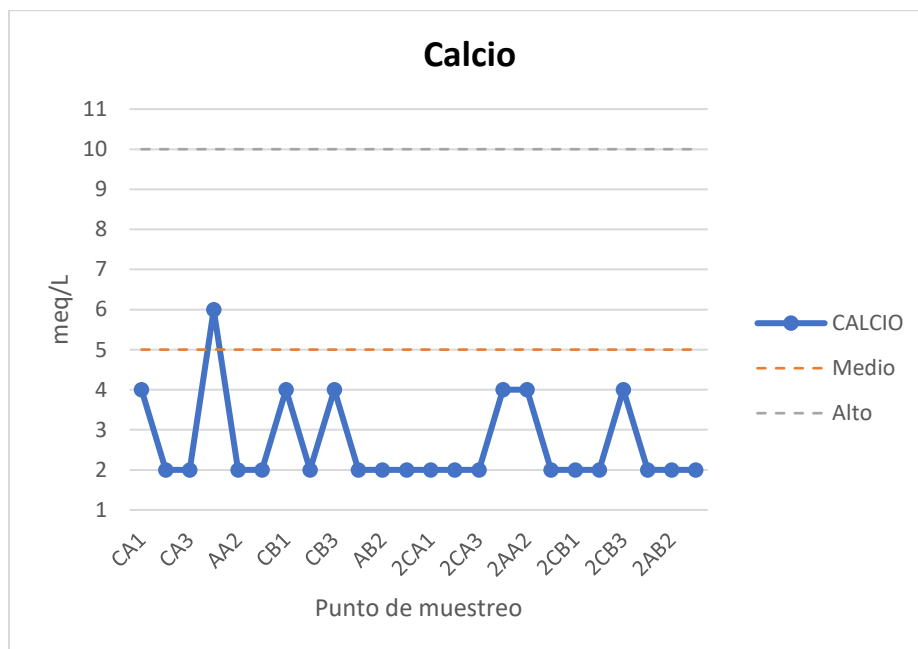
Resultados de calcio

El contenido de calcio en la corteza terrestre es mayor al resto de los nutrientes que componen el suelo, los valores más bajos se encuentran en suelos de textura gruesa y con clima húmedo, mientras que los valores más altos se pueden encontrar en climas cálidos. Los resultados de calcio que se obtuvieron fueron los siguientes:

Tabla 20. Interpretación de calcio en el suelo. **Fuente:** Aguilar, A.; Etchevers, J.; (1987). Análisis químico para evaluar la fertilidad del suelo. Ed. Sociedad Mexicana de la Ciencia del suelo.

Interpretación de resultados

Rangos	Ca
Bajo	< 5 meq/L
Medio	5 -10 meq/L
Alto	>10 meq/L



Gráfica 6. Resultados de calcio. **Fuente.** Elaboración propia.



Con los resultados graficados se puede observar que sólo el punto AA1 es el único que se considera en un rango medio de calcio, lo que representa sólo el 4% del total de los puntos muestreados. Mientras que el 96% restante de las muestras se consideran con una baja concentración de calcio.

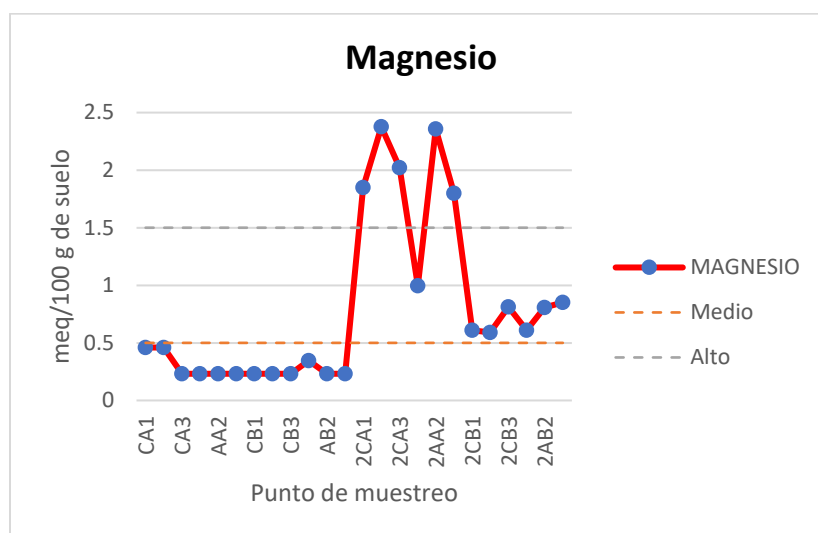
Resultados de magnesio

El magnesio en el suelo es importante debido a que mejora el acceso de las raíces a los nutrientes de baja movilidad, al mismo tiempo que incrementa su absorción de agua a mayor profundidad. Los resultados obtenidos fueron los siguientes:

Tabla 21. Interpretación de magnesio en el suelo. **Fuente:** Aguilar, A.; Etchevers, J.; (1987). Análisis químico para evaluar la fertilidad del suelo. Ed. Sociedad Mexicana de la Ciencia del suelo.

Interpretación de resultados

RANGOS	Mg
Bajo	< 0.5 meq/100 g suelo
Medio	0.5 -1.5 meq/100 g suelo
Alto	>1.5 meq/100 g suelo



Gráfica 7. Resultados de magnesio. **Fuente.** Elaboración propia.



Todos los puntos de la primera toma de muestra cuentan con una concentración baja en magnesio, lo que equivale al 50% del total de las muestras. Los puntos de la segunda toma de muestra tanto conservada como afectada de la zona baja, así como el punto 2AA1, cuentan con una concentración media de magnesio, lo que equivale al 29% del total de las muestras. Mientras que los puntos restantes, la segunda toma del área conservada de la zona alta y los puntos 2AA2 y 2AA3, cuentan con una concentración alta de magnesio, lo que equivale al 21% del total de las muestras.

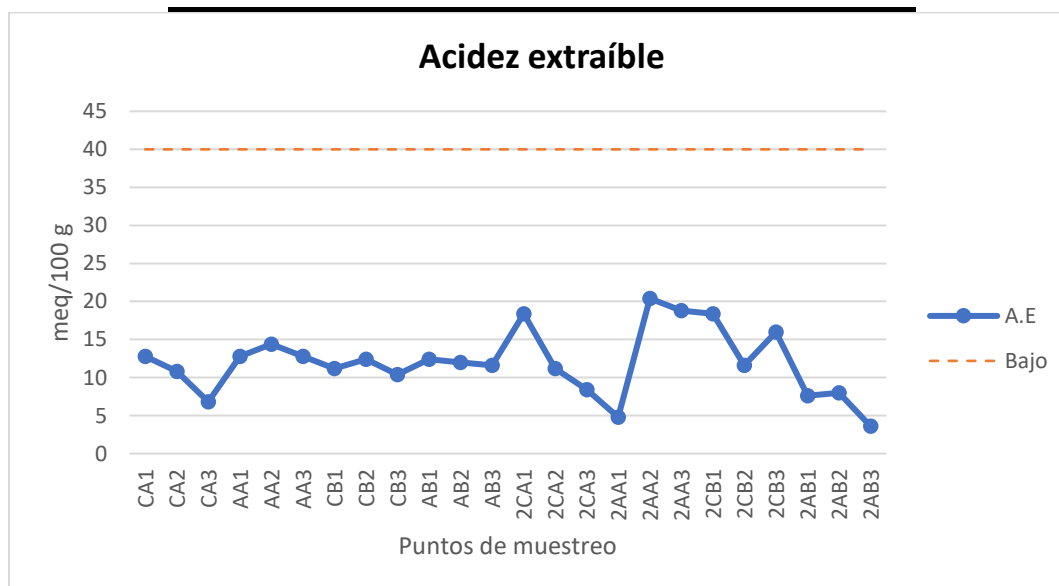
Resultados de acidez extraíble

Se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 22. Interpretación de acidez extraíble. **FUENTE:** (Jaramillo, 2002).

Interpretación de resultados

NIVEL	VALOR (meq/100 g)
BAJO	< 40
MEDIO	40 – 60
ALTO	60 – 80
MUY ALTO	> 80



Gráfica 8. Resultados de acidez extraíble. **Fuente.** Elaboración propia.



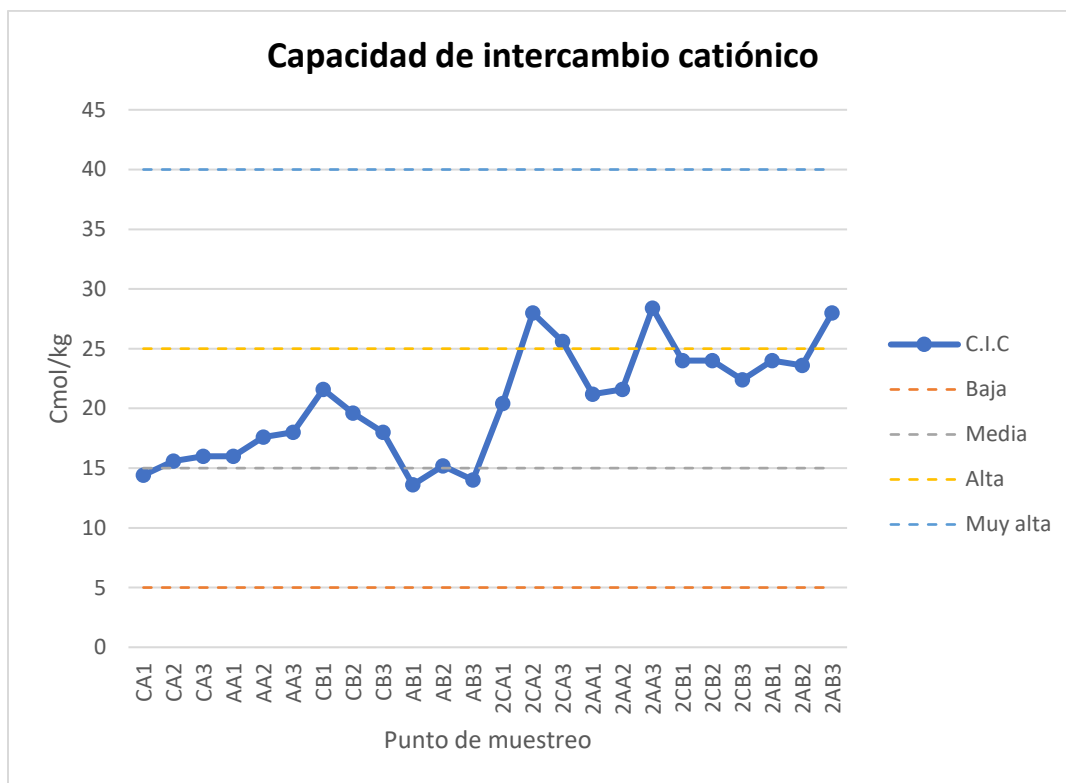
Con el gráfico se puede observar que el 100% de los datos obtenidos cuentan con una concentración baja de acidez extraíble.

Resultados de Capacidad de Intercambio Catiónico

La capacidad de intercambio catiónico es la suma de cationes intercambiables adsorbidos por el suelo por unidad de masa seca y su capacidad de retenerlos. Los resultados se interpretaron con la siguiente tabla.

Tabla 23. Tabla de interpretación de CIC. **Fuente:** (REC NAT, 2000)

Clase	CIC (Cmol(+) Kg ⁻¹)
Muy alta	> 40
Alta	25 - 40
Media	15 - 25
Baja	5 - 15
Muy baja	> 5



Gráfica 9. Resultados de capacidad de intercambio catiónico. **Fuente.** Elaboración propia.



Los puntos de muestreo de las zonas afectada alta, conservada baja, segunda toma conservada baja, así como los puntos CA2, CA3, AB2, 2CA1, 2AA1, 2AA2, 2AB1 y 2AB2, presenta una C.I.C media lo que representa el 72% del total de las muestras. Los puntos de muestre 2CA2, 2CA3, 2AA3 y 2AB3 presentan una C.I.C alta, lo que representa el 16% del total de las muestras y el restante 12% presenta concentración baja.

Resultados de carbono orgánico

El porcentaje de carbono orgánico va de la mano con materia orgánica, ya que la materia orgánica expresa el porcentaje de carbono orgánico inicial que se mineraliza en un periodo de tiempo determinado (Porta et al., 2003). Los resultados que se obtuvieron se encuentran en un rango entre 4.99 - 35.88% de carbono orgánico.

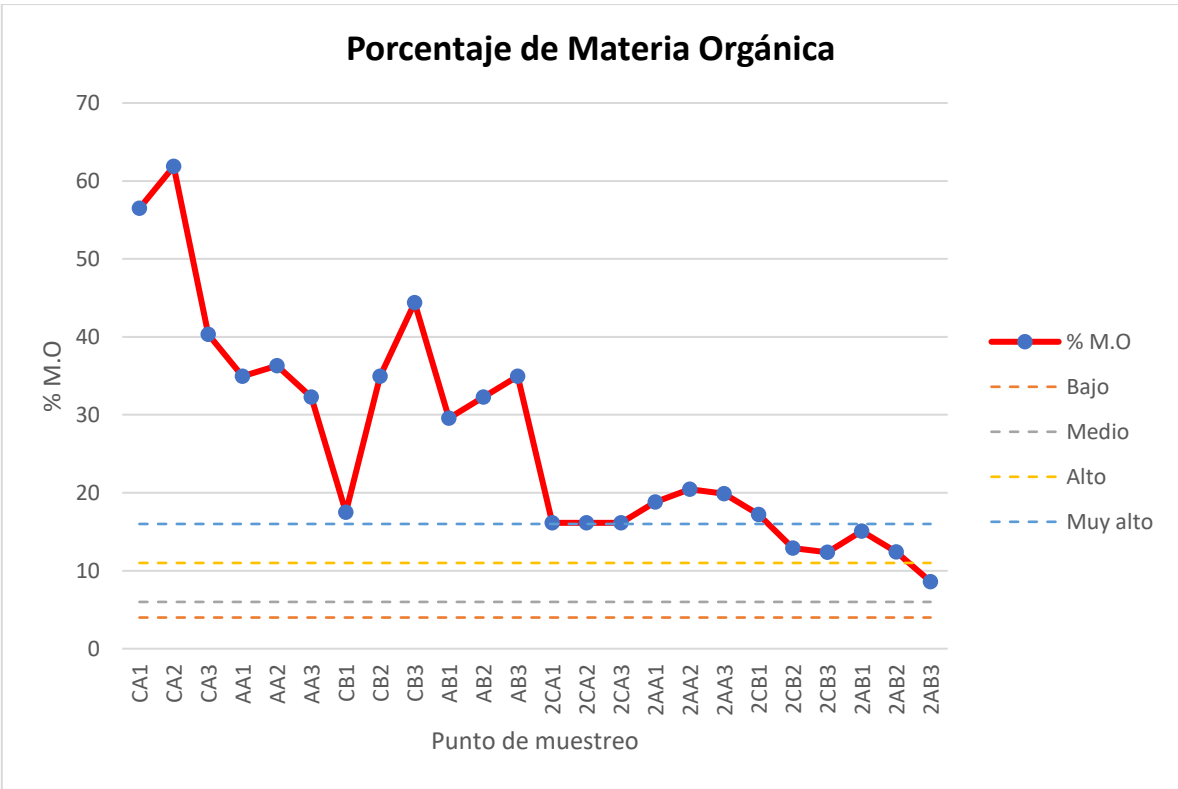
Resultados de materia orgánica

En los suelos forestales, la materia orgánica forma el mantillo, que es la capa superior del suelo formada por la descomposición de esta materia orgánica. Mientras más inestable sea una materia orgánica incorporada al suelo, mayor será su contribución energética a los organismos del suelo y al flujo de nutrientes. Los resultados obtenidos se interpretaron con la siguiente tabla y **se consideran los valores de suelos volcánicos.**

Tabla 24. Tabla de interpretación de resultados de materia orgánica para clasificar su concentración en los suelos minerales y volcánicos. **Fuente:** (RECNAT, 2000)

Clase	Materia orgánica (%)	
	Suelos volcánicos	Suelos no volcánicos
Muy bajo	< 4.0	< 0.5
Bajo	4.1 - 6.0	0.6 - 1.5
Medio	6.1 - 10.9	1.6 - 3.5
Alto	11.0 - 16.0	3.6 - 6.0
Muy Alto	> 16.1	> 6.0





Gráfica 10. Resultados de porcentaje de materia orgánica. **Fuente.** Elaboración propia.

De acuerdo con el gráfico de resultados se puede observar que el punto 2AB3, presenta un porcentaje medio de materia orgánica en suelos volcánicos, lo que representa el 4% del total de las muestras. Los puntos de muestreo 2CB2, 2CB3, 2AB1 y 2AB2, presentan un porcentaje alto de materia orgánica, lo que representan el 16% del total de las muestras. Mientras que el 80% restante cuenta con un muy alto porcentaje de materia orgánica.

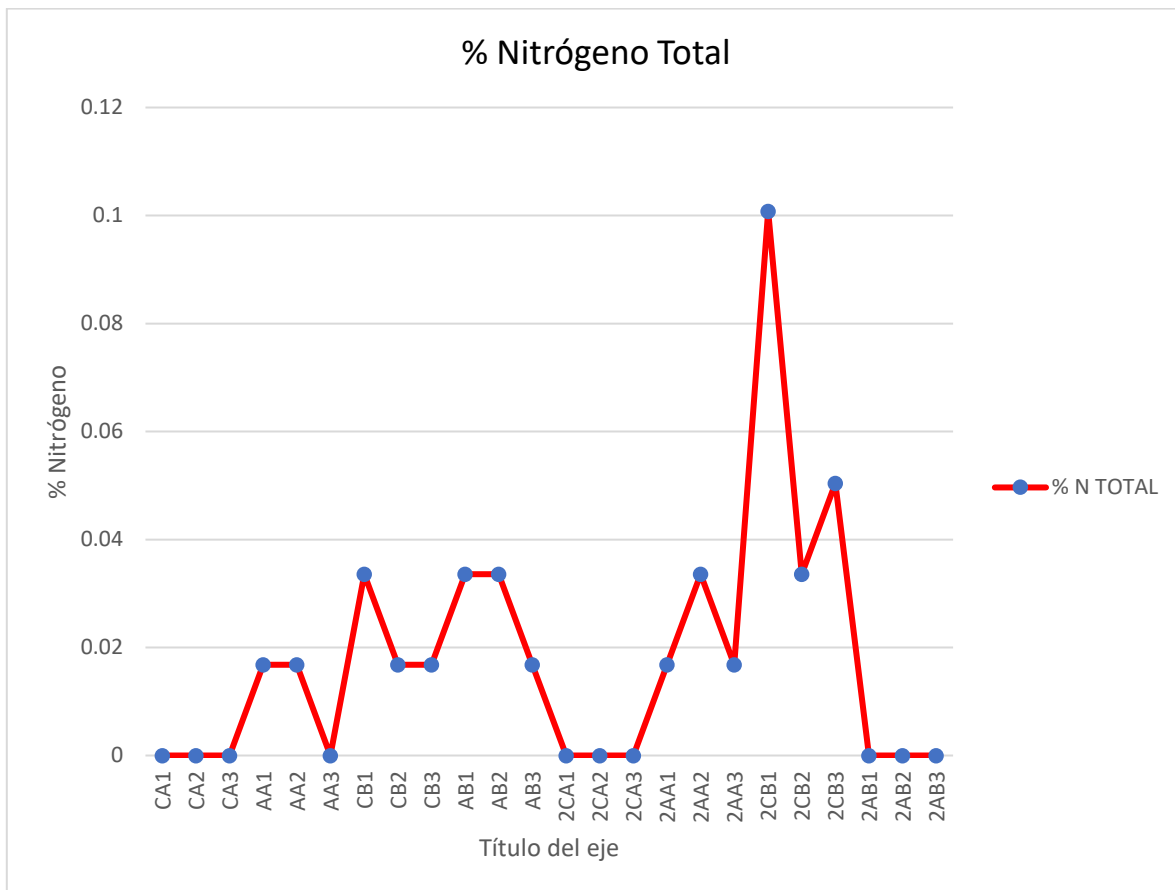
Resultados de nitrógeno total

El nitrógeno es uno de los elementos más limitantes, así como su importancia al incidir en los problemas de impacto ambiental. Los resultados obtenidos se interpretaron con la siguiente tabla.



Tabla 25. Tabla de interpretación de resultados de nitrógeno total para evaluar el suelo.
Fuente: (RECNAT, 2000).

Categoría	Valor (%) de nitrógeno en suelo
Extremadamente pobre	< 0.032
Pobre	0.032 - 0.063
Medianamente pobre	0.064 - 0.095
Medio	0.096 - 0.126
Medianamente rico	0.127 - 0.158
Rico	0.159 - 0.221
Extremadamente rico	> 0.221



Gráfica 11. Resultados de porcentaje de Nitrógeno. **Fuente.** Elaboración propia.

Los resultados indican que la zona cuenta con valor de pobre a extremadamente pobre de nitrógeno.



9. CONCLUSIONES

Después de analizar los resultados tanto de cartografía, como de análisis y caracterización de suelos de propiedades físicas, químicas y biológicas, y comparar los resultados con la NOM-021-RECNAT-2000, y bibliografía de FAO y Porta, se concluye lo siguiente:

1. La zona de estudio de acuerdo con las evidencias de cartografía se localiza en zona de ANP del Parque Nacional la Montaña Malinche o Matlalcuéyatl, encontrándose en un rango de altura que oscila los 2800 – 3200 msnm, en el estado de Tlaxcala, con una precipitación media anual de 800 – 1200 mm, la zona presenta una temperatura media anual que va de templada a semifrías, es decir que oscila en un rango de 10 – 22 °C, abarca bosque de encino, bosque de pino y manejo agrícola, pecuario y forestal. El *dendroctonus mexicanus*, ataca al bosque de pino, lo cual se confirma con la cartografía realizada, ya que la corteza gruesa de esta especie forestal los ayuda a mantenerse alejados de sus depredadores.
2. Los suelos de la zona de estudio cuentan con una buena percolación de acuerdo con los datos de infiltración en campo, también presentan una media del 56% de saturación, los resultados de densidad real nos indican altos contenidos de materia orgánica lo cual se confirma con los resultados de porcentaje de materia orgánica que muestran un muy alto porcentaje de M.O., siendo congruente también con los resultados de CE que denotan que se presenta acumulación de M.O.
3. Los resultados de color demuestran principalmente que son suelos que se encuentran en un ambiente anaerobio, debido a la saturación del suelo con agua de lluvia (siendo congruente el resultado de saturación), también indican condiciones de buena fertilidad.
4. La textura del suelo principalmente es arcillosa, por lo que los suelos presentan fertilidad química alta, ligera compactación de suelo como también lo indican los resultados de COLE, así como también cuentan con una gran retención de humedad y cuentan con C.I.C óptimo.



5. Los bajos resultados de nitrógeno son un buen indicio ya que dicho elemento es importante en el impacto ambiental, por lo que el resultado es bueno.
6. En términos generales se concluye que la zona de estudio presenta una alta cantidad de materia orgánica, son suelos ligeramente compactos que cuentan con una buena retención de humedad, así como capacidad de intercambio catiónico y una buena fertilidad. Por lo que en este momento el suelo de la zona de estudio presenta buenas condiciones para llevar a cabo una reforestación activa y lograr restaurar la capa vegetal de la zona que se ha visto afectada por tala clandestina, incendios forestales y ataques de gusano descortezador (*dendroctonus mexicanus*).
7. No es posible mostrar avances de la recomendación, debido a que, en los lugares donde se plantaron árboles fueron arrancados del suelo, en repetidas ocasiones, con la evidente intención de evitar la reforestación.



RECOMENDACIONES

Con los resultados obtenidos se recomienda realizar una restauración activa con especies autóctonas de la zona de estudio aumentado la diversidad de especies forestales para reducir la susceptibilidad a posibles daños futuros ocasionados por perturbaciones como lo fue la plaga de gusano descortezador.

La restauración se recomienda dividirla en cuatro fases, con un porcentaje de plantación 33 – 33 – 33% con las especies *Cupressus benthamii* (2300 – 2900 msnm), *Abies religiosa* (2900 – 3800 msnm) y *Pinus montezumae*, para posteriormente monitorear la restauración pasiva del ecosistema, hasta lograr restaurar la zona forestal, evitando la degradación del suelo.

FASE UNO: La primera fase consiste en recolectar semillas de las especies *Cupressus benthamii*, *Abies religiosa* y *Pinus montezumae*, posteriormente realizar una limpieza de las semillas para dejar secarlas mientras se logra su maduración. Si se piensa guardar las semillas secas y maduras, deberán guardarse en un recipiente de vidrio en donde se agregará algodón en el fondo o gel de sílice para que se absorba la humedad, y deberá guardarse en un lugar fresco, seco y lejos de la luz del sol, para un mejor almacenamiento y duración de las semillas.

FASE DOS: La segunda fase consiste en llevar a cabo la germinación de las semillas maduras, monitoreando contantemente el proceso, hasta pasar la semilla germinada a una bolsa de vivero que debe contener suelo de la zona con materia orgánica que se obtiene de las hojas secas de los árboles maduros, se deberá monitorear el crecimiento hasta que la planta alcance una altura de 40 – 50 cm de altura.

FASE TRES: La tercera fase consiste en plantar árboles que lograron el tamaño de 40 – 50 cm. Esta fase deberá llevarse a cabo en época de lluvia de la zona que es entre los meses de Julio – Octubre para garantizar que los árboles sembrados cuenten con la cantidad de agua suficiente para poder desarrollarse.



FASE CUATRO: La siguiente fase consistirá en realizar un monitoreo continuo, así como recorridos de las zonas en dónde se lleva a cabo la reforestación para tratar de lograr el crecimiento de la mayor parte de los árboles plantados.

El proceso se debe llevar a cabo de manera recurrente hasta llegar a un punto de restauración pasiva de las zonas de reforestación, logrando así la recuperación forestal de la zona y evitar la degradación del suelo.



ANEXOS

ANEXO 1: Decreto de Parque Nacional La Montaña Malinche o Matlalcuéyatl

06-10-1938 DECRETO QUE DECLARA PARQUE NACIONAL LA MONTAÑA MALINCHE O MATLALCUÉYATL

Al margen un sello con el Escudo Nacional, que dice: Estados Unidos Mexicanos. - Presidencia. - de la República.

LAZARO CARDENAS, presidente Constitucional de los Estados Unidos Mexicanos, a sus habitantes, sabed:

Con fundamento en los artículos 22 y 41 de la Ley Federal de 5 de abril de 1926 y atendiendo a lo dispuesto en los artículos 39, 47 y 48 del Reglamento de dicha Ley, y Considerando, que las montañas dominantes del territorio nacional, que forman la división de sus principales valles ocupados por ciudades populosas y que a la vez constituyen la división de las cuencas hidrográficas y que por su propia extensión contribuyen de manera considerable a la alimentación de los ríos, manantiales y lagunas de los mismos valles, manteniendo su régimen hidráulico si están cubiertos de bosques, como deben estarlo para evitar la erosión de sus terrenos en declive y para mantener el equilibrio climático de las comarcas vecinas, se hace de todo punto necesario que esas montañas culminantes sean protegidas de manera eficaz en sus bosques, pastos y yerbales que formen una cubierta suficientemente protectora del suelo y de las demás condiciones climáticas y biológicas; conservación forestal que no puede obtenerse de una manera eficaz si prevalecen los intereses privados vinculados en la propiedad comunal, ejidal o particular, que tienden a la excesiva explotación de los mismos elementos forestales; siendo por todo ello indispensable que dichas montañas culminantes se constituyan con el carácter de Reservas Forestales de la Nación; y en aquellas como la montaña denominada Malinche o Matlalcuéyatl, que por su majestuosa silueta y bellos perfiles coronados de nieve durante la temporada invernal, constituyen monumento de excepcional belleza; Considerando, que la vegetación forestal boscosa que cubre esta montaña, así



como la fauna de animales silvestres especiales, imprimen a ésta un carácter de verdadero museo vivo de la flora y fauna comarcanas, llenando además todas las características de los Parques Nacionales que por acuerdo de las naciones civilizadas se ha convenido en establecer en los lugares de mayor belleza natural;

Considerando, que la misma gran belleza natural de esta montaña y la de su flora y fauna forman un atractivo poderoso para el desarrollo del turismo, acondicionando buenos caminos de acceso para ascender a ella, partiendo de las ciudades de Puebla y Tlaxcala, he tenido a bien expedir el siguiente

DECRETO:

ARTICULO PRIMERO. - Se declara Parque Nacional la montaña denominada Malinche o Matlalcuéyatl, sitio de belleza natural que constituye un museo vivo de la flora y fauna comarcanas.

ARTICULO SEGUNDO. - El límite inferior de este Parque Nacional está comprendido dentro de los puntos siguientes:

Partiendo del rancho denominado Totolquexco, el lindero sigue con dirección S.W. para llegar a Cuahuixmatla; de este punto y con dirección S.S.E. se continúa tocando los puntos denominados Acxotla, Espíritu Santo, Xaltelulco, Buen Suceso, Canoa y Cuautenco; de este punto el lindero sigue con dirección N.E. pasando por los parajes denominados Tepulco y Pinar; de aquí se continúa con dirección Norte pasando por San Bernardino y rancho Xalapasco, para continuar después con dirección N.E., pasando por la ranchería de Los Pilares, Natividad y Santa Bárbara; finalmente, de este punto se continúa con dirección W. hasta llegar al rancho de Tototquexco, que se tomó como punto de partida.

ARTICULO TERCERO. - El Departamento Forestal y de Caza y Pesca, tendrá bajo su cuidado la administración y gobierno de dicho Parque Nacional Malinche o Matlalcuéyatl, con la intervención de la Secretaría de Hacienda y Crédito Público respecto a los gastos y productos que el mencionado gobierno y administración ocasionen.



ARTICULO CUARTO. - El Departamento Forestal y de Caza y Pesca, con la cooperación del Gobierno Local, procederá a practicar reforestaciones en aquellos lugares que lo ameriten, estableciéndose, al efecto, con dicha cooperación y con la de las autoridades locales y vecinos de este Parque Nacional, viveros fijos o volantes que sean necesarios para los referidos trabajos.

ARTICULO QUINTO. - Los terrenos que resulten afectados con la declaración de este Parque Nacional, quedan en posesión de sus respectivos dueños hasta en tanto cumplan con las disposiciones que sobre el particular dicte el Servicio Forestal.

TRANSITORIOS

ARTICULO UNICO. - El presente Decreto entrará en vigor a los tres días de su publicación en el "Diario Oficial" de la Federación.

En cumplimiento a lo dispuesto por la fracción I del artículo 89 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos y para su publicación y observancia, promulgo el presente Decreto en la residencia del Poder Ejecutivo Federal, en la ciudad de México, a los veintiún días del mes de septiembre de mil novecientos treinta y ocho.- Lázaro Cárdenas.- Rúbrica.- El Jefe del Departamento Forestal y de Caza y Pesca, Miguel A. de Quevedo.- Rúbrica.- Al C. Lic. Ignacio García Téllez, Secretario de Gobernación.- Presente.



Anexo 2: Tablas de resultados

Los resultados de las determinaciones de las propiedades de campo, físicas, químicas y biológicas se ingresaron a una hoja de cálculo, donde se procesaron los datos y se realizaron los cálculos pertinentes de cada método, obteniendo una tabla por cada zona de muestreo en donde se concentraron todos los resultados.

Tabla 26. Resultados del primer muestreo de zona alta. **Fuente.** Elaboración propia.

ZONA ALTA				PRUEBAS EN CAMPO													DETERMINACIONES FÍSICAS							DETERMINACIONES QUÍMICAS										DETERMINACIONES BIOLÓGICAS		
profundidad	X	Y		Prueba de infiltración	Prueba de humedad	Área cilindro (cm ²)	m cilindro (g)	Densidad (ρ) aparente en campo (g/cm ³)	pH en campo	Temperatura ambiente (°C)	Volumen (m ³)	ρ húmedo en campo (g/cm ³)	muestra húmeda (g)	ρ seco en campo (g/cm ³)	ρ húmedo seco (g/cm ³)	ρ húmedo (g/cm ³)	Porcentaje de saturación (%)	Densidad real (g/cm ³)	Humedad por gravimetría (%)	Determinación de Color (en terreno)	Determinación de Color (en laboratorio)	COLE	Textura	Densidad Aparente (g/cm ³)	pH en extracto	CE en extracto de saturación (pH en terreno)	Carbonatos (meq/L)	Bicarbonatos (meq/L)	Cloruros (meq/L)	Calcio (ca meq/L)	Magnesio (mg meq/L)	Acidez extractible (meq/100g)	Capacidad de intercambio catiónico (meq/100g capacidad base)	Carbono orgánico (%)	Materia orgánica (%)	Nitrógeno total (g)
conservada 1	0 - 7 cm	593878.817	2126265.209	3250"	1'24"32	39.590	32.740	1.210	7	16	296.93	326.4	359.16	253.56	286.3	72.86	55.25	2.38	28.7348	10YR 2/2 (Marrón muy oscuro)	10YR 4/2 (Marrón grisáceo oscuro)	0.022	Arcillosa	1.07	7.803	0.39	0	3	0	4	0.4606	12.8	0.144	32.76	56.48	0
conservada 2	7 - 14 cm			NO APLICA													65	2.11	N/A	10YR 2/1 (Negro)	7.5YR 4/2 (Marrón)	0.023	Arcillosa	0.95	7.984	0.55	0	1.6	1	2	0.4606	10.8	0.156	35.88	61.86	0
conservada 3	14 - 20 cm			NO APLICA													69.75	2.27	N/A	10YR 2.5/1 (Negro rojo)	5YR 4/1 (Gris oscuro)	0.023	Arcillosa	1.04	7.924	0.52	0	2.4	0	2	0.2318	6.8	0.16	23.4	40.34	0
afectada 1	0 - 7 cm	591930.757	2128079.921	5238"	1'58"25	40.710	33.010	1.1998	7	15	301.29	328.5	361.49	244.09	277.1	84.39	69.1	2.5	34.5733	10YR 3/1 (Gris muy oscuro)	10YR 5/3 (Marrón)	0.032	Arcillosa	0.95	8.133	0.48	0	0.8	1	6	0.2318	12.8	0.16	20.28	34.96	1.68
afectada 2	7 - 14 cm			507'31													59.65	2.41	N/A	10YR 3/4 (Marrón amarillento oscuro)	7.5YR 6/2 (Gris rosado)	0.056	Franco-Arcillosa	0.99	7.963	0.53	0	2.6	0	2	0.2318	14.4	0.176	21.06	36.31	1.68
afectada 3	14 - 20 cm			507'31													48.5	2.63	N/A	10YR 3/3 (Marrón oscuro)	10YR 5/3 (Marrón)	0.022	Arcillosa	0.99	7.943	1.9	0	0.6	1	2	0.2318	12.8	0.18	18.72	32.27	0

Tabla 27. Resultados del primer muestreo de zona baja. **Fuente.** Elaboración propia.

ZONA BAJA				PRUEBAS EN CAMPO													DETERMINACIONES FÍSICAS							DETERMINACIONES QUÍMICAS										DETERMINACIONES BIOLÓGICAS		
profundidad	X	Y		Prueba de infiltración	Prueba de humedad	Área cilindro (cm ²)	m cilindro (g)	Densidad (ρ) aparente en campo (g/cm ³)	pH en campo	Temperatura ambiente (°C)	Volumen (m ³)	ρ húmedo en campo (g/cm ³)	muestra húmeda (g)	ρ seco en campo (g/cm ³)	ρ húmedo seco (g/cm ³)	ρ húmedo (g/cm ³)	Porcentaje de saturación (%)	Densidad real (g/cm ³)	Humedad por gravimetría (%)	Determinación de Color (en terreno)	Determinación de Color (en laboratorio)	COLE	Textura	Densidad Aparente (g/cm ³)	pH en extracto	CE en extracto de saturación (pH en terreno)	Carbonatos (meq/L)	Bicarbonatos (meq/L)	Cloruros (meq/L)	Calcio (ca meq/L)	Magnesio (mg meq/L)	Acidez extractible (meq/100g)	Capacidad de intercambio catiónico (meq/100g capacidad base)	Carbono orgánico (%)	Materia orgánica (%)	Nitrógeno total (g)
conservada 1	0 - 7 cm	585660.632	2127088.558	1'37"93	507'31	39.590	32.700	1.170	7	7	296.93	314.80	347.5	300.30	333	14.5	51.25	2.53	4.829	10YR 2/1 (Negro)	10YR 4/2 (Marrón grisáceo oscuro)	0.0227	Arcillosa	1.197	7.998	0.41	0	3.2	0	4	0.2318	11.2	0.216	10.14	17.48	3.36
conservada 2	7 - 14 cm			NO APLICA													45.95	3.9	N/A	10YR 2/2 (Marrón muy oscuro)	10YR 6/4 (Marrón amarillento claro)	0.0227	Arcillosa	1.244	8.018	0.38	0	0.4	0	2	0.2318	12.4	0.196	20.28	34.96	1.68
conservada 3	14 - 20 cm			NO APLICA													42.85	2.32	N/A	7.5YR 3/4 (Marrón oscuro)	10YR 5/4 (Marrón amarillento)	0.0341	Franco-Arenosa	1.268	7.73	0.38	0	0.8	0	4	0.2318	10.4	0.18	25.74	44.37	1.68
afectada 1	0 - 7 cm	587973.937	2127313.843	2'327"	58'43"17	40.710	40.710	1.353	7	22	301.29	366.79	407.5	323.79	364.5	43	44.5	2.17	12.972	7.5YR 3/4 (Marrón oscuro)	10YR 5/4 (Marrón amarillento)	0.0439	Arcillosa	1.013	7.835	0.43	0	2.4	0	2	0.3466	12.4	0.136	17.16	29.58	3.36
afectada 2	7 - 14 cm			NO APLICA													57.5	2.42	972	10YR 3/4 (Marrón amarillento oscuro)	10YR 5/3 (Marrón)	0.0549	Arcillo-Limosa	1.148	7.805	0.19	0	2	0	2	0.2318	12	0.152	18.72	32.27	3.36
afectada 3	14 - 20 cm			NO APLICA													54.35	2.27	N/A	5YR 3/4 (Olive oscuro)	10YR 6/3 (Marrón pálido)	0.0549	Arcillosa	1.164	8.073	0.16	0	0.4	2	2	0.2318	11.6	0.14	20.28	34.96	1.68



Tabla 28. Resultados del segundo muestreo de zona alta. **Fuente.** Elaboración propia.

2	ZONA ALTA			PRUEBAS EN CAMPO													DETERMINACIONES FÍSICAS							DETERMINACIONES QUÍMICAS								DETERMINACIONES BIOLÓGICAS				
	profundidad	X	Y	Prueba de infiltración	Prueba de humedad	Área cilindro (cm ²)	m cilindro (g)	Densidad (ρ) aparente en campo (g/cm ³)	pH en campo	Temperatura en campo (°C)	Volumen (cm ³)	M _{húmedo} (g)	m muestra húmeda (g)	M _{seco} en cilindro (g)	M _{húmedo} (g)	M _{seco} (g)	Porcentaje de saturación (%)	Densidad real (g/cm ³)	Humedad por gravimetría	Determinación de Color en húmedo	Determinación de Color en seco	COLE	Textura	Densidad Aparente (g/cm ³)	pH en extracto	CE en extracto de saturación (p.p.m)	Carbonatos (mg/L)	Bicarbonatos (mg/L)	Cloruros (mg/L)	Calcio (ca mg/L)	Magnesio (mg/L)	Acidez extractible (mg/100 g)	Capacidad de intercambio catiónico (meq/100 g materia seca)	Carbono orgánico (%)	Materia orgánica (%)	Nitrogeno total (%)
conservada 1	0-7 cm	585150.63	2129416.68	2'46"	4'37"	33.183	34.100	1.382	7	20	215.6895	263.89	297.99	198.00	232.1	65.89	44.35	2.311	33.278	10YR 4/3 (marrón oscuro)	5YR 6/2 (gris rosado)	0.0319	Franco-arenoso	1.036	7.74	0.15	0	2	0	2	1.8483	18.4	0.204	9.36	16.14	0
conservada 2	7 - 14 cm			NO APLICA													41.17	2.125	N/A	10YR 3/3 (marrón oscuro)	7.5YR 6/4 (marrón claro)	0.0227	Franco-arenoso	1.071	7.38	0.19	0	3	0	2	2.3762	11.2	0.28	9.36	16.14	0
conservada 3	14 - 20 cm			NO APLICA													41.14	2.229	N/A	10YR 3/2 (marrón grisáceo muy oscuro)	7.5YR 6/2 (gris rosado)	0.034	Franco-arenoso	1.056	7.56	0.17	0	2	0	2	2.0204	8.4	0.256	9.36	16.14	0
afectada 1	0-7 cm	597555.11	2130226.47	1'41"	1'56"	33.183	34.500	1.156	7.000	20.000	215.6895	214.80	249.300	164.80	199.300	50.000	63.98	1.766	30.564	5YR 2.5/1 (negro)	5YR 4/1 (gris oscuro)	0.0568	Franco-arenoso	1.022	7.5	0.21	0	3	0	4	0.9957	4.8	0.212	10.92	18.83	1.68
afectada 2	7 - 14 cm			NO APLICA													56.05	2.294	N/A	5Y 2.5/1 (negro)	2.5 YR 5/2 (rojo débil)	0.0568	Franco-arenoso	1.036	6.36	0.16	0	1	1	4	2.3589	20.4	0.216	11.86	20.45	3.36
afectada 3	14 - 20 cm			NO APLICA													52.58	2.024	N/A	10YR 2/1 (negro)	7.5 YR 5/2 (marrón)	0.0319	Franco-arenoso	1.028	3.82	0.19	0	3	1	2	1.7979	18.8	0.284	11.54	19.89	1.68

Tabla 29. Resultados del segundo muestreo de zona baja. **Fuente.** Elaboración propia.

2	ZONA BAJA			PRUEBAS EN CAMPO													DETERMINACIONES FÍSICAS							DETERMINACIONES QUÍMICAS								DETERMINACIONES BIOLÓGICAS				
	profundidad	X	Y	Prueba de infiltración	Prueba de humedad	Área cilindro (cm ²)	m cilindro (g)	Densidad (ρ) aparente en campo (g/cm ³)	pH en campo	Temperatura en campo (°C)	Volumen (cm ³)	M _{húmedo} (g)	m muestra húmeda (g)	M _{seco} en cilindro (g)	M _{húmedo} (g)	M _{seco} (g)	Porcentaje de saturación (%)	Densidad real (g/cm ³)	Humedad por gravimetría	Determinación de Color en húmedo	Determinación de Color en seco	COLE	Textura	Densidad Aparente (g/cm ³)	pH en extracto	CE en extracto de saturación (p.p.m)	Carbonatos (mg/L)	Bicarbonatos (mg/L)	Cloruros (mg/L)	Calcio (ca mg/L)	Magnesio (mg/L)	Acidez extractible (mg/100 g)	Capacidad de intercambio catiónico (meq/100 g materia seca)	Carbono orgánico (%)	Materia orgánica (%)	Nitrogeno total (%)
conservada 1	0-7 cm	58543.43	2128128.94	1'20"	2'40"	33.183	34.1	0.911	7	19	215.6895	162.30	196.400	151.80	185.9	10.5	91.2	1.675	6.917	5YR 3/1 (gris muy oscuro)	10YR 5/1 (gris)	0.0454	Franco-arenoso	1.124	7.04	0.3	0	1	1	2	0.6094	18.4	0.24	9.98	17.21	10.08
conservada 2	7 - 14 cm			NO APLICA													52.4	1.904	N/A	2.5Y 3/2 (marrón grisáceo muy oscuro)	10YR 6/2 (gris pardo claro)	0.0568	Franco-arenoso	1.072	7.03	0.65	0	1	1	2	0.5916	11.6	0.24	7.49	12.91	3.36
conservada 3	14 - 20 cm			NO APLICA													94.9	1.935	N/A	2.5Y 4/2 (marrón grisáceo oscuro)	10YR 6/3 (marrón pálido)	0.044	Franco-arenoso	1.039	7.2	0.33	0	1	1	4	0.8126	16	0.224	7.18	12.38	5.04
afectada 1	0-7 cm	588602.87	2128312.22	0'13"	0'21"	31.17	34.07	1.105	7	19	202.605	189.79	223.860	171.36	205.43	18.43	63.41	2.055	10.755	2.5Y 3/2 (marrón grisáceo muy oscuro)	5YR 6/1 (gris)	0.034	Franco-arenoso	1.134	7.17	0.39	0	5	1	2	0.6097	7.6	0.24	8.74	15.07	0
afectada 2	7 - 14 cm			NO APLICA													55.57	2.291	N/A	7.5YR 4/2 (café oscuro)	10YR 7/1 (gris claro)	0.044	Franco-arenoso	1.162	7.21	0.36	0	4	1	2	0.8063	8	0.236	7.18	12.39	0
afectada 3	14 - 20 cm			NO APLICA													47.35	2.192	N/A	5YR 4/3 (marrón rojizo)	5YR 7/1 (gris claro)	0.045	Franco-arenoso	1.264	7.47	0.33	0	5	1	2	0.8502	3.6	0.28	4.99	8.6	0



ANEXO III: Difusión de las actividades derivados del proyecto, en el XX CONGRESO INTERNACIONAL Y XXVI CONGRES NACIONAL DE CIENCIAS AMBIENTALES “ANCA”




 LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE QUINTANA ROO Y
 LA ACADEMIA NACIONAL DE CIENCIAS AMBIENTALES
 OTORGAN LA PRESENTE
Constancia
 A:
CASTILLO MORALES M., GARRIDO LÓPEZ S., TESIS TESIS J.

 POR LA PRESENTACIÓN DEL TRABAJO TITULADO

**ANÁLISIS DE PROPIEDADES QUÍMICAS DE UN SUELO FORESTAL EN EL
 EJIDO DE ACXOTLA DEL MONTE, TLAXCALA**

 DURANTE LOS TRABAJOS DEL XX CONGRESO INTERNACIONAL Y
 XXVI CONGRESO NACIONAL DE CIENCIAS AMBIENTALES,
 REALIZADO DEL 14 AL 16 DE JUNIO DE 2023
 EN LAS INSTALACIONES DEL CAMPUS CHETUMAL BAHÍA DE
 LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE QUINTANA ROO


 DR. JULIO CÉSAR ROLÓN AGUILAR
PRESIDENTE ANCA


 DRA. LUCINDA AROYO ARCOS
DIRECTORA DE LA DIVISIÓN DE
 DESARROLLO SUSTENTABLE

CHETUMAL, QUINTANA ROO, JUNIO 16 DE 2023





XX CONGRESO INTERNACIONAL Y
XXVI CONGRESO NACIONAL DE
CIENCIAS AMBIENTALES
"ANCA"



LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE QUINTANA ROO Y
LA ACADEMIA NACIONAL DE CIENCIAS AMBIENTALES

OTORGAN LA PRESENTE

Constancia

A:

ARRIOLA MORALES J., GARRIDO LÓPEZ S., TESIS TESIS J.

POR LA PRESENTACIÓN DEL TRABAJO TITULADO

ANÁLISIS DE PROPIEDADES FÍSICAS DE UN SUELO FORESTAL EN EL EJIDO
DE ACXOTLA DEL MONTE, TLAXCALA

DURANTE LOS TRABAJOS DEL XX CONGRESO INTERNACIONAL Y
XXVI CONGRESO NACIONAL DE CIENCIAS AMBIENTALES,
REALIZADO DEL 14 AL 16 DE JUNIO DE 2023
EN LAS INSTALACIONES DEL CAMPUS CHETUMAL BAHÍA DE
LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE QUINTANA ROO

DR. JULIO CÉSAR ROLÓN AGUILAR

PRESIDENTE ANCA

DRA. LUCINDA AYOYO ARCOS

DIRECTORA DE LA DIVISIÓN DE
DESARROLLO SUSTENTABLE

CHETUMAL, QUINTANA ROO, JUNIO 16 DE 2023



JOSEPH TESIS TESIS

BIBLIOGRAFÍA

- CONABIO (2008) Climas, Escala 1:1000000
- CONABIO (2014) Conjunto de datos vectoriales edafológico, Escala 1:250000, Serie II
- CONABIO (2008) Edafología, Escala 1:1000000
- CONABIO (2008) Mapa de suelos dominantes de la república, Escala 1:1000000
- CONABIO (2008) Precipitación media anual, Escala 1:400000
- CONABIO (2008) Rangos de humedad, Escala 1:400000
- CONABIO (2008) Regímenes de humedad del suelo, Escala 1:400000
- CONABIO (2008) Temperatura media anual, Escala 1:400000
- CONAFOR. (2023). *Cierre estadístico 2023 coordinación general de conservación y restauración gerencia de manejo del fuego.*
- CONAGUA (10 de diciembre 2023) *Mapas de temperaturas y lluvias.*
<https://smn.conagua.gob.mx/es/climatologia/temperaturas-y-lluvias/mapas-diarios-de-temperatura-y-lluvia>
- CONANP. (2001). Áreas naturales protegidas de México con decretos estatales. SEMARNAT, México.
- DOF. (2013). *Resumen del programa de manejo del parque nacional la montaña malinche.* DOF.
- DOF. (2014). *Reglamento de la ley general de vida silvestre.*
- DOF. (2020). Reglamento de la ley general de desarrollo forestal sustentable Título Primero De las Disposiciones Generales Capítulo I Objeto y Aplicación (Vol. 130).
- DOF. (2021). Ley General de Vida Silvestre.
- Encina, F. M. M., González, J. M., & Paredes, J. C. (2020). *Actual and potential distribution of dendroctonus mexicanus hopkins under two climate change*

scenarios. *Madera y Bosques*, 26(2), 1–14.
<https://doi.org/10.21829/MYB.2020.2622002>

Fabiola, R. G., & Lourdes, V. R. (2008). *Estimacion de la biomasa forestal del parque nacional malinche - Tlaxcala - Puebla. Ciencia Forestal En México*, 33, 59–86.

FAO. (2009). *Guía para la descripción de suelos. Cuarta. (R. V. Rojas, Trad.) Roma, Italia.*

FERTILAB. (2014). Fertilab. Recuperado el 11 de Noviembre de 2023, de <http://www.fertilab.com.mx/Sitio/Vista/EI-Analisis-de-Extracto-Saturado.php>

Gaceta unam. (2023). UNAM, 5,390, 1–79.

Garrido Valero, M. S. (1993). *Interpretación de Análisis de Suelo. Madrid: Ministerio de agricultura, Pesca y Alimentación.*

INEGI (12 de noviembre 2023) *Sistemas de consulta, Mapas*
<https://www.inegi.org.mx/app/mapas/>

INEGI (2007) Conjunto de datos vectoriales edafológico. Escala 1:250000, Serie II

Jaramillo, J. (2002). *Introducción a la Ciencia del Suelo. UNCFC. Medellín*

Land Restoration for Recovery and Resilience Second Edition. (2022).

LGEEPA. (2023). *Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente.*

Porta, J. C., Lopez-Acevedo Reguerin, M., Barcelona, M. •, & México, •. (2003). *EDAFOLOGIA Para la agricultura y el medio ambiente.*

Portal de Geoinformación (14 de octubre, 2023). *Sistema Nacional de Información Sobre Biodiversidad (SNIB). Edafología.*

http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/?vns=gis_root/edafo/tsuelo/eda251mg

[w](#)

Portal de Geoinformación (14 de octubre, 2023) *Sistema Nacional de Información Sobre Biodiversidad (SNIB). Tipos de Suelos.*



http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/?vns=gis_root/edafo/tsuelo/eda251mg

[W](#)

Portal de Geoinformación (14 de octubre, 2023) *Sistema Nacional de Información Sobre Biodiversidad (SNIB). Degradación de Suelos.*

http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/?vns=gis_root/edafo/tsuelo/eda251mg

[W](#)

Portal de Geoinformación (14 de octubre, 2023) *Sistema Nacional de Información Sobre Biodiversidad (SNIB). Regímenes de humedad.*

http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/?vns=gis_root/edafo/tsuelo/eda251mg

[W](#)

Portal de Geoinformación (14 de octubre, 2023) *Sistema Nacional de Información Sobre Biodiversidad (SNIB). Vegetación y Uso de Suelo.*

http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/?vns=gis_root/edafo/tsuelo/eda251mg

[W](#)

Portal de Geoinformación (17 de octubre, 2023) *Sistema Nacional de Información Sobre Biodiversidad (SNIB). División política estatal*

http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/?vns=gis_root/edafo/tsuelo/eda251mg

[W](#)

Portal de Geoinformación (17 de octubre, 2023) *Sistema Nacional de Información Sobre Biodiversidad (SNIB). División política municipal*

http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/?vns=gis_root/edafo/tsuelo/eda251mg

[W](#)

Programa de manejo: Parque Nacional La Montaña Malinche o Matlalcuéyatl. (2013). SEMARNAT, *Primera edición*, 1–210.

RECNAT. (2000). *NOM-021-RECNAT-2000, Que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos. Estudios, muestreo y análisis.*

Sánchez Salas, J. Alfredo., Torres Espinosa, L. Mario., Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, A. y P. (México). C. de I. R. del Noreste. C. E. Saltillo.,



& México Secretaría de Agricultura, G. (2007). *Biología y hábitos del descortezador Dendroctonus mexicanus Hopkins y estrategias de control en Pinus teocote en Nuevo León*. INIFAP, Centro de Investigación Regional del Noreste, Campo Experimental Saltillo.

USDA. (2014). Kellogg Soil Survey Laboratory Methods Manual. Lincoln, Nebraska, USA

USDA. (2014). Soil Survey Field and Laboratory Methods Manual. Soil Survey Investigations Report No. 51 (Versión 2.0).

Z. Castellanos, J. (2016). Guía para la interpretación del análisis de suelo y agua. Celaya: INTAGRI.



