



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE HIDALGO
INSTITUTO DE CIENCIAS BÁSICAS E INGENIERÍA

MAESTRÍA EN GESTIÓN AMBIENTAL

PROYECTO DE FORMACIÓN

**DETERMINACIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE
ESTRATEGIAS PARTICIPATIVAS PARA LA
RESTAURACIÓN DE SUELOS FORESTALES EN
EL BARRIO DE TLACPAC DEL MUNICIPIO DE
ACAXOCHITLÁN, HIDALGO**

**Para obtener el grado de
Maestro en Gestión Ambiental**

PRESENTA

Karen Lizbeth León Ayala

Director (a)

Dra. Dulce María Galván Hernández

Codirector (a)

Dr. Enrique Cruz Chávez

Comité tutorial

Dra. María del Carmen López Ramírez

Dr. Otilio Arturo Acevedo Sandoval

Mineral de la Reforma, 2024.



Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo

Instituto de Ciencias Básicas e Ingeniería

School of Engineering and Basic Sciences

Área Académica de Biología

Department of Biology

Mineral de la Reforma, Hgo., a 9 de julio de 2024

Número de control: ICBI-AAB/492/2024

Asunto: Autorización de impresión.


**MTRA.OJUKY DEL ROCIO ISLAS MALDONADO
DIRECTORA DE ADMINISTRACIÓN ESCOLAR DE LA UAEH**

El Comité Tutorial del nombre del producto que indique el documento curricular del programa educativo de posgrado titulado “**Determinación e implementación de estrategias participativas para la restauración de suelos forestales en el barrio de Tlaxpac del Municipio de Acaxochitlán, Hidalgo**”, realizado por la sustentante **Karen Lizbeth León Ayala** con número de cuenta **271218** perteneciente al programa de **MAESTRÍA EN GESTIÓN AMBIENTAL**, una vez que ha revisado, analizado y evaluado el documento recepcional de acuerdo a lo estipulado en el Artículo 110 del Reglamento de Estudios de Posgrado, tiene a bien extender la presente:

AUTORIZACIÓN DE IMPRESIÓN

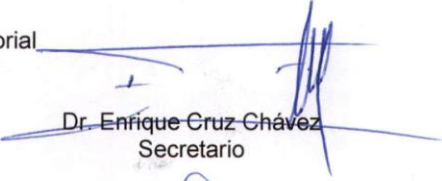
Por lo que el sustentante deberá cumplir los requisitos del Reglamento de Estudios de Posgrado y con lo establecido en el proceso de grado vigente.


Atentamente
“Amor, Orden y Progreso”


Dr. Otilio Arturo Acevedo Sandoval
Presidente


Dra. Dulce María Galván Hernández
Vocal

El Comité Tutorial


Dr. Enrique Cruz Chávez
Secretario


Dra. Ma. del Carmen López Ramírez
Suplente

DMGH/



Ciudad del Conocimiento, Carretera Pachuca-Tulancingo Km. 4.5 Colonia Carboneras, Mineral de la Reforma, Hidalgo, México. C.P. 42184
Teléfono: 52 (771) 71 720 00 Ext. 40063, 40064 y 40065
aab_icbi@uaeh.edu.mx, maritzal@uaeh.edu.mx

uaeh.edu.mx

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios por guiar mi camino para ser una persona de bien, por su amor y fuerza que me da para cumplir cada uno de mis sueños.

Agradezco a CONACYT por el apoyo económico brindado durante la realización de este proyecto.

Me gustaría agradecer a la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo y al Área Académica de Biología por abrirme las puertas, sembrar sus conocimientos y brindarme la oportunidad de avanzar en mi carrera profesional.

Agradezco a aquellas grandes personas que hacen posible el conocimiento en las aulas, a cada uno de los excelentes profesores del programa de maestría.

Agradezco profundamente a mi comité académico, la Dra. Dulce María Galván Hernández, el Dr. Enrique Cruz Chávez, la Dra. Ma. Del Carmen López Ramírez y el Dr. Otilio Arturo Acevedo Sandoval por su apoyo y paciencia durante el complejo camino de la investigación, por cada consejo y sugerencia para mi desarrollo profesional. Su guía constante y fe en mis habilidades me han motivado a alcanzar grandes cosas.

Asimismo quisiera agradecer a todas las personas que contribuyeron al desarrollo de este proyecto, al departamento de ecología de la presidencia municipal de Acaxochitlán por brindarme información, al delegado Luis Vargas Cacahuatitla del barrio de Tlapac por el apoyo incondicional en cada paso del proyecto y a cada uno de los integrantes de los grupos de trabajo participativo por su esfuerzo y dedicación en cada actividad realizada.

Agradezco infinitamente a mis padres, este logro es un testimonio de su inmenso amor y dedicación, valoro mucho los principios, valores, perseverancia y empeño que me han enseñado para ser la persona que hoy soy y ayudarme a cumplir mis objetivos como persona y estudiante.

Agradezco a mi esposo por su apoyo, paciencia y desvelarse conmigo en cada tarea de mi formación académica.

DEDICATORIA

Dedico esta tesis a mi valiente mamá

A quién le admiro su fortaleza y carácter, a través de tus enseñanzas y cariño has dejado una huella imborrable en mi vida y mi éxito académico es un reflejo de tu gran dedicación

Dedico esta tesis a mi papá

Tu amor y consejos han sido fundamentales en mi búsqueda de conocimiento

Gracias por ser mi guía

Dedico esta tesis a mi amado esposo

Por su colaboración y comprensión a lo largo de este viaje académico

Tu presencia en mi vida es un regalo invaluable

Dedico esta tesis a mi hermano

Quien siempre me apoya en cada actividad y meta

CONTENIDO

RESUMEN	10
PRESENTACIÓN	11
MARCO TEÓRICO	14
Indicadores de perturbación del suelo	14
Enmiendas orgánicas.....	15
Uso de SIG para identificar la degradación de suelos.....	16
Participación social en el mejoramiento del suelo	17
NORMATIVIDAD AMBIENTAL RELACIONADA CON EL MANEJO DE SUELOS	21
JUSTIFICACIÓN	26
OBJETIVO GENERAL.....	27
MODELO GENERAL.....	27
CAPÍTULO 1.- MODELO CARTOGRÁFICO DEL BARRIO DE TLACPAC MUNICIPIO DE ACAXOCHITLÁN, HIDALGO	28
Introducción	28
Objetivo.....	28
Materiales y Método.....	28
Resultados y Discusión	32
Conclusión.....	40
CAPÍTULO 2.- MODELO DE CONOCIMIENTO SOBRE PARÁMETROS FÍSICO- QUÍMICOS DEL SUELO EN EL BARRIO DE TLACPAC, ACAXOCHITLÁN, HIDALGO	41
Introducción	41
Objetivo.....	42
Materiales y Métodos	42
Resultados y Discusión	43
Conclusiones	49
CAPÍTULO 3.- MODELO DE CONOCIMIENTO SOBRE TALLERES PARTICIPATIVOS DEL MUNICIPIO DE ACAXOCHITLÁN, HIDALGO	50
Introducción	50

Objetivos	50
Materiales y Método.....	50
Implementación de talleres con el grupo participativo	53
Talleres realizados en la primaria del Barrio de Tlcpac.....	54
Resultados y Discusión	55
Implementación de talleres participativos y estrategias de restauración de suelos.....	57
Monitoreo de tratamientos	65
Talleres con los alumnos de primaria.....	66
Conclusión.....	72
CONCLUSIONES GENERALES.....	73
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	74
ANEXOS	80
Productos de Legislación	80
Productos de Educación Ambiental	85
Análisis en laboratorio	91

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.- Objetivos de Desarrollo Sostenible que implican el cuidado de los bosques y enfoques participativos para su conservación. Fuente: Elaboración propia a partir de datos de la Asamblea General de la Organización de las Naciones Unidas (ONU).....	25
Tabla 2.- Datos vectoriales y ráster para el análisis espacial y caracterización del Barrio de Tlacpac Acaxochitlán, Hidalgo	30
Tabla 3.- Reclasificación y asignación de valores para ambas capas de uso de suelo y vegetación.....	31
Tabla 4.- Matriz de cambio de uso de suelo y vegetación para el municipio de Acaxochitlán, Hidalgo en hectáreas. Pérdida de cobertura (rojo), incremento de cobertura (azul), procesos de degradación (sombreado gris).....	35
Tabla 5.- Características de los parámetros físico-químicos a evaluar en suelo	41
Tabla 6.- Resultados de los parámetros químicos de las muestras de suelo del área de estudio (promedio-desviación estándar) pH (ácido/básico), MO (materia orgánica), C (carbono orgánico), CIC (capacidad de intercambio catiónico), Bases Intercambiables y SB (% de saturación de bases intercambiables).....	45
Tabla 7.- Valores de PERMANOVA para los parámetros químicos del suelo.....	45
Tabla 8.- Resultados de los parámetros físicos de las muestras de suelo del área de estudio (promedio-desviación estándar) densidad real (DR), densidad aparente (DA), % de porosidad (%P), % de arena, limo, arcilla y clase textural.....	46
Tabla 9.- Valores de PERMANOVA para los parámetros físicos del suelo	47
Tabla 10.- Datos de Población del Barrio de Tlacpac (INEGI, 2021).....	51
Tabla 11.- Datos de Población del Barrio de Tlacpac que habla lengua indígena (INEGI, 2021).....	51
Tabla 12.- Tipo de material de la mina del Barrio de Tlacpac, (Solana, 2004).....	51
Tabla 13.- Talleres realizados con el grupo comunitario de trabajo del Barrio de Tlacpac, Acaxochitlán Hidalgo.....	54
Tabla 14.- Talleres realizados en las Primaria "El Triunfo" del Barrio de Tlacpac, Acaxochitlán Hidalgo.....	54
Tabla 15.- Línea del tiempo con las descripciones de los hechos en el bosque de la localidad de Tlacpac. Fuente: Elaboración en colaboración con los pobladores pertenecientes al grupo participativo.....	59
Tabla 16.- Monitoreo de los tratamientos en ejemplares del polígono fuertemente perturbado (promedio y desviación estándar).....	65

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.- Esquema del modelo general del proyecto. Elaboración propia.....	27
Figura 2.- Localización del área de estudio. Fuente: elaboración propia a partir de datos obtenidos del Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI, 2021) y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO, 2022).	29
Figura 3.- Esquema de la metodología general para el diseño de mapas temáticos mediante el apoyo de los Sistemas de Información Geográfica (SIG). Elaboración propia.....	30
Figura 4.- Mapa de procesos de cambios de la cobertura y uso del suelo del municipio de Acaxochitlán, Hidalgo. Elaboración propia a partir de datos obtenidos del Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI, 2021) y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO, 2022).	33
Figura 5.- Topografía del área de estudio. Fuente: elaboración propia a partir de datos obtenidos del Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI, 2021) y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO, 2022).	36
Figura 6.- Clima del área de estudio. Fuente: elaboración propia a partir de datos obtenidos del Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI, 2021) y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO, 2022).	37
Figura 7.- Hidrología del área de estudio. Fuente: elaboración propia a partir de datos obtenidos del Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI, 2021) y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO, 2022).	38
Figura 8.- Mapas comparativos del año 2009 y 2021 sobre el uso de suelo y vegetación del área de estudio. Fuente: elaboración propia a partir de datos obtenidos del Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI, 2021) y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO, 2022).	39
Figura 9.- Comparación de la pérdida de cobertura forestal del área de estudio en un periodo de tres años. Fuente: elaboración propia a partir de datos obtenidos del Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI, 2021) y (HANSEN, 2021).	40
Figura 10.- Esquema de la metodología para el estudio de parámetros físico-químicos. Fuente: Elaboración propia.....	42
Figura 11.- Mapa de pendientes Barrio de Tlcpac, P1) Mediamente perturbado P4) Fuertemente perturbado, PRef) Sin perturbar-referencia. Fuente: Elaboración propia a partir de datos obtenidos en campo.....	44
Figura 12.- Esquema general de la metodología para la implementación de los talleres participativos. Elaboración propia.....	50
Figura 13.- Mina de Arena Sílica del Barrio de Tlcpac. Fuente: Solana L., 2004.	52
Figura 14.- Infraestructura con material de la Cantera. Fuente: Foto personal, 2021.	52
Figura 15.- Reuniones con los enlaces correspondiente. Director de Ecología de la Presidencia Municipal de Acaxochitlán y delegado del Barrio de Tlcpac. Fuente: Toma propia durante el suceso.	55

Figura 16.- Presentación del proyecto en la delegación del Barrio de Tlacpac. Fuente: Toma propia durante el suceso.	56
Figura 17.- Relatoría de la reunión. Fuente: Toma propia durante el suceso.	56
Figura 18.- Fotografías del siniestro ocurrido en mayo del 2019 en el Barrio de Tlacpac. Fuente: Proporcionadas por los integrantes del grupo participativo.	57
Figura 19.- Fotografías del área de estudio A) situación del bosque al finalizar siniestro de incendio, B) dos años después de siniestro y C) tres años después del siniestro. Fuente: Proporcionadas por integrantes del grupo participativo y toma propia.	57
Figura 20.- Taller de muestreo de suelos en el área de estudio.	58
Figura 21.- Taller de Línea del tiempo.	61
Figura 22.- Flora, fauna y condiciones del Bosque de la localidad de Tlacpac. Fuente: Elaboración propia a partir de fotos proporcionadas por los pobladores del grupo participativo.	62
Figura 23.- Taller propiedades fisicoquímicas de suelo. Toma propia.	63
Figura 24.- Practica de compactación del suelo. Toma propia.	63
Figura 25.- Colocación de enmiendas orgánicas en arbolitos del polígono con mayor perturbación por incendio. Toma propia.	64
Figura 26.- Enmiendas orgánicas: A) alcohado de paja T) terrapen AT) alcohado con terrapen y C) sin enmienda. Toma propia.	64
Figura 27.- Crecimiento de los ejemplares (arboles) por un periodo de seis meses utilizando diferentes enmiendas orgánicas. Fuente: Elaboración propia.	65
Figura 28.- Colocación de fotografías en el apartado correspondiente: flora, fauna, amenazas y acción para rescatar el bosque. Toma propia.	66
Figura 29.- Producto final de la identificación de las principales funciones del bosque y sus problemáticas. Toma propia.	66
Figura 30.- Fotografías de alumnos con acciones que harían para cuidar los árboles.	67
Figura 31.- Exposición de las etapas de crecimiento de un árbol y explicación de los pasos para plantar un árbol. Toma propia.	68
Figura 32.- Participación de alumnos y padres de familia en la actividad: sembrando vida (plantación de arbolitos). Toma propia.	68
Figura 33.- Dinámica plantación de arbolitos. Toma propia.	69

RESUMEN

El suelo es un recurso natural no renovable debido a que su proceso de formación tarda cientos de años, su condición actual no es alentadora, se requieren grandes y constantes esfuerzos para su estabilización y recuperación. La conservación debe ser considerada por cada persona a partir de un conocimiento reflexivo y crítico frente a los problemas ambientales que aquejan a nuestro entorno. Un adecuado manejo de los suelos forestales garantiza la conservación de sus características físicas, químicas y biológicas, en este sentido, la percepción ambiental de la población permitirá establecer estrategias que contribuyan a la disminución del daño o a su restauración. La localidad de Tlacpac, perteneciente al municipio de Acaxochitlán, Hidalgo sufrió un incendio en el año 2019, afectando 209.63 ha de bosque, por tanto, este trabajo se enfocó en la evaluación e implementación de estrategias de restauración en suelos forestales mediante la participación social con el objeto de resolver la problemática del suelo en el área incendiada. Se establecieron tres modelos metodológicos para evaluar el área de estudio, 1) se realizó un diagnóstico con la ayuda de los SIG, 2) el análisis de parámetros fisicoquímicos del suelo en áreas afectadas comparándolo con un sitio de referencia, para esto se aplicó un análisis de PERMANOVA serial; y 3) la realización de siete talleres participativos en temas sociales (usos y costumbres, actitudes, valores e interés comunitario) y ambientales (ecosistemas forestales y suelo), con dos grupos de trabajo (adultos, niños de primaria). Se implementaron acciones de restauración mediante el uso de enmiendas orgánicas [acolchado de pino (A), terraplén (T), terraplén con acolchado de pino (TA), más un control] sobre 10 árboles de *Pinus sp.* por tratamiento, se monitoreo el crecimiento por seis meses y se realizó el análisis de datos mediante un ANOVA de dos vías. Los SIG permitieron identificar sitios prioritarios para la restauración del suelo. Las características físicas y químicas del área incendiada mostraron variaciones con respecto al sitio de referencia (pH, densidad real y aparente, % de porosidad, % de materia orgánica, capacidad de intercambio catiónico y bases intercambiables). Con la realización de los talleres participativos en ambos grupos de trabajo, se logró la concientización sobre la importancia del suelo en los ecosistemas, el monitoreo del crecimiento arbóreo permitió identificar diferencias significativas entre tratamientos ($F_{(3,239)}\text{TRAT}=2.885, p=0.036$) y meses ($F_{(5,239)}\text{MES}=8.506, p=2.281\text{E}-07$) donde el tratamiento de acolchado de pino mostró un crecimiento entre 8-10 cm por mes. En este sentido se observa que el realizar una gestión-social-ecológica es efectiva para el manejo de la conservación de los ecosistemas forestales resaltando la importancia de la participación de los principales agentes que hacen uso de este recurso.

PRESENTACIÓN

México es uno de los 12 países más diversos a nivel mundial, se encuentra entre aquellos que en conjunto albergan el 70% de la flora y fauna terrestre. La orografía, posición geográfica y condiciones climatológicas favorecen la formación de distintos ecosistemas. El 70% del territorio mexicano está cubierto por vegetación forestal, la superficie asciende a 137 millones de hectáreas y está compuesta por 5 ecosistemas principales, de los cuales 41% son matorrales xerofitos, 25% bosques, 22% selvas, 11% otras áreas forestales y 1% manglares (DOF, 2020), ubicándose en zonas de clima templado, subhúmedo a muy húmedo, a veces secos y semifríos, en la que predominan especies leñosas perennes que se desarrollan en forma espontánea, con una cobertura de copa mayor al 10% de la superficie que ocupa (LGDFS, 2024).

Los ecosistemas forestales poseen una gran riqueza en cuanto a bienes y servicios que brindan a la sociedad, tales como los recursos maderables y no maderables, además de servicios ambientales (ecosistémicos) entre ellos, servicios de abastecimiento (alimentos, medicamento, fibras, etc.), servicios de regulación (purificación de agua, regulación climática, control de enfermedades y captura de CO₂), servicios culturales (ecoturismo, meditación, monumentos) (FAO, 2015) y servicios ecológicos (brindando funciones de soporte biológico en los ecosistemas terrestres); intervienen en los ciclos de carbono, azufre, nitrógeno y fósforo como parte fundamental en el equilibrio de los ecosistemas, funciona como filtro y amortiguador que retiene sustancias, protegiendo las aguas subterráneas y superficiales contra la penetración de agentes nocivos, a través de la interacción con microorganismos se transforman compuestos orgánicos descomponiéndolos o modificando su estructura consiguiendo la mineralización, también proporciona materias primas renovables y no renovables de utilidad para el ser humano. (CONAFOR, 2023).

A lo largo del tiempo estos ecosistemas han enfrentado grandes problemáticas, principalmente por la deforestación, que es la pérdida permanente de la vegetación por causas naturales (plagas y enfermedades) o inducidas (tala ilegal, incendios, desmontes agropecuarios, entre otros). La Comisión Nacional Forestal (CONAFOR, 2023) ha registrado que México presenta una tasa anual de deforestación promedio de 208,850 hectáreas por año durante el periodo 2001-2021, lo cual representa el 0.31% de la superficie forestal arbolada (66.65 millones de hectáreas). Las entidades federativas con mayor área afectada fueron: Tabasco (1.29%), Yucatán (1.14%), Chiapas (1.09%), Morelos (0.72%), Veracruz (0.61%), Jalisco (0.54%) Baja California (0.47%), Hidalgo (0.35%), Puebla (0.28%), Colima y Tlaxcala (0.27%) donde las principales causas fueron por el agotamiento de los recursos forestales, la sobreexplotación y degradación de los suelos.

El cambio de uso de la tierra forestal a cualquier otro uso de tierra representa una amenaza progresiva resultado de la interacción entre factores sociales, económicos y de gobernanza, donde los principales efectos se presentan a nivel de las propiedades (físico, químico y

biológica) y productividad del suelo (FAO, 2022). Un suelo forestal es un cuerpo natural que se forma sobre la superficie de la corteza terrestre, compuesto tanto de material mineral como orgánico, líquidos y gases, presenta horizontes que han evolucionado a causa de factores climáticos, bióticos, material parental, relieve y tiempo. Sus características están determinadas por el tipo de vegetación que se desarrolla sobre él (LGDFS, 2024).

La Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (2014) reportó que la superficie forestal de Hidalgo es de 817,600 hectáreas, de las cuales 69 mil están incorporadas al aprovechamiento forestal, es decir, cuentan con permiso de utilización de bosques, las cifras del sector forestal, en Hidalgo se deforesta una superficie de 2500 a 3000 hectáreas anuales debido al cambio de uso de suelo, tala clandestina e incendios forestales. Las zonas críticas a estas problemáticas son los municipios de Acaxochitlán, Agua Blanca y Singuilucan, las cuales pertenecen a una de las cinco unidades de manejo forestal (UMAFOR) abarcando la zona de Tulancingo y región Otomí-Tepehua.

De acuerdo a datos proporcionados por la Presidencia Municipal de Acaxochitlán (comunicación personal, 2021), las principales problemáticas que presenta el municipio son: crecimiento demográfico, plagas, tala clandestina, cambio de uso de suelo e incendios. En el año 2019 se registró uno de los más grandes siniestros, un incendio donde tres de sus localidades (Barrio de Tlapac, La Mesa y Tlamimilolpa) se vieron afectadas, abarcando aproximadamente unas 200 hectáreas.

Surge la preocupación por parte de diferentes sectores sociales ante la crisis ambiental que atraviesa la humanidad, lo cual hace necesaria la búsqueda de alternativas que protejan y manejen de forma sostenible los recursos naturales, particularmente en aquellas regiones bajo fuerte presión ambiental, social y económica (FAO, 2022).

Una manera de coadyuvar estas problemáticas es a través de la restauración, es una estrategia de carácter interdisciplinario, articula el conocimiento para dar respuesta a procesos de gestión y manejo de los ecosistemas forestales ante la necesidad de recuperar la salud, estructura y función de estos (SEMARNAT, 2023). El Gobierno Federal impulsa la restauración de los ecosistemas forestales a través de la realización de obras de conservación de suelos y reforestación en terrenos degradados, con base en la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente y la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable, asimismo se basan en Normas Oficiales Mexicanas sobre el cuidado y manejo de suelos forestales (NOM-060-ECOL-1994, NOM-060-SEMARNAT-1994, NOM-021-RECNAT-2000, NOM-020-SEMARNAT-200) y a su vez con programas establecidos por dependencias gubernamentales como la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, mediante el Programa Institucional de la Comisión Nacional Forestal 2020-2024, el cual busca la conservación, restauración y manejo sustentable de los ecosistemas forestales, así como decretos y acuerdos estatales y municipales por medio del Plan Estatal de Desarrollo de Hidalgo 2022-2028 que impulsa la gestión del medio ambiente para el bienestar de las

generaciones actuales y futuras, además de proteger, restaurar y aprovechar de manera sostenible los recursos naturales que brindan los ecosistemas del estado.

La sostenibilidad busca establecer un equilibrio entre la conservación y mantenimiento de los recursos naturales, el impulso de la economía y el mejoramiento de condiciones sociales, mediante el desarrollo de acciones que atiendan problemas públicos asociados al recurso forestal como la seguridad alimentaria, regulación climática, servicios ecosistémicos, captación de agua y CO₂, entre otros. Por lo tanto, para toda práctica de restauración un elemento clave para el éxito en la recuperación de las funciones de un ecosistema, es la participación de los principales actores que hacen uso de este recurso, es decir, los miembros de las comunidades.

Con base a lo anterior el objetivo del trabajo radica en la evaluación e implementación de estrategias de restauración en suelos forestales mediante la participación social, debido a que, de acuerdo a los datos mencionados, el municipio de Acaxochitlán, Hidalgo es uno de los que presenta problemáticas relevantes sobre dicho recurso: incendios, tala clandestina, crecimiento demográfico, cambio de uso de suelo y plagas. El emplear un Sistema de Gestión Ambiental haciendo participe a los miembros de las comunidades, incrementará y fortalecerá la conciencia ambiental, estableciendo objetivos que demuestren su compromiso con el medio ambiente.

MARCO TEÓRICO

A nivel mundial, nacional y regional se han realizado diversos estudios sobre la degradación del suelo, así como las técnicas y herramientas que se ponen en práctica para su restauración. La colocación de enmiendas orgánicas, la evaluación de indicadores de perturbación del suelo, la detección remota de la degradación edáfica mediante los sistemas de información geográfica (SIG) y los enfoques participativos mediante el apoyo de una gestión para su conservación, han tenido un gran avance con respecto a esta problemática.

Indicadores de perturbación del suelo

Los indicadores de la salud del suelo evalúan el grado de función del suelo identificando propiedades que afectan o se correlacionan con los resultados ambientales. El estado de la salud del suelo se puede determinar de dos maneras distintas: una de ellas es mediante la determinación de una caracterización absoluta para la salud del suelo en comparación con la de un suelo con propiedades ideales (profundidad, fertilidad, buen manejo y con un suministro adecuado de agua, etc.). La otra opción, más alineada con la definición de la degradación del suelo, considera una clasificación relativa que depende de la idoneidad del suelo para su uso real (FAO, 2023).

Estrada-Herrera et al. (2017) mencionan que el valor de los indicadores de perturbación permitirá proponer acciones correctivas del manejo de los suelos y evitar así su degradación, entre los atributos fisicoquímicos que destaca se encuentra el pH, materia orgánica (MO), P extraíble (Pex), bases de intercambio (calcio, magnesio y potasio), capacidad de intercambio catiónico efectiva (CICE); además, de considerar también indicadores biológicos como el carbono en biomasa microbiana (CBM); los mismos autores mencionan que conocer estos atributos da pautas para definir estrategias correctivas para aumentar la fertilidad de los suelos. Los cambios en la cubierta vegetal forestal pueden ocurrir por fenómenos naturales o provocados, los cuales modifican las condiciones de fertilidad de un suelo, un ejemplo de ello es la incidencia de siniestros como los incendios. Capulín et al. (2010), determinaron el efecto de un incendio sobre la dinámica de algunas propiedades del suelo y el comportamiento de la vegetación en un bosque de *Pinus patula* en el estado de Hidalgo, México. Mediante la evaluación y comparación de propiedades como el pH, % de materia orgánica (MO), capacidad de intercambio catiónico, % de carbono orgánico (CO), nitrógeno (Nt), fósforo y textura, así como, la recolección de especies vegetales presentes tanto en parcelas incendiadas como en el sitio de referencia, identificaron que los cambios más notorios en el suelo se encuentran en la capa superficial (0-5 cm), donde hubo un incremento del pH lo que favoreció la disponibilidad de nutrientes, así mismo incrementó el contenido de MO y CO 3.5 veces, y 3.7 veces para Nt. Identificaron que el establecimiento de especies pioneras posterior al incendio, modifican las propiedades químicas, físicas y biológicas del suelo, ya que las plantas herbáceas disponen del nitrógeno que se está mineralizando, además

de que absorben el exceso de fósforo en las capas superficiales creando las condiciones adecuadas para una posterior sucesión de especies.

Otro caso similar es el desarrollado por Hernández-Vallecillo, et al. en 2017 realizaron la estimación de la temperatura dos días después de un incendio forestal en *Quercus* sp y *Pinus* sp. Texcoco, Estado de México. Lo realizaron a través de un experimento térmico y un análisis mineralógico, colectaron muestras en los primeros 5 cm de suelo para un análisis de las propiedades edáficas y micro-morfológicas con base en la destrucción, formación y dominancia principalmente de óxidos y ferromagnesianos. Mencionan que las propiedades químicas (MO, fósforo, CIC, pH, K⁺ y Na⁺) y físicas (color y textura) muestran tendencias de acuerdo con la temperatura alcanzada. En temperaturas < 250 °C, los cambios en las propiedades edáficas mejoran su calidad; en tanto que a temperaturas entre 250 °C y 500 °C su efecto es contrario, pero con menor área de impacto. Concluyen que los resultados muestran que los incendios vuelven a presentar una naturaleza dual, pero ahora relacionada con la temperatura alcanzada en el suelo, lo cual es necesario considerar en el combate de incendios o manejo de quemas prescritas con fines de manejo forestal.

Cruz-Flores, et al. (2020) identificaron y reconocieron los mejores indicadores de calidad edáfica y la relación con sus contenidos de carbono orgánico, esta investigación se realizó en bosques de la Reserva de la Biósfera los Volcanes, Tlaxcala, México. Seleccionaron 26 sitios distribuidos entre 2600 y 3800 m de altitud colectando muestras de suelo de 0 a -0.2 m para análisis físicos y químicos y entre 0 a -0.1 m para bioquímicos y biológicos. Los conjuntos de datos de variables originales (VO) generados de las determinaciones físicas, químicas, bioquímicas y biológicas del suelo, se sometieron a un análisis de componentes principales (ACP), los resultados mostraron como excelentes indicadores parciales para evaluar calidad del suelo (IpCS) al pH, porcentaje de arena; contenido gravimétrico de agua, carbono orgánico, Ca⁺² y K⁺ intercambiables; carbono de biomasa microbiana y actividad fosfatasa ácida y presencia/abundancia de bacterias y algas. Concluyen que realizar por separado la descripción de las propiedades con la utilización del análisis de componentes principales ha permitido la identificación de indicadores parciales de calidad del suelo, con un modelo aditivo, los cuales conceden la determinación de los valores de calidad total del suelo con mayor grado de certidumbre y el protocolo para determinar y asignar los valores de calidad para hacer la comparación entre diversos suelos.

Enmiendas orgánicas

La enmienda orgánica es el producto procedente de materiales carbonados de origen vegetal o animal, cuya función es mantener o aumentar el contenido de materia orgánica del suelo, mejorar sus propiedades físicas y su actividad química o biológica. Amortigua la temperatura del suelo, permite absorber con mayor facilidad los nutrientes, mejora la estructura y textura, permite la permeabilidad del suelo ya que influye en el drenaje y aireación de éste, aumenta

la retención de agua y por último disminuye la erosión ya sea por efectos del agua o del viento (Delgado-Londoño, 2017).

Un estudio característico sobre el uso de enmiendas orgánicas para mejorar algunas propiedades del suelo y posteriormente llevar a cabo una repoblación forestal, fue el desarrollado por Hueso-González et al. (2018) en Málaga, España, donde emplearon cuatro enmiendas orgánicas en condiciones secas del suelo; determinaron que las enmiendas de acolchados con restos de paja y astillas de pino carrasco fueron las que significativamente incrementaron el carbono orgánico del suelo (SOC) lo cual favorece la microbiota edáfica y la calidad del mismo.

Otro caso similar donde se analizó el impacto de la aplicación de enmiendas para la fertilidad del suelo fue el trabajo realizado por Amoakwah et al. (2023) en Corea del Sur, mediante la evaluación de la aplicación combinada de silicato y cal sobre los indicadores del suelo (pH, materia orgánica, fósforo, potasio, magnesio y calcio intercambiables y SiO₂ disponibles), determinaron su índice de fertilidad, concluyendo que el evaluar estas propiedades antes y después del uso de enmiendas, ayuda a mejorar la condición del suelo, principalmente aumenta el pH, mejora el intercambio de calcio y la disponibilidad de silicatos, esto contribuye a una mayor actividad enzimática de la microbiota del suelo, posible descomposición y lixiviación de ácidos fúlvicos y elementos de bajo peso molecular, estos resultados contribuyen al establecimiento de propuestas enfocadas en su mejoramiento y manejo sostenible.

Uso de SIG para identificar la degradación de suelos

El beneficio de utilizar los Sistemas de Información Geográfica (SIG) es que permiten implementar habilidades tecnológicas para comprender el territorio de forma práctica y tener una mejor toma de decisiones en cuanto a las problemáticas evaluadas como cambio de uso de suelo, agua, pérdida de cobertura vegetal, zona urbana, hidrología, etc.

Las tecnologías de percepción remota se han utilizado ampliamente para investigar la degradación del suelo ya que son muy eficientes, ahorran tiempo y tienen un amplio alcance. Mamirovic et al. (2019) evaluaron las áreas sensibles a la degradación en áreas rurales utilizando el modelo MEDALUS (Mediterranean, Desertification and Land use) con el apoyo de los SIG y los procesos de degradación mediante indicadores de calidad: suelo, clima, vegetación y gestión, hace mención que el utilizar estas herramientas son funcionales para las simulaciones que respaldan la gestión sostenible de la tierra en las áreas propensas a la degradación. Linares et al. (2020) realizaron una matriz de cambio de uso de suelo mediante los SIG y las cadenas de Márkov para encontrar la probabilidad del estado del suelo en un momento dado permitiendo un enfoque en tiempo para la toma de decisiones para su manejo sostenible. Sandoval-García et al. (2021) evaluaron mediante el uso de imágenes de alta resolución, el cambio de uso de suelo y vegetación dentro de la microcuenca de la Mixteca Alta Oaxaqueña durante el periodo de 1995 a 2016, con ello identificaron la dinámica de pérdida y ganancia de la cobertura vegetal que permitió catalogar zonas prioritarias para la

conservación y restauración mediante el apoyo de los SIG. En esta investigación se identificó un incremento del 6.6 % de la cobertura forestal como consecuencia de la reforestación, estrategia impulsada por las comunidades indígenas durante el período de 1995 al 2016. Concluyeron que el uso de imágenes de alta resolución permitió obtener una mayor precisión en la clasificación de los diferentes tipos de vegetación que requerían estrategias de restauración ecológica y conservación de la biodiversidad a nivel estatal.

No solo el uso de tecnologías y análisis de las propiedades del suelo ayudan a evaluar su estado, sino que también la esfera social es un factor importante en la evaluación y valoración de la conservación de este. La participación social en temas de educación ambiental así como los principios y valores que sustentan a esta sociedad, son muy importantes. Tales herramientas y técnicas no solo se pueden realizar individualmente, sino que pueden trabajarse de manera conjunta, tal como lo presenta Fragoso, (2017) en su investigación desarrollada en Acaxochitlán, Hidalgo donde evaluó el cambio de cobertura y uso de suelo durante un periodo de 11 años (2003-2014), con el apoyo de SIG, además de la obtención de información a través de la participación comunitaria para identificar los factores y problemáticas del cambio de uso de suelo. Concluyó que el problema principal de Acaxochitlán no es el cambio de uso de suelo, sino el cambio en el tipo de vegetación en diferentes grados de perturbación, siendo las principales causas la tala legal e ilegal, los incendios forestales y las plagas, se observó que el origen de estas causas está relacionado a factores sociales como desorganización, baja economía, corrupción, entre otras, lo que ha ocasionado falta de gobernanza en los recursos forestales del municipio de Acaxochitlán.

Participación social en el mejoramiento del suelo

El desarrollo comunitario es entendido como una vía para generar articulación y cohesión social en las poblaciones para realizar acciones colectivas y generar soluciones a problemas comunes, la planeación social y participativa promueve el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales, la conservación y mantenimiento de los ecosistemas. La participación social en temas de educación como el calentamiento global, la disposición de agua, la deforestación, los patrones de producción y consumo, así los principios y valores que sustentan a esta sociedad, son muy importantes. Varios investigadores han considerado la participación comunitaria para complementar dichos estudios y tener una perspectiva más asertiva para la toma de decisiones.

García-Rivas et al. (2020) desarrollaron un plan piloto de restauración con enfoque en el ordenamiento territorial para recuperar la capacidad productiva del territorio y comunidades afectadas, mediante la estructura de una propuesta en diferentes fases (difusión en redes, identificación preliminar de áreas, diagnóstico rural participativo, plan de ordenamiento territorial, definir e implementar propuestas de restauración) las cuales no seguían una secuencia rigurosa en ejecución, concluyeron que la participación de la comunidad en las propuestas y diseño de acciones a implementar, representan un compromiso claro de su

implementación, el monitoreo y seguimiento para la mejora y conservación de la biodiversidad en futuras generaciones.

López-Rodríguez et al. (2020) mencionan que la sinergia ciencia-gestión-sociedad en el ámbito de la conservación presenta muchos desafíos que derivan en parte, de integrar conocimiento procedente de diferentes epistemologías y ontologías, esto ha derivado en reconocer que el discurso para la conservación de la biodiversidad y los servicios de los ecosistemas está incompleto sin las contribuciones de las ciencias sociales, haciéndose necesaria la incorporación de expertos en este ámbito y enfatiza que debe haber una relación entre investigadores para fortalecer el impacto de la ciencia en la gestión de la naturaleza. Jiaoyang Xu et al. 2022 aparte de evaluar la tasa de erosión del suelo mediante el modelo RUSLE (ecuación universal de la pérdida de suelo) evaluó también la productividad primaria neta para la subsistencia de los hogares locales bajo la restauración forestal mediante el modelo CASA-LUE (eficiencia de la utilización de la luz) y encuestas de los residentes de la localidad. Los estudios mencionados enfatizan que ambas herramientas (técnico-científicas más los saberes comunitarios) de evaluación complementan el estudio y proporcionan datos relevantes para la obtención de cambios significativos de manera positiva para mejorar en gran medida las condiciones del entorno ecológico.

Soares y Ortega (2021) realizaron la reflexión sobre la implementación de acciones de conservación de suelo y agua mediante la participación social, ya que es fundamental para la toma de decisiones para que, desde su planeación, dichos programas partan de las realidades concretas, valorando saberes y formas de organización locales, logrando aplicar herramientas metodológicas cualitativas y cuantitativas, entre los resultados obtenidos destacan la evidencia de que las acciones realizadas no cuentan con una participación social efectiva, no fueron recuperadas las normas de acción colectiva local y tampoco se contó con una estrategia sólida de seguimiento. Concluyen que dichas debilidades afectan los resultados esperados de conservación de los bosques y reducen las oportunidades de fortalecimiento del capital social local.

Erazo y Tibizay-García (2022) realizaron una contextualización a nivel mundial, nacional y territorial sobre el problema medioambiental como consecuencia de la deforestación presentando la pedagogía para el cuidado del medio ambiente como una herramienta para el trabajo colectivo para resarcir el daño ambiental a partir de reforestación con árboles nativos mediante la construcción de modelos educativos con la participación de 600 estudiantes y la comunidad en las transformaciones del medio ambiente y su cuidado con objeto de analizar no sólo el comportamiento de la comunidad con el medio ambiente, sino también el comportamiento entre los mismos. Concluyen que a partir de la observación, los jóvenes se relacionan mejor con el ambiente que integrantes de la comunidad, el trabajar en conjunto fortalece el trabajo en equipo y permite crear espacios pedagógicos seguros para el desarrollo del individuo en entornos colectivos y fomenta la educación ambiental para los pobladores, el modelo de investigación a partir de las acciones colectivas genera transformaciones a

futuro, que involucran contextos sociales, económicos y culturales, los cuales se convierten en pilares para la construcción de nuevas sociedades que se concretan con la llegada de las nuevas generaciones.

Por otra parte, Acevedo-Ortiz et al. (2022) mencionan que la organización de los campesinos en conjunto con programas de reforestación permite el mejoramiento de los bosques. Esto lo comprobaron a través de la aplicación de una metodología cualitativa, la cual, se apoyó en la planeación de escenarios y de entrevistas semi estructuradas con las autoridades comunales, lograron identificar que los entrevistados perciben a las forestaciones como el factor que cambió su paisaje y, al mismo tiempo, identifican los servicios ecosistémicos que les brindan, como un clima local más agradable, la aparición de pequeños arroyos y fauna silvestre. Este trabajo refleja que aun falta de apoyo técnico gubernamental, al mismo tiempo, evidencia la carencia de investigaciones para generar políticas públicas eficientes para el manejo de los bosques.

Martínez-Martínez et al. (2023), desarrollaron prácticas comunitarias relacionadas con el medio ambiente de manera conjunta entre estudiantes y pobladores, determinaron las necesidades y problemáticas reales mediante un diagnóstico (entrevistas y planeación de escenarios), para realizar gestiones e invitar a las instituciones públicas, privadas, así como asociaciones civiles a sumarse a la solución de problemas ambientales detectados en las localidades. Resaltan la importancia de trabajar de manera conjunta con las instituciones que abordan temas ambientales, se debe guiar, capacitar y motivar a los líderes o pobladores interesados en la sustentabilidad ambiental para que gestionen los servicios y apoyos que las instituciones destinan a las comunidades, pero, que en muchas ocasiones no se ejecutan porque no realizan una investigación de campo que les permita tomar decisiones fundamentadas. La investigación debe enfocarse en problemáticas actuales que presenta el medio ambiente de tal forma que se contribuya a la satisfacción de las necesidades humanas básicas, pero, al mismo tiempo ofreciendo: seguridad, bienestar, equidad y participación en la consecución de los objetivos del cuidado del medio ambiente.

Después de la revisión de estudios presentada es posible observar que ante diversos problemas ambientales el análisis conjunto de herramientas como: SIG, determinación y análisis de características físicas y químicas del suelo, participación comunitaria, aumenta la probabilidad de lograr un buen manejo de los recursos naturales, así como su conservación. En el trabajo realizado por Ortiz-Ibarra et al. (2023) analizaron la organización comunitaria de Santa María Chachoápam, Nochixtlán, Oaxaca como medio para mejorar el capital natural en su comunidad mediante programas de restauración de suelos y tequios (práctica de manera obligatoria o voluntaria que ha sido heredada de generaciones pasadas) concretados por los pobladores locales. Los datos se recabaron mediante entrevistas semi estructuradas, historias de vida y recorridos de reconocimiento en las áreas reforestadas. Del análisis de los datos se obtuvieron que en Santa María Chachoápam la organización comunitaria para las reforestaciones inició aproximadamente hace más de 40 años con la plantación de casuarinas

y cedros en el acceso principal de la comunidad, dichas reforestaciones fueron coordinadas por los profesores de la primaria, alumnos y pobladores notando grandes cambios en el paisaje de su territorio disminuyendo la degradación del suelo. Concluyen que no solo se trata de plantar o supervisar el cumplimiento de lo estipulado en el contrato CONAFOR-comunidad, sino del acompañamiento constante y consciente de las instituciones gubernamentales hasta que el arbolado alcance su pleno desarrollo y a la par la comunidad tenga las habilidades y capacidades que permitan el manejo de sus áreas reforestadas de manera autónoma.

NORMATIVIDAD AMBIENTAL RELACIONADA CON EL MANEJO DE SUELOS

México cuenta con una riqueza natural inmensa. En el camino hacia el crecimiento económico y desarrollo del país se ha creado una serie de directrices regulatorias en medio ambiente, añadiéndose a tratados y acuerdos internacionales. La legislación ambiental surge para responder los problemas ambientales generados por el ser humano, en ella se indica cómo realizar el uso de los recursos naturales, la temporalidad, las sanciones y responsabilidades ante la falta de su cumplimiento, así como la obligación de restaurar el daño (Valenzuela-Rendon, 2024).

Existen distintas normativas o instrumentos legales para regular la materia ambiental en México, principalmente, la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos dicta los derechos de los ciudadanos, así como las garantías para su protección, entre sus artículos destacan:

Artículo 4.- Toda persona tiene derecho a un medio ambiente sano para su desarrollo y bienestar. El Estado garantizará el respeto a este derecho. El daño y deterioro ambiental generará responsabilidad para quien lo provoque en términos de lo dispuesto por la ley.

Artículo 25.- Establece las condiciones de apoyo económico a sectores públicos y privados para la conservación de los Recursos Naturales y el Medio Ambiente.

Para llevar a cabo esto existen leyes con lineamientos y especificaciones para el cuidado del medio ambiente; dentro de estas se encuentran las relacionadas con la atención, manejo y mejora del suelo en áreas forestales, de las que destacan la Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (LGEEPA) y la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable (LGDFS).

La LGEEPA establece los criterios para la preservación y restauración del equilibrio ecológico, así como a la protección al ambiente, en el territorio nacional y las zonas sobre las que la nación ejerce su soberanía y jurisdicción. Asimismo, establece un marco general sobre información y participación en asuntos ambientales, la responsabilidad por daño ambiental y otras formas para restaurar el equilibrio ecológico.

Dentro de esta ley, se marcan los siguientes artículos en materia de suelo y recursos forestales:

Artículo 3.- Ordenamiento ecológico:

XXIV.- El instrumento de política ambiental cuyo objeto es regular o inducir el uso del suelo y las actividades productivas, con el fin de lograr la protección del medio ambiente y la preservación y el aprovechamiento sustentable de los recursos

naturales, a partir del análisis de las tendencias de deterioro y las potencialidades de aprovechamiento de los mismos.

Artículo 99.- Los criterios ecológicos para la preservación y aprovechamiento sustentable del suelo se considerarán:

IV. La determinación de usos, reservas y destinos en predios forestales

V. El establecimiento de zonas y reservas forestales;

VII. Las disposiciones, lineamientos técnicos y programas de protección y restauración de suelos en las actividades agropecuarias, forestales e hidráulicas;

VIII. El establecimiento de distritos de conservación del suelo;

X. El otorgamiento y la modificación, suspensión o revocación de permisos de aprovechamiento forestal;

XI. Las actividades de extracción de materias del subsuelo; la exploración, explotación, beneficio y aprovechamiento de sustancias minerales; las excavaciones y todas aquellas acciones que alteren la cubierta y suelos forestales; y

XII. La formulación de los programas de ordenamiento ecológico a que se refiere esta Ley.

Artículo 105.- En los estímulos fiscales que se otorguen a las actividades forestales, deberán considerarse criterios ecológicos de manera que se promuevan el desarrollo y fomento integral de la actividad forestal, el establecimiento y ampliación de plantaciones forestales y las obras para la protección de suelos forestales, en los términos de esta Ley y de la Ley Forestal.

La LGDFS tiene por objeto regular y fomentar el manejo integral y sustentable de los territorios forestales, la conservación, protección, restauración, producción, ordenación, el cultivo, manejo y aprovechamiento de los ecosistemas forestales del país y sus recursos; así como distribuir las competencias que en materia forestal correspondan a la Federación, las Entidades Federativas, Municipios y Demarcaciones Territoriales de México. Dentro de esta ley, destacan los siguientes artículos relacionados con la protección de los suelos y recursos que ofrecen los sistemas forestales:

Artículo 2.- Objetivos generales:

II.- Promover el desarrollo científico y tecnológico, así como la transferencia de tecnología, como medios para alcanzar el desarrollo forestal sustentable; y

XI.- Promover la prevención y el manejo integral de los agentes disruptivos que afecten a los ecosistemas forestales, mitigar sus efectos y restaurar los daños causados por estos.

Artículo 3.- Objetivos específicos:

II.- Regular la protección, conservación, uso sustentable y restauración de los ecosistemas, recursos forestales y sus servicios ambientales; así como la zonificación, el manejo y la ordenación forestal;

VII.- Recuperar y desarrollar bosques en terrenos forestales degradados y terrenos preferentemente forestales, para que cumplan con la función de conservar suelos y aguas, además de dinamizar el desarrollo rural;

X.- Promover la conservación de los ecosistemas forestales, impulsando su delimitación y manejo sostenible, evitando que el cambio de uso de suelo con fines agropecuarios o de cualquier otra índole afecte su permanencia y potencialidad;

XXXIV.- Garantizar la participación de la sociedad, incluyendo a los pueblos y comunidades indígenas y afroamericanas, en la aplicación, evaluación y seguimiento de la política forestal; y

XXXVIII.- Promover y fomentar la cultura, educación, capacitación e investigación forestal y los procesos de innovación tecnológica para el manejo forestal sustentable.

Artículo 20.- La Comisión tendrá a su cargo la ejecución de las atribuciones que la presente Ley le confiere, así como todas aquellas que sean necesarias para poder cumplir con su objeto:

XV.- Ejecutar y promover programas productivos, de restauración, de protección, de conservación y de aprovechamiento sustentable de los ecosistemas forestales y de los suelos en terrenos forestales o preferentemente forestales; y

XVIII.- Impulsar la participación directa de los propietarios y poseedores de los recursos forestales en la protección, vigilancia, ordenación, aprovechamiento, cultivo, transformación y comercialización de los mismos.

Artículo 32.- Criterios obligatorios de política forestal de carácter ambiental y silvícola:

V.- La protección, conservación, restauración y aprovechamiento de los recursos forestales a fin de evitar la erosión o degradación del suelo; y

VI.- La utilización del suelo forestal debe hacerse de manera que éste mantenga su integridad física y su capacidad productiva, controlando en todo caso los procesos de erosión y degradación.

De esta síntesis de leyes se derivan diferentes normas aplicables a cada rubro ambiental. Las Normas Oficiales Mexicanas (NOM) son herramientas que permiten a las dependencias gubernamentales atender y eliminar riesgos para la población humana, animales y seres vivos, y proteger el medio ambiente. Constituyen una base de los lineamientos de control

para el cuidado y manejo de los recursos ambientales. A continuación, se presentan las NOM para el manejo del suelo.

NOM-060-SEMARNAT-1994 Establece las especificaciones para mitigar los efectos adversos ocasionados en los suelos y cuerpos de agua por el aprovechamiento forestal (DOF, 1994)

NOM-021-RECNAT-2000 Establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos. Estudio, análisis y muestreo (DOF, 2000).

NOM-020-SEMARNAT-2001 Establece los procedimientos y lineamientos que se deberán observar para la rehabilitación, mejoramiento y conservación de los terrenos forestales de pastoreo, para coadyuvar en el restablecimiento, mantenimiento e incremento de los recursos naturales y la capacidad productiva de la biodiversidad de los ecosistemas (DOF, 2001).

En la Evolución de la Política Pública y Planeación Ambiental en México, se destaca la incidencia de los tratados y acuerdos internacionales, lo que ha motivado al gobierno Federal a implementar estrategias y cambios orientados a lograr el desarrollo sostenible a través de la Responsabilidad Social (Morales, 2019), así como lo estipulado por la Asamblea General de la ONU a través de la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible, el cual es un plan de acción a favor de las personas, el planeta y la prosperidad, que también tiene la intención de fortalecer la paz universal y el acceso a la justicia. La Agenda plantea 17 Objetivos con 169 metas y 231 indicadores de carácter integrado e indivisible que abarcan las esferas económica, social y ambiental.

Dentro del presente proyecto, en cumplimiento con lo indicado en el Plan de Desarrollo del Municipio de Acaxochitlán Hidalgo se relacionan los siguientes Objetivos del Desarrollo Sostenible (ODS) y sus metas al 2030, en términos de su prioridad para el municipio (Tabla 1).

Tabla 1.- Objetivos de Desarrollo Sostenible que implican el cuidado de los bosques y enfoques participativos para su conservación. Fuente: Elaboración propia a partir de datos de la Asamblea General de la Organización de las Naciones Unidas (ONU, 2015)

Objetivo de Desarrollo Sostenible (ODS)		Meta general
Educación de calidad		Garantizar una educación inclusiva y equitativa promoviendo oportunidades de aprendizaje donde adquieran los conocimientos, técnicas y prácticas necesarias.
Ciudades y comunidades sostenibles		Lograr que las ciudades y los asentamientos humanos sean inclusivos, seguros, resilientes y sostenibles en las tres dimensiones: económico, social y ambiental.
Acción por el clima		Implementar medidas y acciones de mitigación al cambio climático con una correcta gestión de los recursos.
Vida de ecosistemas terrestres		Proteger, restablecer y promover el uso sostenible de los ecosistemas terrestres, gestionar sosteniblemente los bosques, luchando contra la desertificación, detener e invertir la degradación de las tierras y detener la pérdida de biodiversidad.
Alianzas para lograr los objetivos		Fomentar y promover la constitución de alianzas eficaces en las esferas públicas, privadas y de la sociedad civil aprovechando la experiencia de cada uno e implementar buenas estrategias.

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a lo anterior surgen acuerdos, decretos, planes y programas en gobiernos estatales y municipales encargados de realizar acciones para su ejecución, inspección y vigilancia de los artículos y normas mediante dependencias encargadas [Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), Comisión Nacional Forestal (CONAFOR) y la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA)].

La relación entre estas dependencias y los principales manejadores de los recursos forestales (comunidades) es escasa (Toledo-Mazariegos et al., 2022), es importante la consolidación entre ambas partes para llevar a cabo dichas acciones de manera efectiva, ya que los manejadores de los recursos forestales desconocen los programas, leyes y normas que existen para la protección de los bosques, así como educación sobre temas ambientales (Merino, 1997).

Para una correcta gestión de los requisitos legales, no es suficiente realizar un estudio de manera puntual de las disposiciones legales, sino que se debe realizar de manera sistémica con seguimiento y actualización que permita identificar cambios legales que afecten a la sociedad e incorporarlos de manera oportuna.

JUSTIFICACIÓN

Debido a la problemática que presentan los recursos forestales por los recientes cambios ecológicos, de deforestación, de uso de suelo y climáticos, es importante establecer estrategias que fomenten su recuperación. La conservación debe ser considerada por cada persona a partir de un conocimiento reflexivo y crítico, pero sobre todo con un cambio de actitud frente a los problemas ambientales que aquejan a nuestro entorno. El presente trabajo muestra que la restauración ecológica es clave para la recuperación de ecosistemas forestales degradados, comenzando por el manejo del recurso suelo. La importancia de implementar este proyecto de restauración ecológica radica en la participación comunitaria y el seguimiento paso a paso mediante: un diagnóstico, acuerdos, formación del grupo participativo, acciones iniciales y la evaluación a corto y mediano plazo. Estos pasos permitirán el desarrollo de estrategias en colaboración con la sociedad, se implementen prácticas a través de la experimentación, la observación y el intercambio de ideas entre los principales actores relacionados con los recursos forestales.

OBJETIVO GENERAL

Implementar talleres participativos para desarrollar estrategias de restauración de suelos con vocación forestal del Barrio de Tlacpac Acaxochitlán, Hidalgo; mediante el contraste de parámetros físicos, químicos y biológicos del suelo en zonas degradadas por incendios con respecto a ecosistemas forestal de referencia.

MODELO GENERAL

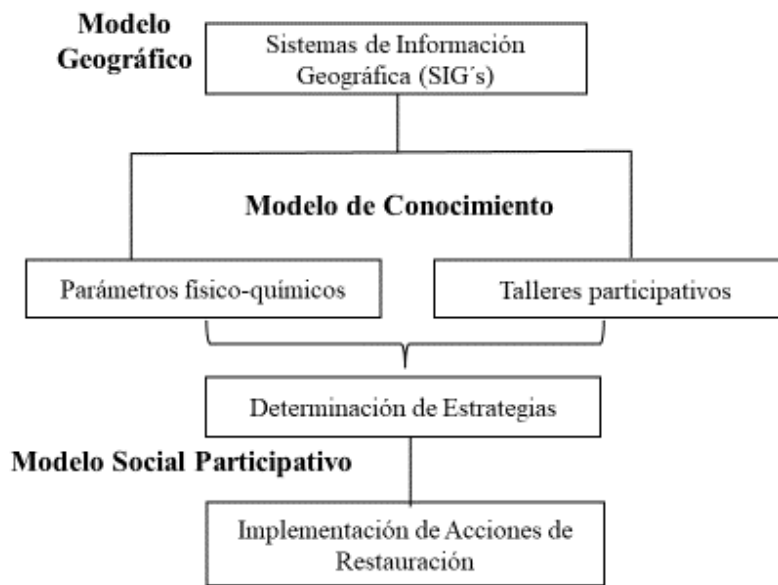


Figura 1.- Esquema del modelo general del proyecto. Elaboración propia.

CAPÍTULO 1.- MODELO CARTOGRÁFICO DEL BARRIO DE TLACPAC MUNICIPIO DE ACAXOCHITLÁN, HIDALGO

Introducción

Un Sistema de Información Geográfica (SIG) crea, administra, analiza y representa cartográficamente todo tipo de datos; identifica patrones, relaciones y situaciones, para la toma de decisiones optimizando la asignación y el uso de recursos al proporcionar información sobre la ubicación y la distribución de los mismos sin tener que acudir a campo (AEROTERRA, 2022). Las ventajas que brindan son: integrar diversos datos físicos del medio ambiente (suelo, agua, cobertura vegetal, zona urbana, hidrología, etc.), analizar la ubicación espacial y organiza capas de información para su visualización, utilizando mapas y escenas 3D, la integración de SIG, percepción remota (PR) y geoposicionamiento global (GPS), permite hacer más eficiente el estudio de los cambios en el uso del suelo y la detección de áreas sensibles a la degradación (Treitz et al., 1992).

En este sentido los SIG son esenciales para este trabajo al ser una herramienta para reunir, gestionar y analizar datos, proporcionando información sobre datos físicos del área de estudio.

Objetivo

Realizar un diagnóstico preliminar mediante SIG para caracterizar y delimitar zonas forestales degradadas en el Barrio de Tlaxpac Acaxochitlán, Hidalgo.

Materiales y Método

Área de estudio

Acaxochitlán, es un municipio del Estado de Hidalgo, México. Su nombre deriva del náhuatl; acatl “caña”, xochitl “flor”, que forman la denominación “Acaxochitl” y “tlan” que quiere decir “lugar”; por lo que se deduce el nombre de Acaxochitlán se traduce como “lugar en que abunda el Acaxochitl” o “lugar donde florece el carrizo” o mejor traducido como “Lugar donde florece el carrizo” (López, 1996).

Geográficamente el Barrio de Tlaxpac se localiza en el municipio Acaxochitlán del Estado de Hidalgo y se encuentra en las coordenadas latitud 20°06'21"N y longitud 98°11'18"W (Figura 2). La localidad se encuentra a una altura de 2300 metros sobre el nivel del mar (INEGI, 2021).

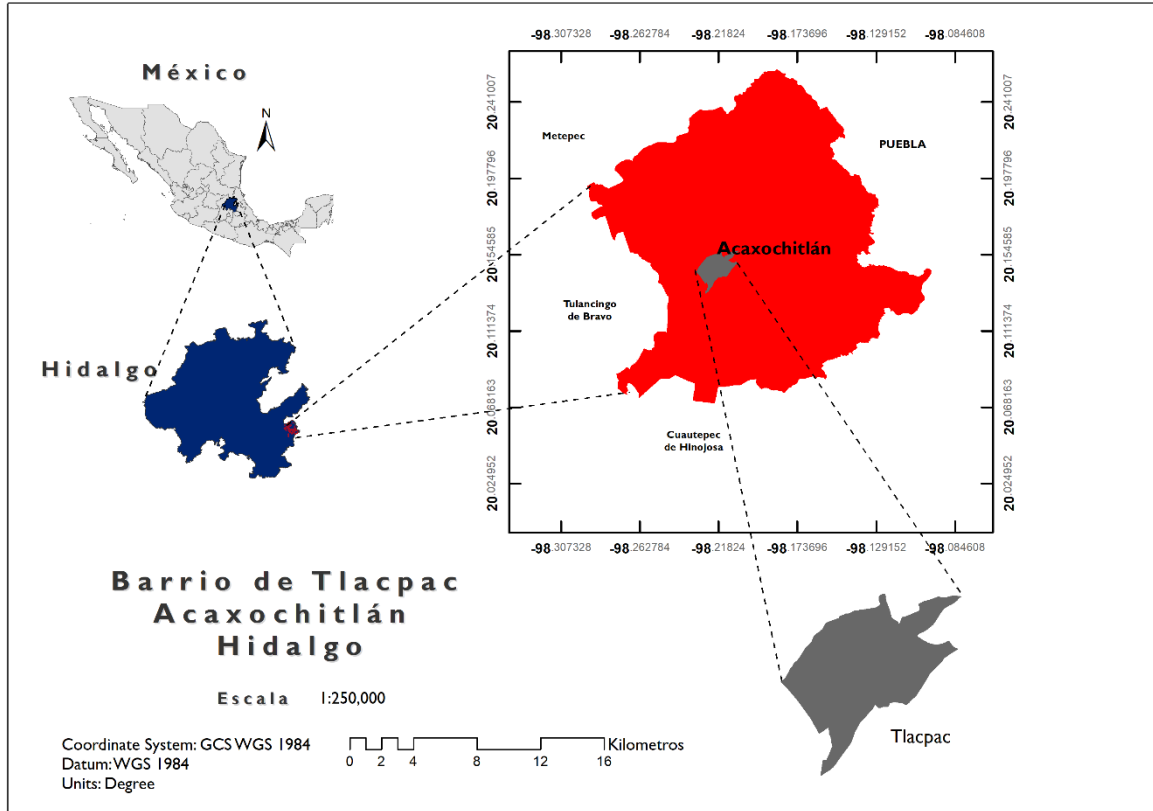


Figura 2.- Localización del área de estudio. Fuente: elaboración propia a partir de datos obtenidos del Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI, 2021) y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO, 2022).

Caracterización del área de estudio

Se realizó la caracterización climática, hídrica y edafológica el área de estudio, así como, la estimación del cambio de uso de suelo y cambio de vegetación mediante la elaboración de mapas temáticos (Figura 3) con la finalidad de identificar zonas de mayor afectación asociada al incendio ocurrido en el año 2019.

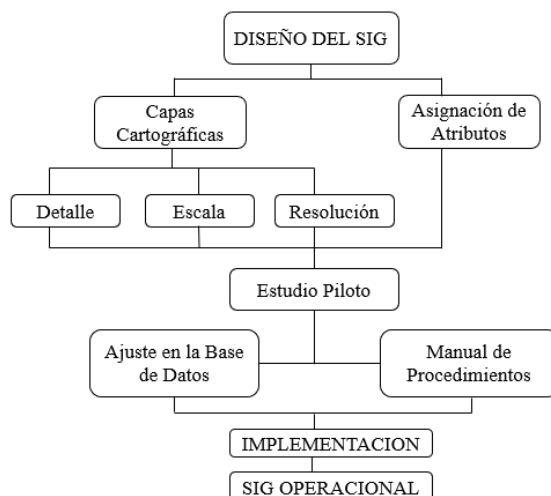


Figura 3.- Esquema de la metodología general para el diseño de mapas temáticos mediante el apoyo de los Sistemas de Información Geográfica (SIG). Elaboración propia.

Para la elaboración de cada mapa temático se llevó a cabo la búsqueda, recopilación y análisis de información en formato digital obtenida del portal electrónico del Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI, 2022) y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO, 2022) (Tabla 2), procesados mediante el software ARCGIS 10.8, generando así la caracterización general del área de estudio.

Para el uso de suelo y vegetación, se llevó a cabo una comparación de mapas de fechas diferentes obtenidos del procesamiento de las Series de Vegetación y Uso de Suelo IV y VII, elaboradas por INEGI (INEGI 2009 y 2021) para observar el cambio de la cubierta vegetal.

Tabla 2.- Datos vectoriales y ráster para el análisis espacial y caracterización del Barrio de Tlacpac Acaxochitlán, Hidalgo

Variable	Tipo de dato	Fuente
Uso de suelo y Vegetación	Vectorial	INEGI Escala: 1: 250 000 Serie IV 2009 y Serie VII 2021
Clima	Vectorial	CONABIO Escala: 1: 500 000 Köppen Edición: 2008
Subcuencas hidrológicas	Vectorial	CONABIO Escala: 1: 250 000 Edición: 2008
División política estatal y municipal	Vectorial	INEGI Escala: 1:250 000 Edición: 2021
Cobertura Forestal	Ráster	Hansen, 2021

Imágenes Satelitales	Ráster	Plataforma: SENTINEL-HUB Imagen multiespectral Resolución: 10-20-60 mts. 10 bandas Edición: 2018, 2019, 2020 y 2021
MDE (Modelo Digital de Elevación)	Ráster	INEGI Escala: 1: 50 000 Resolución: 15 mts.

Fuente: Elaboración propia

Matriz de transición general

La identificación de los procesos de cambio y uso de suelo se realizó mediante el cruce de mapas de fechas diferentes obtenidos del procesamiento de las Series de Vegetación y Uso de Suelo IV y VII, elaboradas por INEGI 2009 y 2021.

Al tener diferentes tipos de uso de suelo y vegetación, se procedió a realizar una reclasificación agrupando los tipos de vegetación y asignándoles un valor, por ejemplo, en la serie VII se tienen varios tipos de agricultura que no se encuentran en la serie IV y se agruparon en un solo valor, se procedió a realizar lo mismo para cada tipo de vegetación, obteniendo un total de 9 categorías. Mediante la generación de un ráster en el software ArcGIS 10.8 para cada inventario y con la herramienta *Dissolve* se simplificó la agrupación de la descripción de cada tipo de vegetación, posteriormente se modificó la tabla de atributos agregando los valores de la reclasificación (Tabla 3), se calculó el área de cada tipo de vegetación mediante la herramienta *Calculate geometry* y finalmente con la herramienta *intersect* (unión de capas) se obtuvo una nueva capa de ambos años.

Tabla 3.- Reclasificación y asignación de valores para ambas capas de uso de suelo y vegetación

Serie VII	Valor asignado	Serie IV
Asentamientos Humanos	1	Zona Urbana (ZU)
Bosque Mesófilo de Montaña	2	Bosque Mesófilo de Montaña (BMM)
Bosque de Pino	3	Bosque de Pino (BP)
Vegetación secundaria arbustiva de bosque de pino		
Bosque de Pino-Encino	4	Bosque de Pino-Encino (BPE)
Vegetación secundaria arbustiva de bosque de pino-encino		
Cuerpo de agua	5	Cuerpo de agua (CA)
Pastizal inducido	6	Pastizal inducido (PI)

Agricultura de riego anual y semipermanente	7	Agricultura (A)
Agricultura de temporal anual		
Agricultura de temporal anual y permanente		
Agricultura de temporal permanente		
Vegetación secundaria arbustiva de bosque de oyamel	8	Vegetación secundaria arbustiva de bosque de oyamel (VSBO)
Vegetación secundaria arbórea de bosque Mesófilo de montaña	9	Vegetación secundaria arbórea de bosque Mesófilo de montaña (VSBMM)

Fuente: Elaboración propia

Análisis de pérdida de cobertura forestal

A partir de los datos de Hansen, et al. (2021) se identificaron los sitios donde existió pérdida de cobertura forestal en los últimos 3 años, se realizó un cruce de información de los datos de Hansen y los datos de la Serie VII del inventario forestal de INEGI mediante la herramienta intersect (unión de capas) obteniendo una capa nueva de ambos datos a la cual posteriormente se calculó el área de cada tipo de vegetación mediante la herramienta *Calculate geometry* dando el total de hectáreas pérdidas, para corroborar esta información se utilizaron la imagen satelital SENTINEL-2019 y 2021 y la Serie IV y VII del inventario forestal de INEGI donde se sobrepusieron los datos vectoriales resultantes del cruce, las cuales fueron corregidas de forma radiométrica y geoméricamente para que los resultados fueran lo más cercano a la cobertura del suelo, generando polígonos prioritarios para establecer las áreas de posible reforestación (Figura 8 y 9).

Resultados y Discusión

Cambios de uso de suelo y vegetación

El proceso de análisis de bases cartográficas permitió elaborar un mapa temático donde se visualiza el cambio que ha existido en el periodo de tiempo evaluado 2009-2021 para el municipio de Acaxochitlán y con el cual se pudo hacer una comparación de manera cualitativa dando un panorama de los lugares con mayores cambios. El municipio presenta una distribución homogénea altitudinalmente y se identificaron nueve categorías de uso de suelo y vegetación (Figura 4).

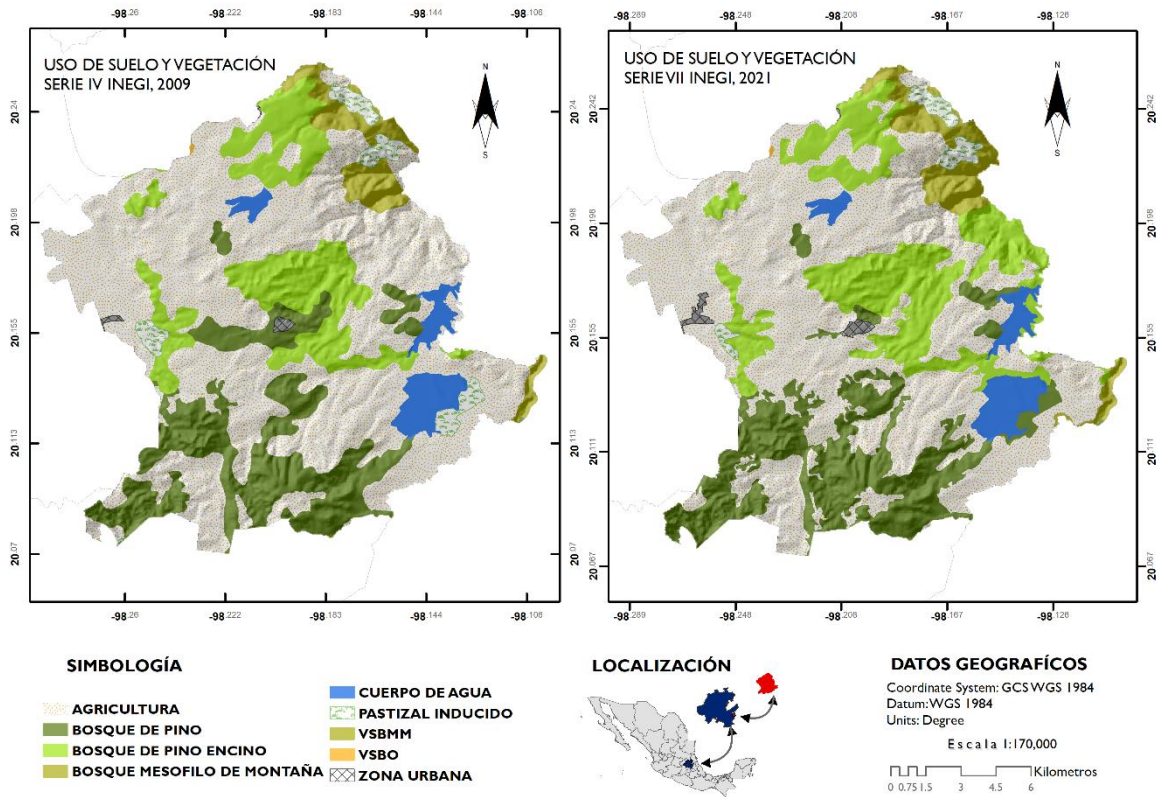


Figura 4.- Mapa de procesos de cambios de la cobertura y uso del suelo del municipio de Acaxochitlán, Hidalgo. Elaboración propia a partir de datos obtenidos del Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI, 2021) y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO, 2022).

El análisis espacial-cuantitativo de los cambios en la cobertura vegetal y el uso del suelo, permiten visualizar la pérdida de vegetación y su conversión en un periodo de 12 años, esto ayuda a plantear prácticas de manejo u otras acciones adecuadas al uso del suelo. La matriz de transición para los cambios ocurridos en las coberturas y usos del suelo del terreno municipal, indica que el área destinada a la agricultura (A) disminuyó un 22.41%, seguido del bosque mesófilo de montaña secundario (VSBMM) con 22.41%, el pastizal inducido (PI) con 21.08%, el bosque mesófilo de montaña (BMM) con 11.9%, y el bosque de pino-encino (BPE) con 9.25%; por otra parte, la zona urbana (ZU) incrementó su área un 5.58% tal como se muestra en la Tabla 4.

Las pérdidas de cobertura y modificaciones al uso del suelo se obtuvieron mediante la comparación entre el inventario de la serie IV vs VII (Tabla 4). Se observó que 154 ha del BMM cambiaron a un uso agrícola y 153 ha a VSBMM. De igual forma, el BMM secundario (VSBMM) también sufrió cambios en su cobertura de las cuales, 532 ha pasaron a ser de uso agrícola. Por otra parte, 371 ha de BPE se modificaron para un uso agrícola (Tabla 4).

En lo que respecta a la agricultura, 79.79 ha fueron afectadas, 6.51 ha de bosque pasaron a agricultura y 72.03 ha de agricultura por pérdida de suelo, por otro lado, 0.45 ha de pastizal pasaron a zona urbana, además de que presentaron procesos de erosión hídrica por urbanización en la parte central del Barrio de Tlapac, Valdez-Lazalde, et al. (2011) en su estudio de cambio de uso de suelo en el municipio de Metztlán reporta que la tasa anual de deforestación fue de -0.5%, valores bajos en contraste a lo observado en este trabajo y a lo reportado por Fragoso, (2017) quien evaluó la pérdida de vegetación por el cambio de uso de suelo en el municipio de Acaxochitlán, estimando un 0.17% de pérdida anual.

Procesos de degradación

Se identificaron 2,149 ha donde existieron procesos de degradación, estos consistieron en la conversión a zona urbana con un aumento del 5.58% de su cobertura en la zona centro y oeste del municipio en las localidades de Tlamimilolpa, La Mesa, Tlapac (zona oeste) y la cabecera municipal Acaxochitlán (zona centro); de este porcentaje 21 ha correspondían a bosque de pino y 46 ha a agricultura (Figura 4 y Tabla 4).

Se observó que 12 ha de BMM, 847 ha de bosque de pino, 1221 ha de bosque pino-encino pasaron a agricultura. Otro proceso de degradación se identificó en la categoría de pastizal inducido, aunque no tuvo impacto en el municipio ya que solo se estimó que 1 ha paso a ser vegetación secundaria de bosque mesófilo de montaña y otra hectárea a agricultura (Figura 4).

Procesos de recuperación

Se identificó un proceso de recuperación en la categoría de pastizal inducido en el cual 146 ha se convirtieron a bosque de pino, 56 ha a bosque de pino-encino y 40 ha a agricultura (Tabla 4), probablemente estos resultados se deban a algunas prácticas que han empleado los pobladores en esta zona a modo de recuperar su ecosistema tal como lo reporta Fragoso, (2017) para la localidad de “La Mesa” en Acaxochitlán y en “Tezoncualpa, Cuauhtepic de Hinojosa, ambas localidades ubicadas en Hidalgo, donde lograron recuperar 1.78% de cobertura forestal mediante participación ciudadana, representando un aumento de 425.31 ha

Tabla 4.- Matriz de cambio de uso de suelo y vegetación para el municipio de Acaxochitlán, Hidalgo en hectáreas. Pérdida de cobertura (rojo), incremento de cobertura (azul), procesos de degradación (sombreado gris)

Matriz de cambio de uso de suelo y vegetación del municipio de Acaxochitlán, Hidalgo										Total, serie VII	% de pérdida anual
Categoría	Serie IV										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9		
1 (ZU)	59	0	21	0	0	0	46	0	0	126	5.58
2 (BMM)	0	322	0	0	0	0	12	0	0	334	-11.91
3 (BP)	0	0	3161	1	1	146	847	0	0	4155	11.75
4 (BPE)	0	0	31	2957	1	56	1221	0	1	4268	-9.25
5 (CA)	0	0	0	1049	834	13	4	0	0	1900	1
6 (PI)	0	0	0	0	0	352	1	0	1	355	-21.08
7 (A)	0	154	801	371	3	40	11713	0	532	13614	-28.25
8 (VSBO)	0	0	0	0	0	0	0	6	0	6	0
9 (VSBMM)	0	153	0	0	0	2	110	0	530	795	-22.41
Total, serie IV	59	477	4014	4379	839	608	13953	6	1064		

Fuente: Elaboración propia

Características del Barrio de Tlacpac

Mediante el análisis de geoprocesos, se obtuvieron las variables de caracterización para el Barrio de Tlacpac, municipio de Acaxochitlán, Hidalgo. A continuación, se presentan las características de cada geoproceso.

Topografía: el terreno es accidentado con elevaciones de 2000 a 3000 msnm (Figura 5) ya que parte de su territorio es atravesado por las estribaciones de la Sierra Madre Oriental que es un cinturón orogénico que se levantó hacia finales del Cretácico Superior y principios del Terciario Inferior. Es producto de la deformación continental denominada regionalmente como Orogenia Laramide. La erosión que muestra la mayoría de las estructuras plegadas, permite observar formaciones precámbricas, paleozoicas y mesozoicas; mismas que son parcial o totalmente cubiertas por materiales volcánicos del Terciario pertenecientes al Cinturón Volcánico Transmexicano (CVT) (Ortega et al., 1992).

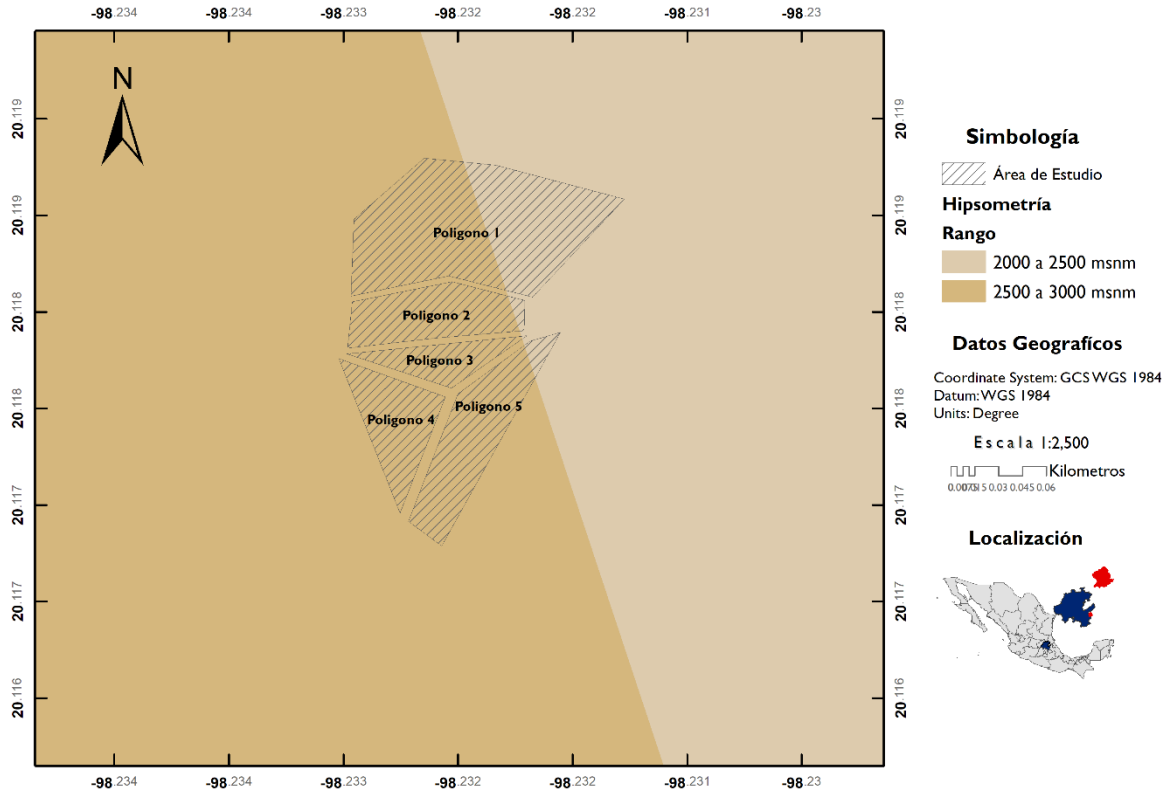


Figura 5.- Topografía del área de estudio. Fuente: elaboración propia a partir de datos obtenidos del Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI, 2021) y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO, 2022).

Clima: el área de estudio es templado-húmedo, semifrío, muy variable debido a la cantidad de humedad y a la precipitación pluvial (Figura 6). Presenta una temperatura media anual de 15.5°C; con nublados que provocan la llamada temporada invernal que se da en forma de llovizna y neblina, bajando la temperatura a 8.3 °C (INEGI, 2021).

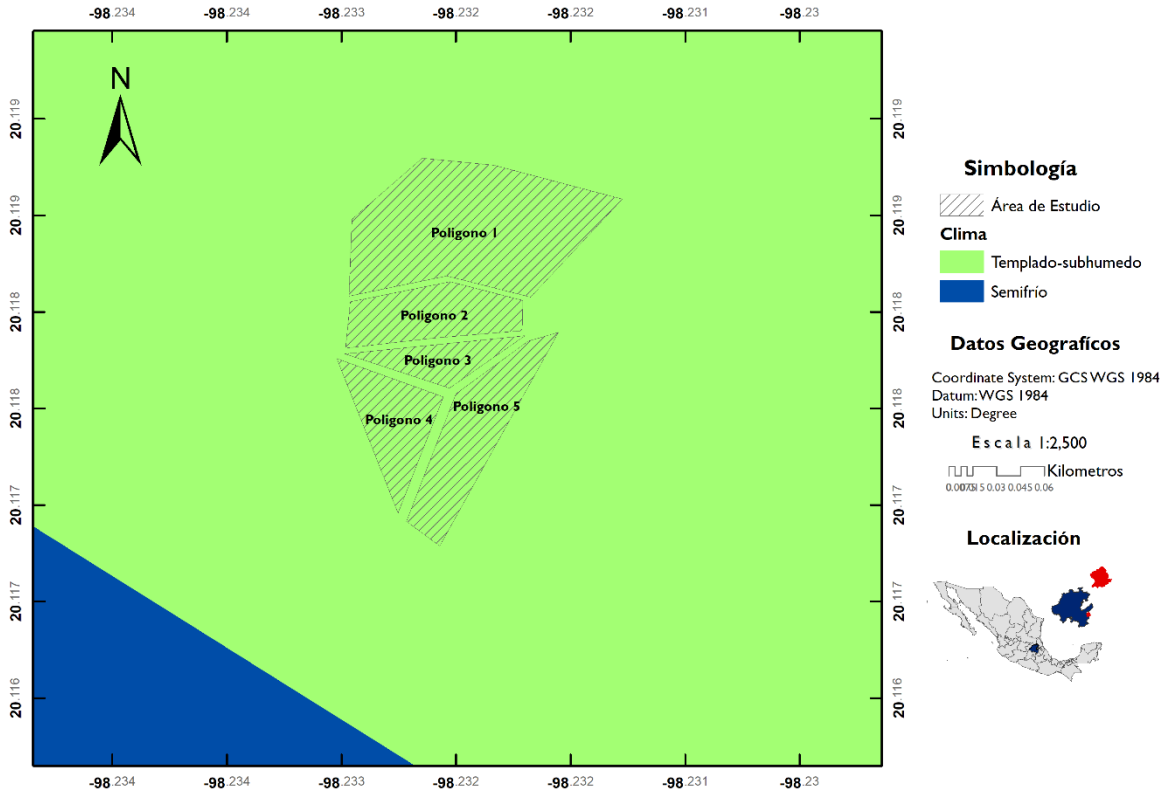


Figura 6.- Clima del área de estudio. Fuente: elaboración propia a partir de datos obtenidos del Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI, 2021) y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO, 2022).

Hidrología: el área cuenta con gran variedad de recursos fluviales debido a su clima y topografía, pertenecen a la Región Hidrológica No. 27 (Tuxpan-Nautla) dentro de la subcuenca R. San Marcos (Figura 7). Cerca al área de estudio se observan algunos ríos intermitentes y uno perenne. Los vientos húmedos del Golfo de México propician abundantes lluvias (INEGI, 2021).

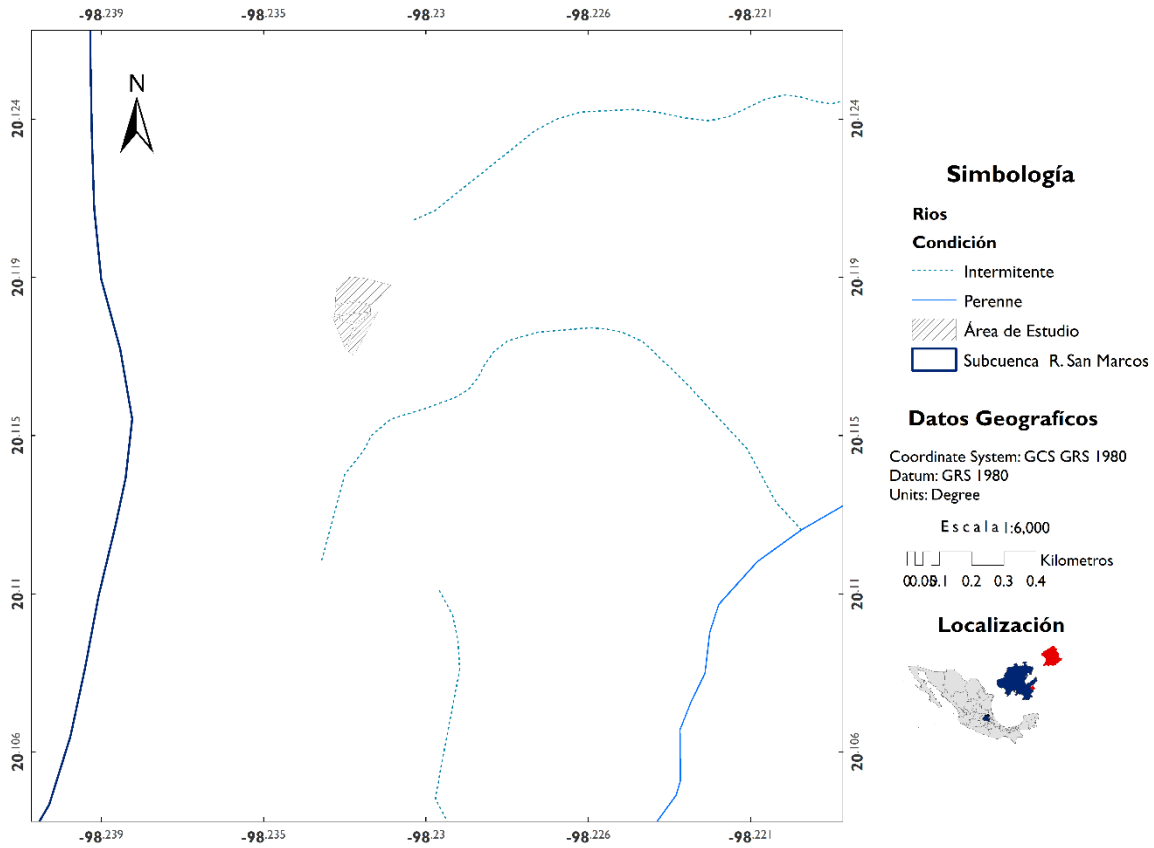


Figura 7.- Hidrología del área de estudio. Fuente: elaboración propia a partir de datos obtenidos del Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI, 2021) y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO, 2022).

Uso de suelo y vegetación: La región es boscosa, la vegetación predominante es encino blanco, pino patula, tepozán, capulín, ocotes y laurelillo (comunicación personal con habitantes de la localidad). El uso del suelo es forestal destacando el bosque de pino y bosque pino-encino, también presenta zonas de pastizal inducido y agricultura. En general, presenta una alta perturbación por el crecimiento de la zona urbana. Se observa que en un periodo de 12 años (del año 2009 al 2021, Figura 8) se ha perdido parte del bosque de pino por su cambio a un uso agrícola, por otra parte, el pastizal inducido se convirtió a bosque de pino encino.

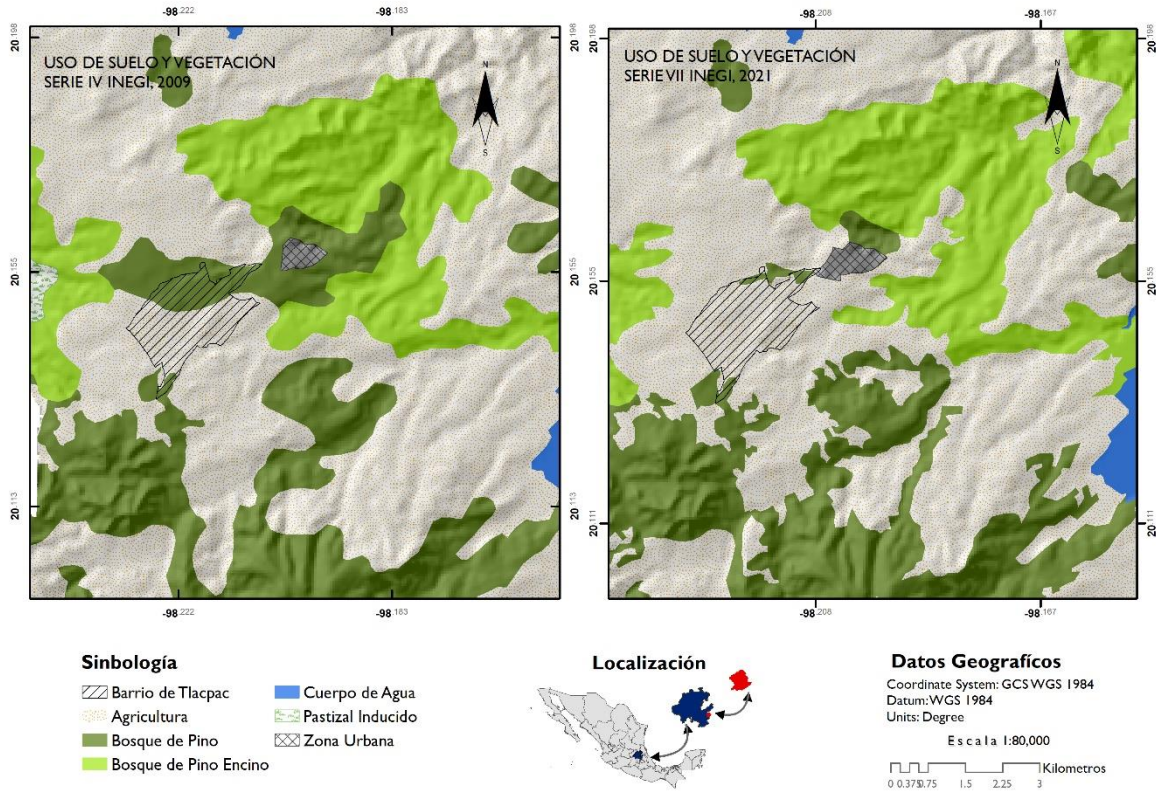


Figura 8.- Mapas comparativos del año 2009 y 2021 sobre el uso de suelo y vegetación del área de estudio. Fuente: elaboración propia a partir de datos obtenidos del Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI, 2021) y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO, 2022).

Cobertura forestal: de acuerdo con las imágenes satelitales SENTINEL-2 del año 2019 y 2021 (Figura 9), no se observan cambios en la cobertura forestal dentro de la localidad de Tlacpac, a pesar de que en la zona sur fue donde ocurrió el siniestro de incendio en el año 2019 con un total de 209.63 ha afectadas (Hansen et al., 2021).

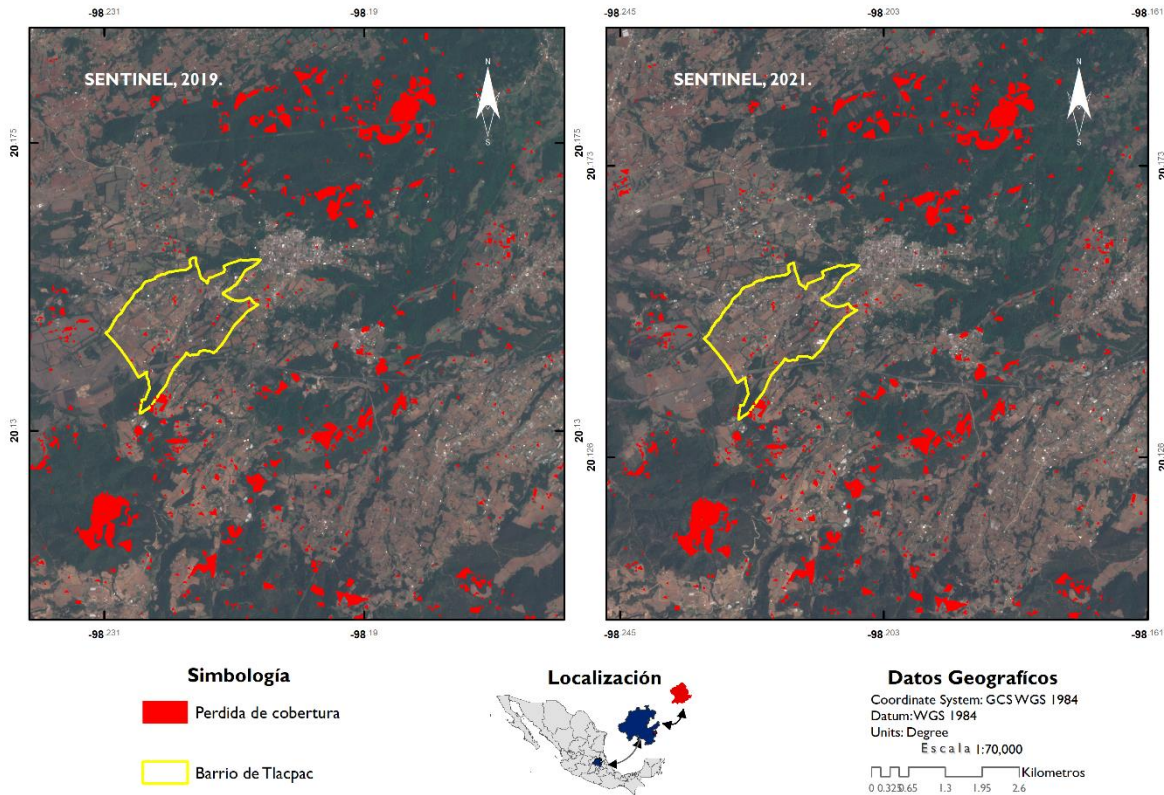


Figura 9.- Comparación de la pérdida de cobertura forestal del área de estudio en un periodo de tres años. Fuente: elaboración propia a partir de datos obtenidos del Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI, 2021) y (HANSEN et al, 2021).

El conocimiento de los efectos de las actividades del ser humano en los diferentes ecosistemas es básico para entender los desequilibrios y los acelerados procesos de degradación que aquejan a los ecosistemas naturales. Sin embargo, las actividades humanas tienen distintos efectos en la degradación ambiental, debido a que los usos de suelo son diversos y varían en intensidad, duración y extensión. Por lo tanto, la identificación y análisis de los cambios de uso del suelo como factor ecológico y geográfico son fundamentales para entender cómo, dónde y qué tanto se está perdiendo de los recursos naturales.

Conclusión

En el periodo de tiempo evaluado (12 años), el municipio de Acaxochitlán ha sufrido modificaciones en su tipo de vegetación y uso de suelo, los ecosistemas más afectados han sido del BMM, BMM secundario y BPE. En la localidad de Tlacpac, además del cambio de uso de suelo, la incidencia de incendios y tala clandestina son factores adicionales que promueven la pérdida de cobertura. La pérdida de la vegetación influye directamente en la pérdida de hábitat y de especies, la reducción de los recursos forestales, el incremento en la erosión y la pérdida de la fertilidad del suelo.

CAPÍTULO 2.- MODELO DE CONOCIMIENTO SOBRE PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS DEL SUELO EN EL BARRIO DE TLACPAC, ACAXOCHITLÁN, HIDALGO

Introducción

El suelo juega un papel fundamental en todos los procesos ecosistémicos, debido a las funciones que realiza y servicios que proporciona, y aunque constantemente está en formación, su proceso es sumamente lento, por lo que se considera un recurso natural no renovable en la escala de tiempo, aunado a lo difícil y costoso que resulta recuperarlo o mejorar sus propiedades después de haber sido deteriorado física o químicamente (CONAFOR, 2016).

Un suelo forestal es un cuerpo natural que se forma sobre la superficie de la corteza terrestre, compuesto tanto de material mineral como orgánico, líquidos y gases, presenta horizontes que han evolucionado a causa de factores climáticos, bióticos, material parental, relieve y tiempo. Sus características están determinadas por el tipo de vegetación que se desarrolla sobre él (LGDFS, 2024).

Un estudio analítico valora una serie de parámetros físico-químicos y su evaluación proporciona un precedente del estado de salud de un suelo (Molina, 2007). En este trabajo el análisis es una herramienta de gran utilidad para diagnosticar problemas nutricionales, así como su estructura para establecer recomendaciones a dicho recurso.

Las principales determinaciones analíticas para evaluaciones de las propiedades físicas y químicas del suelo consideradas en el presente estudio se basaron en la NOM-021-RECNAT 2000 (Tabla 5).

Tabla 5.- Características de los parámetros físico-químicos a evaluar en suelo

Determinación analítica	Parámetro	Método	Para que se determina
Preparación de la muestra	-----	Secado y Molienda	No aplica
pH	Químico	Potenciómetro	Nos ayuda a conocer la solubilidad de los nutrientes en el suelo.
Densidad real y aparente	Físico	Densidad Aparente: método de terrón parafinado. Densidad real: método del picnómetro.	Se puede obtener la porosidad total del suelo y saber cómo se comporta el mismo. Es una forma de evaluar la resistencia del suelo a la elongación de las raíces. Nos ayuda a minimizar la compactación del suelo, favorece la infiltración de agua y reduce el
Contenido de materia orgánica y carbono orgánico	Biológico	Método de Walkley y Black	escurrimiento. Facilita el crecimiento de los cultivos mediante la mejora de la capacidad del suelo para almacenar agua.

Determinación de la textura del suelo	Físico	Procedimiento de Bouyoucos	Permite conocer el nivel de retención del agua, así como los niveles de liberación de los nutrientes Se usa comúnmente para indicar la concentración total del componente ionizado en las distintas soluciones y determinar la capacidad que presenta el suelo de transmitir corriente eléctrica entre sus partículas y su movilidad. Nos indica el potencial de un suelo para retener e intercambiar nutrientes.
Capacidad de intercambio catiónico	Químico	Procedimiento con acetato de amonio	Permite determinar el buen o mal estado nutricional que presenta el suelo para el adecuado crecimiento de la planta y cultivo.
Determinación de Bases Intercambiables	Químico	Procedimiento con Versanato EDTA, espectrometría de masa con plasma (ICP)	

Fuente: Elaboración propia

Objetivo

Evaluar las características físicas y químicas de suelos forestales incendiados en el Barrio de Tlacpac, Acaxochitlán, Hidalgo para determinar su estado de fertilidad.

Materiales y Métodos

El procedimiento metodológico de este capítulo se resume en la Figura 10.

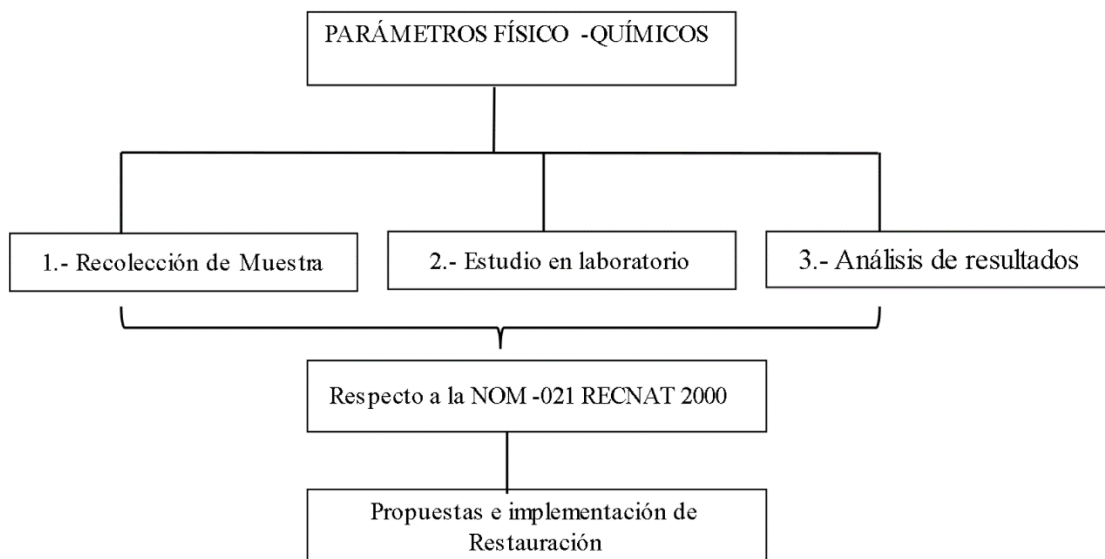


Figura 10.- Esquema de la metodología para el estudio de parámetros físico-químicos. Fuente: Elaboración propia.

Muestreo

Se realizó una visita al área de estudio para registrar las coordenadas del terreno afectado por el incendio con el apoyo de un GPS, posteriormente fueron procesadas mediante los (SIG) generando un mapa de pendientes donde se visualizó espacialmente la extensión del área de estudio, de esta manera se eligió la técnica adecuada de muestreo.

Se generaron 6 polígonos dentro del área de estudio, aunque para la toma de muestras únicamente se consideraron tres de ellos los cuales fueron clasificados de acuerdo al daño producido por el incendio visualizado durante el recorrido del área, como: medianamente perturbado por incendio (P1), fuertemente perturbado por incendio (P4), y sitio de referencia (PR) el cual mantiene condiciones conservadas de vegetación y no fue afectado por el incendio del 2019 (Figura 11). Debido al grado de inclinación (25-50°) y las diferencias que presentaba el terreno, se llevó a cabo un muestreo estratificado en *zig-zag* dentro de cada polígono, se recolectaron 16 submuestras de aproximadamente 30 cm de profundidad, la muestra compuesta de 2kg se obtuvo con el método de cuarteo, esto se replicó para cada polígono, las muestras representativas fueron transportadas y etiquetadas debidamente para su análisis en el laboratorio de Geología Ambiental del Área Académica de Ciencias de la Tierra y Materiales de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo (Anexo 5).

Análisis estadísticos

Mediante el programa Past v4.11. (2022) se comprobó la normalidad de los datos a cada uno de los parámetros físico-químicos, al no presentar una distribución normal se realizó un análisis de PERMANOVA serial con distancias euclidianas, se realizaron tantas pruebas como el número de variables o atributos analizados donde se fueron eliminando y reemplazando variables para obtener aquellas más significativas entre los sitios.

Resultados y Discusión

Muestreo

Los datos obtenidos en campo y procesados mediante los (SIG), permitieron elaborar un mapa temático (Figura 11) donde se aprecia un panorama visual del terreno de estudio. Se visualiza que el terreno presenta pendientes entre 25-50 grados, con esto se determinó que el muestreo más adecuado para la zona de estudio estratificado en *zig-zag*.

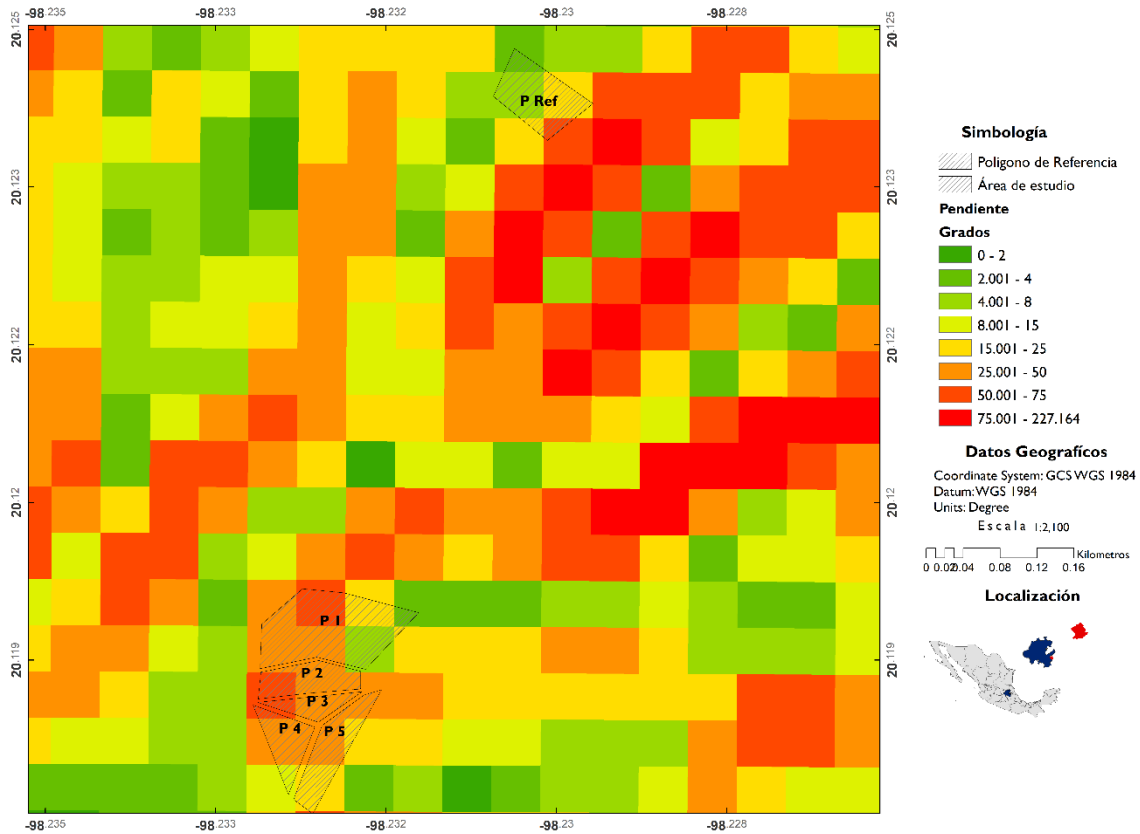


Figura 11.- Mapa de pendientes Barrio de Tlacpac, P1) Mediamente perturbado P4) Fuertemente perturbado, PRef) Sin perturbar-referencia. Fuente: Elaboración propia a partir de datos obtenidos en campo.

La longitud e inclinación de la pendiente están directamente relacionadas con la vulnerabilidad de los suelos a la erosión, a medida que se incrementa la inclinación y la longitud de la pendiente, mayor es la cantidad de agua que fluye por escorrentía y mayor su capacidad erosiva. La erosión es un fenómeno geológico natural, causado por el desprendimiento de partículas de suelo por agentes erosivos como la acción del agua o el viento, en gran medida es acelerada por el hombre, cuando hace un manejo inadecuado de los recursos suelo, agua, plantas, lo cual puede obedecer a distintas causas de orden tecnológico, económico, socio-cultural, ético, legal y político (Hincapié y Ramírez, 2013).

Parámetros físico-químicos

Los análisis de laboratorio se realizaron por triplicado para cada parámetro, con excepción de la densidad aparente que se realizó por 10, con la finalidad de tener un cálculo más preciso. Los resultados se muestran en las siguientes tablas:

Tabla 6.- Resultados de los parámetros químicos de las muestras de suelo del área de estudio (promedio-desviación estándar) pH (ácido/básico), MO (materia orgánica), C (carbono orgánico), CIC (capacidad de intercambio catiónico), Bases Intercambiables y SB (% de saturación de bases intercambiables)

Polígono	pH	% MO	% C	CIC Meq/gr	Bases Intercambiables Cmol (+) Kg ⁻¹				% SB
					Ca ⁺	Mg ⁺	K ⁺	Na ⁺	
P1	5.6±0.32	6.03±0.90	3.50±0.52	52.86±4.62	0.39±0.03	0.43±0.19	0.16±0.12	0.42±0.23	2.49
P4	4.35±0.22	5.72±0.34	3.33±0.19	48.23±1.45	0.24±0.13	0.21±0.042	0.06±0.010	0.35±0.08	1.83
PR	6.27±0.22	9.80±0.34	5.68±0.19	52.93±1.45	0.18±0.13	0.31±0.015	0.08±0.005	0.54±0.02	2.14

Nota: P1 (moderadamente perturbado), P4 (fuertemente perturbado) y PR (sitio de referencia)

Fuente: Elaboración propia a partir de datos obtenidos en análisis de laboratorio.

Tabla 7.- Valores de PERMANOVA para los parámetros químicos del suelo

Variable	F	p
Sin CIC	44.10	0.0049
Sin Na	5.42	0.0198
Sin Mg	5.418	0.0196
Sin K	5.416	0.0162
Todas	5.414	0.0196
Sin Ca	5.414	0.0186
Sin pH	5.11	0.0327
Sin %C	4.86	0.0466
Sin %MO	3.71	0.1062

Nota: Valores de F y p de las PERMANOVA cada que se excluyó una variable. Señalado con negrita el valor obtenido en la PERMANOVA con todas las variables, las señaladas con rojo son las que presentan mayor importancia. Fuente: Elaboración propia.

En relación a las propiedades químicas, la prueba de PERMANOVA indica diferencias entre los parámetros, cuyos valores son menores al valor de F considerando el total de las variables (Tabla 7).

Los suelos en estudio se caracterizan por presentar valores de pH que van de moderada a muy ácidos, variando de 6.27 a 4.30; estos resultados concuerdan con los obtenidos por Acevedo-Sandoval et al. (2010) y Fuentes (2014) donde registraron valores de pH entre 4-

6.7, los valores de pH bajos se presentan en los terrenos afectados por incendio forestal lo cual promovió la mayor acidez de estos, mientras que en el suelo de referencia la presencia de materia orgánica actúa como un amortiguador del pH. En suelos con pH ácidos se afecta la solubilidad y disponibilidad nutrimental de este (nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, azufre o magnesio), restringiendo la humificación y mineralización de la MO, por su parte, la presencia de aluminio inhibe el desarrollo radicular de las especies vegetales (FAO, 2023).

Para el porcentaje de materia orgánica y carbono orgánico, los valores obtenidos para los polígonos perturbados son bajos (NOM 021 RECNAT 2000) en comparación al sitio de referencia con un contenido de materia orgánica media, Acevedo-Sandoval et al. (2010) y Fuentes (2014) reportan valores similares en el mismo municipio, los contenidos presentes de materia orgánica favorecen la estabilidad del suelo, un mayor porcentaje de humedad y una mayor actividad de los microorganismos presentes lo que permite indicar que son suelos moderadamente fértiles. En la localidad de Tlacpac, el pobre contenido de MO provoca una deficiencia de nutrientes (FAO, 2023).

La CIC según lo clasificado por la NOM 021 RECNAT 2000, indica que los suelos en estudio presentan una alta capacidad de intercambio catiónico dada por el contenido de arcilla y el de materia orgánica, por lo que se considera suelos de moderada fertilidad.

Los bajos contenidos de Ca, Mg, K y Na presentes en las tres zonas de estudio se debe principalmente al lavado de suelos debido a las condiciones climáticas, precipitaciones altas y a las condiciones orográficas que se presentan en la región que da como resultado un porcentaje de saturación de bases baja (2%), estos valores pueden ser considerados como un nivel crítico.

Tabla 8.- Resultados de los parámetros físicos de las muestras de suelo del área de estudio (promedio-desviación estándar) densidad real (DR), densidad aparente (DA), % de porosidad (%P), % de arena, limo, arcilla y clase textural

Polígono	DR gr/cm ³	% P	DA gr/cm ³	TEXTURA (Porcentaje)			Clase Textural
				Arena	Limo	Arcilla	
P1	2.28±0.38	61.13±6.11	0.96±0.42	52	18	30	Franco-areno-arcilloso
P4	2.23±0.16	60.06±2.82	0.88±0.42	52	18	30	Franco-areno-arcilloso
PR	2.12±0.32	61.6±5.53	0.87±0.20	52	20	30	Franco-areno-arcilloso

Nota: P1 (moderadamente perturbado), P4 (fuertemente perturbado) y PR (sitio de referencia)

Fuente: Elaboración propia a partir de datos obtenidos en análisis de laboratorio.

Tabla 9.- Valores de PERMANOVA para los parámetros físicos del suelo

Variable	F	p
Sin %P	1812	0.027
Sin DR	6.705	0.0289
Total	6.681	0.0288
Sin limo	6.524	0.0284
Sin arena	4.164	0.0281
Sin arcilla	2.748	0.0494

Nota: Valores de F y p de las PERMANOVA cada que se excluyó una variable. Señalado con negrita el valor obtenido en la PERMANOVA con todas las variables, las señaladas con rojo son las que presentan mayor importancia. Fuente: Elaboración propia

Capulín et al. (2010) y Minervini et al. (2018) mencionan que las propiedades físicas más afectadas luego de una quema son el color y la capacidad de conservar la humedad, así como la estructura del suelo, manifiestan que en suelos quemados se incrementa la hidrofobicidad y por tanto disminuye la capacidad de infiltración del agua e incrementa el riesgo de erosión.

En lo que respecta a las propiedades físicas, la prueba de PERMANOVA indica diferencias significativas ($p < 0.05$) en el porcentaje de arena, limo y arcilla (Tabla 9). Los suelos se caracterizan por tener una textura franco-areno-arcillosa, en general presenta un buen drenaje coincidiendo con los porcentajes mayores de 60% de porosidad del suelo.

Los valores de densidad aparentes menores a 1 gr/cm^3 en las tres zonas de estudio indican que son suelos que se caracterizan por no presentar consolidación o compactación, dando condiciones de buen drenaje, mientras que la densidad real el valor medio de las tres zonas de estudio es de 2.21 gr/cm^3 lo que indica que predominan principalmente minerales ligeros (feldespatos y plagioclasas).

Los incendios forestales producen efectos en el suelo, dependiendo de la intensidad de calor, tiempo, tipo de especies, etc. Por lo tanto, los efectos en el suelo pueden ser temporalmente buenos en algunas propiedades y en otras pueden ser muy perjudiciales (Plasencia et al, 2022). Los incendios forestales ocasionan tanto impactos directos como indirectos en el estado del suelo, a bajas temperaturas (<200°C) se dan cambios principalmente biológicos, a temperaturas medias (>200°C) comienzan a cambiar las propiedades químicas, mientras que a temperaturas altas (>350°C) suelen ocurrir cambios químicos y físicos más profundos (DeBano, 1990).

Entre los impactos directos, destacan aquellos sobre la materia orgánica. Se ha visto que en incendios de intensidades bajas, la fertilidad puede incrementarse inicialmente, debido al aporte de materia orgánica semipirolizada y nutrientes contenidos en las cenizas, los cuales son liberados paulatinamente en formas inorgánicas como lo reportan Plasencia et al. (2022) de 2.8% a 4% en un periodo de 9 meses y Rufasto-Pérez (2023) de 5.3% a 7.8% en un periodo de 5.5 años en bosques forestales de Perú, donde el contenido de MO fue incrementando tiempo después del incendio.

De igual forma, se ha observado que el contenido de MO puede variar de acuerdo a la profundidad a la que se toman las muestras de suelo, en el presente estudio fue de 30 cm donde se determinó un %MO de 5-6% en la zona que sufrió incendio disminuyendo un 4% con respecto al sitio de referencia, un caso similar se presentó para Capulín et al. (2010) con una reducción del 2.6% a una profundidad de 30 cm y 18.7% a una profundidad de 5 cm; estos valores presentan una relación con respecto a la distancia a la que se tomó la muestra, ya que se encuentran por debajo a lo reportado por Plasencia et al. (2022) y Rufasto-Pérez (2023).

La acumulación de cenizas en superficie es un factor que altera las propiedades químicas del suelo, en especial el pH, esto debido a que, las cenizas están compuestas principalmente por bases como el calcio, magnesio y potasio, que al acumularse en el suelo provocan un efecto alcalinizante; asimismo las cenizas contienen hidróxidos y carbonatos que al reaccionar por hidrólisis con el agua del suelo aumentan el pH (Araujo-Justiniano y Navarro-Sánchez, 2023). Esto no se observó en el presente estudio ya que tenemos un pH ente 4-5 en los sitios afectados por incendio y 6.2 en el de referencia, este último considerado dentro de los valores naturales para los bosques forestales, esto corrobora que la intensidad del incendio fue baja y al tener poca materia orgánica y bajo porcentaje de bases intercambiables no generó una alta producción de ceniza que pudiese incorporarse para la neutralización del pH, al mismo tiempo se relaciona con las condiciones climatológicas y orográficas de la zona al tener pendientes altas (30-50°) las bases intercambiables se van perdiendo por las fuertes precipitaciones (lixiviación) provocando la acidez en el suelo tal como lo menciona Jaramillo (2002).

Conclusiones

Las propiedades físicas y químicas del suelo de las tres regiones en estudio indican que la incidencia de los incendios forestales no ha sido factor que afecte directamente la calidad de los suelos debido a que la intensidad de estos ha sido baja.

Posterior al análisis de PERMANOVA, los parámetros químicos Ca, pH, %MO y %C determinaron las diferencias entre el sitio perturbado con respecto al de referencia, donde, los valores de Ca son mayores a comparación del resto de los parámetros donde presentan valores bajos.

El pH del suelo en la localidad de Tlacpac tiende a ser moderadamente a fuertemente ácido; el porcentaje de saturación de bases es baja (2%) lo cual se considera un nivel crítico, esto puede asociarse con las condiciones climatológicas, precipitaciones altas y condiciones orográficas de la zona ya que el área afectada por incendio presenta pendientes entre 25-50 grados.

En general, el porcentaje de MO en el sitio afectado por incendio es bajo (5-6%) lo que corresponde a una disminución del 4% con respecto al sitio de referencia, así como el porcentaje de C disminuye un 2.33%.

Se recomienda realizar estudios posteriores a un incendio forestal, cuyos resultados brindarán información para futuras investigaciones y la toma de decisiones por parte de las autoridades competentes con la finalidad de conservar nuestros recursos vegetales, suelo y agua. Se recomienda fomentar la sensibilización ambiental en la población, para así evitar los incendios forestales antrópicos.

CAPÍTULO 3.- MODELO DE CONOCIMIENTO SOBRE TALLERES PARTICIPATIVOS DEL MUNICIPIO DE ACAXOCHITLÁN, HIDALGO

Introducción

Los talleres participativos son una herramienta utilizada para promover el aprendizaje colectivo e individual, estos generan información valiosa y espacios de trabajo que potencia la participación de las personas en condiciones equitativas en la mayoría de los proyectos de desarrollo comunitario, parte fundamental de ello es la valoración de los aspectos generales y sociales de las comunidades con el fin de fomentar una relación participativa creando el marco para el futuro, este diagnóstico inicial proporciona tanto a los miembros de la comunidad como a los agentes externos la oportunidad de entender mejor el proceso de desarrollo en que están involucrados (Geilfus, 2009).

Una comunidad con conocimientos sobre el medio ambiente, puede identificar acciones puntuales, tiempos, agentes y estrategias adecuadas para mitigar los efectos adversos que sufren sus recursos a nivel local (Alegre, 2022). En el caso del presente trabajo, las herramientas colaborativas son de gran apoyo para la implementación de la educación ambiental ya que el coordinador o facilitador del taller dirige a las personas, pero al mismo tiempo adquiere junto a ellos experiencia de las realidades concretas en las cuales se desarrollan (CEO, 2009).

Objetivos

Determinar acciones de restauración de suelos en el Barrio de Tlacpac Acaxochitlán, Hidalgo para su posterior aplicación mediante talleres participativos.

Implementar estrategias de restauración de suelos mediante la participación del grupo comunitario consolidado.

Materiales y Método

La Figura 16 muestra el diseño metodológico realizado en este capítulo.

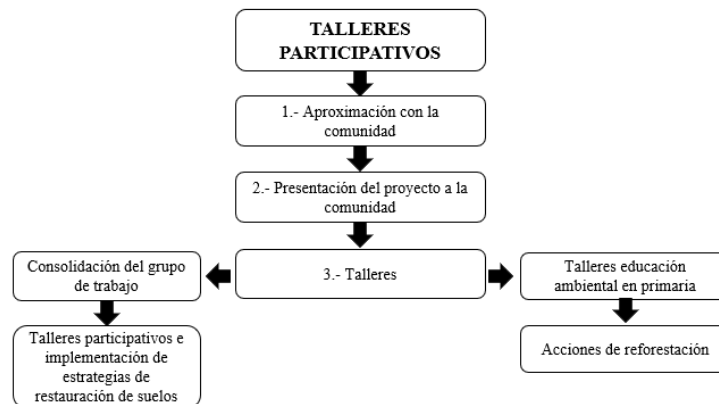


Figura 12.- Esquema general de la metodología para la implementación de los talleres participativos. Elaboración propia.

Área de estudio

Tlacpac, Hidalgo México es una localidad que abarca un área cercana a 130 hectáreas en el Municipio de Acaxochitlán (INEGI, 2021). El número de habitantes ha incrementado en los últimos 15 años (tabla 7), el porcentaje de población indígena que habla una lengua indígena ha disminuido en los últimos 10 años (Tabla 11).

Tabla 10.- Datos de Población del Barrio de Tlacpac (INEGI, 2021)

Año	Habitantes Mujeres	Habitantes Hombres	Total, de Habitantes
2005	684	570	1254
2010	556	452	1008
2020	762	627	1389

Fuente: Elaboración propia

Tabla 11.- Datos de Población del Barrio de Tlacpac que habla lengua indígena (INEGI, 2021)

	Año 2010	Año 2020
Porcentaje de población indígena	5.65%	6.91%
Porcentaje que habla una lengua indígena	1.59%	2.45%
Porcentaje que habla una lengua indígena y no habla español	0.10%	0.07%

Fuente: Elaboración propia

Actividades que desarrollan

Extracción de materiales

En la comunidad, se ubica a 3.7 Km del pueblo de Acaxochitlán, Hgo un área que estuvo destinada a la extracción de arena sílica (Tabla 12), la cual fue utilizada para mantenimiento de algunos caminos de la comunidad, para la autopista y algunos viajes de relleno (Solana, 2004 y comunicación personal del Barrio de Tlacpac, 2022). Actualmente se encuentra inactiva.

Tabla 12.- Tipo de material de la mina del Barrio de Tlacpac, (Solana, 2004)

Clave	Nombre de la localidad	Sustancia	Roca encajonante	Alteración	Origen
AC-20	Tlacpac	Arena Sílica	Toba riolítica	Silicificación, caolinización.	Hidrotermal



Figura 13.- Mina de Arena Sílica del Barrio de Tlacpac. Fuente: Solana, 2004.

Existe también una cantera donde extraían material para construir puertas y ventanas en casas, calles de la localidad y el municipio, así como los arcos de la entrada a cada localidad (Comunicación personal Presidencia Municipal Acaxochitlán, 2022) (Figura 14).



Figura 14.- Infraestructura con material de la Cantera. Fuente: Foto personal, 2021.

Agricultura

Los principales cultivos agrícolas son el maíz, frijol, rábano, cilantro y lechuga. También se cultivan árboles frutales como ciruela, manzana, durazno y naranjo. Las condiciones ambientales y de altura, han favorecido la fruticultura. El valor de estos cultivos con la producción de gran variedad de vinos de frutas tradicionales de la región, como el vino de acáchul (zarzamora, manzana, perón, durazno, capulín, naranja y membrillo), así como la sidra rosada, semi rosada y semi seca y el licor de manzana (Bernal, 2008).

Aproximación con la comunidad

Se realizaron reuniones con los directivos de la presidencia municipal de Acaxochitlán. Producto de estas reuniones se definió el área de estudio y se generó el vínculo con el delegado de una comunidad. A partir de entonces, comenzó la comunicación directa con la comunidad de Tlacpac. De esta manera, se realizaron dos reuniones con representantes de Tlacpac, en donde se llevó a cabo la presentación del proyecto y consolidación del grupo de trabajo para la implementación de estrategias de restauración.

Así mismo, se contactó con la dirección de la escuela primaria Triunfo de la República ubicada en la comunidad de Tlacpac para realizar la presentación del proyecto y solicitar los permisos para la realización de los talleres participativos con alumnos de tercer año.

Presentación del proyecto en la comunidad Barrio de Tlacpac

Se convocó a los pobladores de la comunidad para realizar la presentación general del proyecto, se les proporcionó un diagrama informativo (Anexo 7) del objetivo general del proyecto y se realizaron preguntas referentes a la problemática del incendio, con el apoyo de un mapa a gran escala, los pobladores marcaron la ubicación de la zona afectada (Figura 16).

Consolidación del grupo participativo

Con la presentación del proyecto se redactó la relatoría de la reunión (ver Anexo 1) donde se anotó el nombre y firma de los voluntarios a participar en el proyecto, de esta manera se consolidó el grupo participativo, se establecieron los días de trabajo y horarios para la implementación de los talleres.

Implementación de talleres con el grupo participativo

Se realizaron cinco talleres participativos con el grupo de trabajo, los cuales se presentan a continuación:

Tabla 13.- Talleres realizados con el grupo comunitario de trabajo del Barrio de Tlacpac, Acaxochitlán Hidalgo

Nombre del taller	Grupo de trabajo
1.- Recorrido del área de estudio	Grupo participativo comunitario
2.- Muestreo de suelo	Grupo participativo comunitario
3.- Línea del tiempo	Grupo participativo comunitario
4.-Propiedades físico-químicas del suelo/entrega de resultados del análisis en laboratorio/formulación de estrategias de restauración	Grupo participativo comunitario
5.- Colocación de enmiendas orgánicas	Grupo participativo comunitario

Fuente: Elaboración propia

Estrategias de restauración y monitoreo

En conjunto con el grupo participativo se definieron las enmiendas colocadas en los árboles dentro del polígono 4 del área de estudio. Se tomaron 40 árboles al azar, 10 por cada tratamiento [Acolchado de pino (A), Terraplén (T), Terraplén con acolchado de pino (TA)] y se dejaron 10 como control, cada tratamiento se marcó con un color diferente para identificar el tipo de enmienda colocada. Se realizó un monitoreo de los árboles por un periodo de 6 meses, a los cuales se le tomo la medida de altura en centímetros para ver su crecimiento. Los datos se analizaron mediante una prueba de ANOVA de dos vías (con previa comprobación de la normalidad) y una prueba posterior de Tukey para determinar el efecto por los tratamientos y los meses de muestreo.

Talleres realizados en la primaria del Barrio de Tlacpac.

A la par de trabajar con el grupo consolidado se realizaron dos talleres de educación ambiental con alumnos de tercer grado de primaria sobre temas relacionados con los ecosistemas forestales y el recurso suelo.

Tabla 14.- Talleres realizados en las Primaria "El Triunfo" del Barrio de Tlacpac, Acaxochitlán Hidalgo

Nombre del taller	Grupo de trabajo
1.- Aprendiendo a amar el bosque	Niños 3er grado primaria
2.- Vida e importancia de un árbol/sembrando vida	Niños 3er grado primaria y padres de familia

Fuente: Elaboración propia

La descripción con el objetivo de cada taller, tiempo y material utilizado se encuentra descrito en el Anexo 5.

Resultados y Discusión

Aproximación con la comunidad

De las reuniones efectuadas con los directivos se realizó la vinculación con el representante del área seleccionada para implementar el proyecto, generando el acercamiento con los pobladores de la comunidad.



Figura 15.- Reuniones con los enlaces correspondiente. Director de Ecología de la Presidencia Municipal de Acaxochitlán y Delegado del Barrio de Tlcpac. Fuente: Toma propia durante el suceso.

Presentación del proyecto en la comunidad del Barrio de Tlcpac y consolidación de grupo de trabajo

Por medio de la difusión se generó una reunión con los pobladores de la comunidad donde se llevó a cabo la presentación del proyecto el objetivo general y la importancia del mismo. Los pobladores a su vez proporcionaron información sobre el área afectada, las problemáticas que presenta y el interés que tienen por la recuperación de su bosque, la cual nos dio un panorama general de la zona y los puntos más importantes a considerar (Figura 16). Se

realizó la relatoría de la reunión, la cual se leyó en voz alta en presencia de los pobladores. Al finalizar, los voluntarios que aceptaron participar en el proyecto anotaron su nombre y su firma formando el grupo participativo y un acuerdo de cómo se llevarían a cabo los talleres, organizando los días y horario flexibles para los voluntarios (Figura 17).



Figura 16.- Presentación del proyecto en la delegación del Barrio de Tlacpac. Fuente: Toma propia durante el suceso.



Figura 17.- Relatoría de la reunión. Fuente: Toma propia durante el suceso.

Implementación de talleres participativos y estrategias de restauración de suelos

Taller participativo 1. Recorrido en el área de estudio

Durante el recorrido en el área afectada por incendio (Figura 23), se logró observar las características generales del sitio, las zonas del bosque recuperadas de forma natural después del incendio, y las zonas que presentaban daños por el incendio. Con el apoyo del grupo participativo se visualizaron ejemplares sembrados a modo de reforestación, algunos con poco desarrollo, otros con crecimiento favorable y algunos secos. Se tomaron en total 9 puntos representativos de la zona afectada con el GPS.



Figura 18.- Fotografías del siniestro ocurrido en mayo del 2019 en el Barrio de Tlacpac. Fuente: Proporcionadas por los integrantes del grupo participativo.

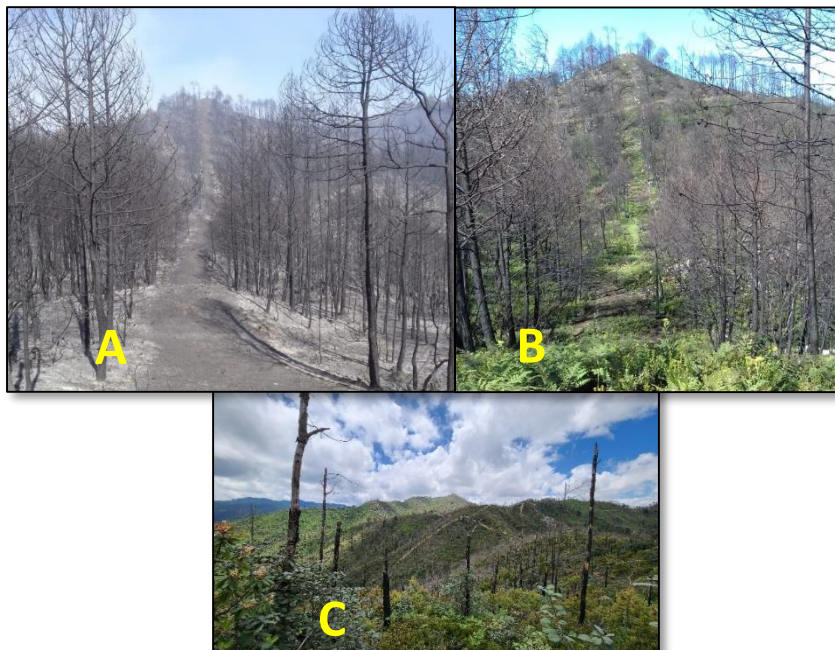


Figura 19.- Fotografías del área de estudio A) situación del bosque al finalizar siniestro de incendio, B) dos años después de siniestro y C) tres años después del siniestro. Fuente: Proporcionadas por integrantes del grupo participativo y toma propia.

Taller participativo 2. Muestreo de suelo

El grupo participativo llevo a cabo la práctica del muestreo de suelos en los polígonos generados de los puntos representativos capturados en el recorrido (Figura 20). Mediante el apoyo de un mapa de pendiente se eligió el tipo de muestreo adecuado a la zona, se explicó el procedimiento de recolecta de muestras al grupo participativo, de las cuales, se obtuvieron 3 muestras compuestas para su análisis en laboratorio.



Figura 20.- Taller de muestreo de suelos en el área de estudio.

Taller Participativo 3. Línea del Tiempo

La elaboración de la línea del tiempo se realizó con la participación de los miembros de la comunidad quienes anotaron las características generales del bosque (flora, fauna, cuerpos hidricos, etc), los eventos que ha pasado (incendios, plagas, tala) y las acciones empíricas que han implementado en los últimos años (Figura 21). Los comentarios sobre observaciones o acciones realizadas ante los eventos indicados fueron agregados con hojas de papel autoadhesivo (post its) de diversos colores. En la Tabla 15 se muestran las descripciones presentadas por los pobladores:

Tabla 15.- Línea del tiempo con las descripciones de los hechos en el bosque de la localidad de Tlacpac.
Fuente: Elaboración en colaboración con los pobladores pertenecientes al grupo participativo

Año	Característica	Evento/acción
2000	Área boscosa con gran variedad de vegetación (Ocotes, madroño, pino patula, capulin, teposan, etc), varias especies de animales (polillas, sapos, alacran, mil pies, azotador) y hongos (hongo escobeta, hongo rojo, escobeta amarilla) así como varios manantiales.	Incendio grande entre 40-60ha, tala clandestina y tala por la creación de la autopista Mex-Tuxpan y la pérdida de mantos acuíferos (manantiales secos).
2010	Perdida de vegetación continuo la tala	Perdida de mantos acuíferos
2015	Continua la pérdida de vegetación y varias especies animales migraron por la misma escases, los pobladores perdieron importante fuente de alimentos como los hongos.	Erosión y compactación de la tierra, prácticas agrícolas deficientes.
2019	Al continuar la tala la pérdida de vegetación empezó a incrementar rápidamente.	Sequias, siniestro grande por incendio provocado Se comenzaron a implementar acciones de mitigación con algunas reforestaciones. Se continuo con la reforestación pero en algunos sitios no se ha tenido éxito ya que los árboles plantados no crecen y mueren.
2021	Se noto un poco de recuperación de vegetación con el agua de los huracanes así como el incremento de los mantos acuíferos	Se comenzó con la limpieza de los linderos del bosque. Debido a las fuertes lluvias se perdieron varios cultivos principalmente de maíz
2023	Se ven ya muy pocas especies de animales y poca vegetación en crecimiento	Limpieza de linderos muy esporádicamente

Fuente: Elaboración propia

Mediante esta herramienta se recopiló información relevante del área de estudio, donde los pobladores describieron características de su bosque. Los habitantes mencionan que en el año 2000 aún era un área boscosa con gran variedad de flora y fauna tal como se describe en la tabla 17, era evidente la presencia de manantiales y arroyos; con el transcurso del tiempo hubo reducción y/o pérdida de la vegetación y mantos acuíferos, así como pérdida de fuentes

de alimentos, principalmente de hongos comestibles. Los habitantes resaltaron que estas problemáticas pudieran asociarse a la erosión, compactación de la tierra, prácticas agrícolas deficientes, la tala ilegal e incendios.

Hasta el año 2019, la comunidad inició acciones de mitigación que consistieron en la limpieza de senderos del bosque y algunas reforestaciones, pero sin éxito alguno, ellos consideran que la temporada de siembra no fue la correcta ya que se plantaron dos meses antes de la época de sequía, por tanto, las especies de pino no se desarrollaron y murieron. Otro factor desfavorable es la poca organización e interés de los habitantes, donde estas acciones sólo recaen en unas cuantas personas interesadas por la preservación de sus recursos.

Este taller ayudó a los pobladores a distinguir los cambios que ha sufrido la comunidad y su bosque a lo largo de 23 años, así mismo, permitió que las generaciones más jóvenes reconocieran estos cambios y los recursos que han perdido, como los manantiales que actualmente ya no existen. Este tipo de herramientas son de gran ayuda ya que brinda a los usuarios un medio simplificado para comprender cómo los distintos eventos, personas y acciones desempeñan un rol, o lo desempeñarán, en un proceso o período determinado.



Figura 21.- Taller de Línea del tiempo.



Figura 22.- Flora, fauna y condiciones del Bosque de la localidad de Tlacpac. Fuente: Elaboración propia a partir de fotos proporcionadas por los pobladores del grupo participativo.

Taller Participativo 4. Propiedades físico-químicas del suelo y determinación de estrategias de restauración.

El grupo participativo realizó una pequeña práctica en campo para conocer una de las propiedades físico-químicas mencionadas en la exposición, la compactación del suelo, consistió en clavar un cilindro (botella de plástico) en el suelo, se le vertieron 250 ml de agua y se registró el tiempo que tardó en infiltrarse. La dinámica se realizó en diferentes puntos de los polígonos perturbados y el de referencia, notando que para los polígonos con perturbación por incendio el agua no se infiltraba.

Aunado a lo anterior el grupo participativo entendió mejor las definiciones sobre las propiedades del suelo y su importancia, así como los resultados de laboratorio proporcionados, en conjunto se determinó la estrategia a emplear para la mejora del suelo y el buen desarrollo de los árboles.



Figura 23.- Taller propiedades fisicoquímicas de suelo. Toma propia.



Figura 24.- Practica de compactación del suelo. Toma propia.

Taller Participativo 5. Implementación de estrategia de restauración

El grupo participativo colocó la estrategia de restauración para la mejora del suelo que se eligió en conjunto en el taller pasado, cada integrante fue colocando las diferentes enmiendas en los arbolitos y la marca para su posterior identificación.



Figura 25.- Colocación de enmiendas orgánicas en arbolitos del polígono con mayor perturbación por incendio. Toma propia.



Figura 26.- Enmiendas orgánicas: A) acolchado de paja T) terraplén AT) acolchado con terraplén y C) sin enmienda. Toma propia.

Monitoreo de tratamientos

Los resultados del ANOVA de dos vías indica diferencias significativas entre tratamientos ($F_{(3,239)} \text{TRAT}=2.885$, $p=0.036$) y entre meses ($F_{(5,239)} \text{MES}=8.506$, $p=2.281E-07$) (Tabla 13). La prueba posterior de Tukey indica que el tratamiento de acolchado de pino es diferente al terraplén con acolchado, por otro lado, se identifica que hay diferencias con respecto al tamaño en los meses 4, 5 y 6 en comparación con los primeros tres meses, siendo así el tratamiento de acolchado de pino el que mejor resultado en el desarrollo del árbol creciendo entre 8-10 cm por mes (Figura 27, Tabla 16).

Tabla 16.- Monitoreo de los tratamientos en ejemplares del polígono fuertemente perturbado (promedio y desviación estándar)

Tratamientos	Altura (cm)					
	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6
Acolchado de pino	40.4 ± 14.5	49.7 ± 17.9	52.6 ± 19.6	62.43 ± 24.9	64.71 ± 25.5	68.9 ± 24.9
Terraplén	50.3± 11.08	48.94± 14.78	51.1± 15.00	53.96± 17.54	58.8± 17.56	63.2± 18.59
Terraplén /acolchado de pino	37.7± 9.49	42.65± 12.53	45.4± 11.31	50.54± 12.05	54.8± 12.90	57.6± 14.72
Control	46.4± 10.5	47.2± 9.83	48.45± 10.02	56.43± 16.11	59.33± 15.50	61.3± 14.92

Fuente. Elaboración propia

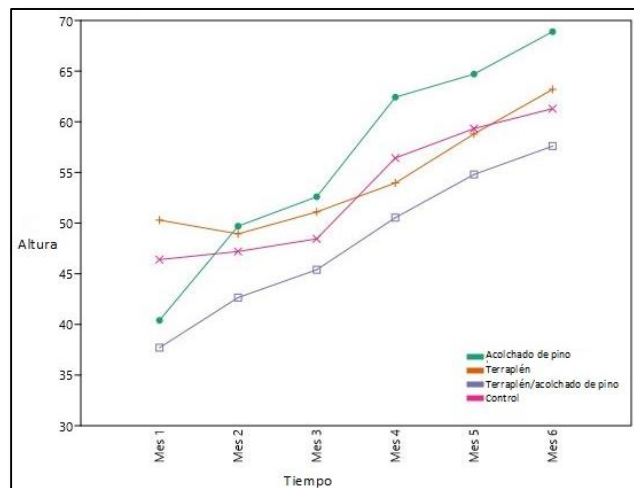


Figura 27.- Crecimiento de los ejemplares (arboles) por un periodo de seis meses utilizando diferentes enmiendas orgánicas. Fuente: Elaboración propia.

Talleres con los alumnos de primaria

Taller Participativo 1. Aprendiendo a amar el bosque

Los alumnos realizaron la identificación de la flora, fauna, amenazas y acciones para salvar el bosque mediante fotografías, de uno en uno fueron colocando cada foto en el apartado correspondiente.



Figura 28.- Colocación de fotografías en el apartado correspondiente: flora, fauna, amenazas y acción para rescatar el bosque. Toma propia.



Figura 29.- Producto final de la identificación de las principales funciones del bosque y sus problemáticas. Toma propia.

Percepción social primer taller: los alumnos mediante la dinámica realizada en el taller aprendieron los componentes principales del ecosistema forestal y cuan importantes son, cómo cuidar un árbol: regarlo, no cortarlos, no tirar basura ni provocar incendios. A continuación, se presentan algunas fotografías con acciones que los alumnos harían para conservar los árboles.

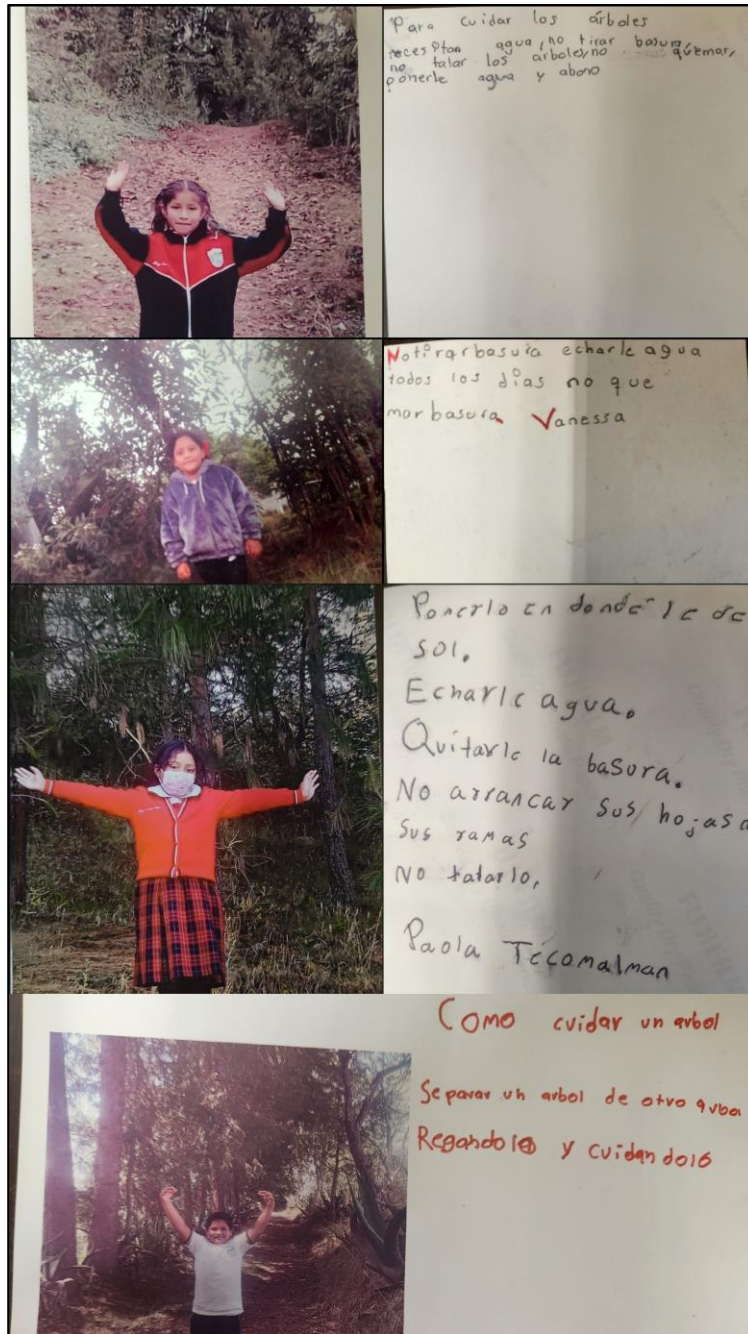


Figura 30.- Fotografías de alumnos con acciones que harían para cuidar los árboles.

Taller Participativo 2. Vida e importancia de un árbol- sembrando vida

El grupo de alumnos llevo a cabo la práctica de plantar un árbol, se explicó el procedimiento paso a paso para su ejecución, a cada alumno se le dio un árbol y al momento se le pregunto en qué fase de crecimiento se encontraba, con ayuda de un adulto (padre de familia) fueron plantando el árbol, la actividad se realizó en un terreno frente a la delegación del Barrio de Tlcpac.



Figura 31.- Exposición de las etapas de crecimiento de un árbol y explicación de los pasos para plantar un árbol. Toma propia.



Figura 32.- Participación de alumnos y padres de familia en la actividad: sembrando vida (plantación de arbolitos). Toma propia.



Figura 33.- Dinámica plantación de arbolitos. Toma propia.

Los bosques tienen un valor ambiental, social y económico, mantienen la provisión de agua en cantidad y calidad, controlan la erosión, así como generación, conservación y recuperación del suelo y es el hábitat de animales, así como propician la captura de carbono (PROFEPOA, 2020).

La deforestación ha sido el factor de mayor cambio en la biodiversidad del país, presenta serios problemas para la sociedad en general, modificando sus usos y costumbres, acelerando los efectos del cambio climático (FAO, 2015).

Gran parte de las acciones destinadas por los programas gubernamentales para la conservación de bosques carecen de una perspectiva que valore la participación de actores locales en la preservación de sus recursos.

La Federación Internacional de Trabajadores Sociales (2023), concibe el trabajo social como una profesión basada en la práctica y una disciplina académica que promueve el cambio y el desarrollo social, la cohesión social, el fortalecimiento y liberación de las personas. La participación ciudadana es clave para sostener esfuerzos dirigidos a la conservación del medio ambiente a largo plazo.

En este trabajo se involucró a la comunidad del Barrio de Tlacpac pertenecientes al municipio de Acaxochitlán, Hidalgo mediante el empleo de talleres participativos, se trabajó con dos grupos distintos, uno constituido por adultos, donde, se llevaron a cabo actividades de capacitación y participación relacionados con los ecosistemas forestales y el recurso suelo, con la finalidad de restaurar la zona afectada por incendio. Un segundo grupo estuvo conformado por niños de primaria (3er grado) con los cuales, mediante talleres de educación ambiental se exploró sobre la concientización e importancia de la conservación de los ecosistemas, esto se logró mediante actividades lúdicas sobre prácticas de reforestación y cuidados posteriores. Se observó que el grupo de niños de primaria tenían más conocimiento sobre los servicios ecosistémicos de los recursos forestales en comparación con el grupo de adultos, así mismo, mostraron mayor interés de involucrarse en prácticas para su conservación; en cambio, a pesar de que el grupo de adultos tuvo dificultades para la asistencia total a los talleres, se logró con éxito la implementación de estrategias de restauración de suelos, esto probablemente este asociado con los conocimientos que adquirirían cada vez que se involucraban y la frecuencia de asistencia en los talleres.

En este estudio la educación ambiental tuvo una importancia altamente significativa para los participantes, especialmente en actividades como el curso de muestreo de suelo, la línea del tiempo describiendo la historia de su bosque, el análisis de las propiedades físico-químicas y su función, así como la importancia de este dentro de los ecosistemas forestales y los servicios que brinda; todo esto muestra una percepción positiva del valor educativo que tienen los talleres participativos. Sin embargo, el impacto de este valor es poco considerado dentro de un contexto de restauración, por lo que es relevante desarrollar actividades en este aspecto.

Es importante la construcción de una comunicación efectiva entre los actores locales y las instituciones comprometidas a fin de que realmente las propuestas puedan fortalecer los bienes y servicios que brindan los ecosistemas forestales y a la par promover la conservación de los bosques. Soares y Ortega (2021), mencionan que brindar capacitación es fundamental, ya que los actores locales involucrados directamente con sus recursos se sienten desorientados al no saber con quién dirigirse para conocer dónde y cómo se llevan a cabo las acciones de conservación, y al mismo tiempo su beneficio; en el caso de la reforestación, saber cómo y dónde plantar un árbol y su función dentro del ecosistema.

El medio ambiente es una de las áreas de intervención en el trabajo social y puede ser abordado a través de diferentes metodologías. En el presente trabajo se realizó el acercamiento con la comunidad y evaluación del sitio mediante SIG, posteriormente se realizaron los talleres participativos con los grupos de trabajo, pero este tipo de aproximaciones no son las únicas estrategias metodológicas que se pueden abordar para la recuperación de suelos, también se pueden realizar entrevistas individuales o grupales, encuestas, visitas domiciliarias, etc. Las pautas de la construcción de un plan participativo, son útiles para la solución de la problemáticas sociales y ambientales, para ello, los temas fueron diseñados para involucrar a la comunidad en general y se apoyen directamente en los procesos de organización y manejo del territorio. Los indicadores del suelo propuestos en este documento (textura, saturación de humedad, pH, densidad aparente, carbono orgánico oxidable, materia orgánica y nitrógeno total.) son de gran ayuda para conocer cómo se encuentra la fertilidad del suelo las cuales desconocían los pobladores y aportaron conocimiento para el manejo de su recurso.

Las herramientas comunitarias aplicadas dentro del trabajo colectivo para prevenir y resarcir el daño ambiental no sólo implican la transformación de los espacios físicos, también trata de transformar el entorno social y cultural en pro de la convivencia sana con el medio ambiente. La pedagogía como herramienta para el desarrollo y orientación es fundamental para la comprensión de las causas, así como la puesta en práctica del aprendizaje, el monitoreo y seguimiento de las acciones colectivas (campañas de recolección de basura, talleres de reciclaje, reforestaciones, huertos de traspatio, etc.) como lo realizado por Martínez- Martínez et al. (2023) y Erazo-Tibizay-García (2022).

Realizar acciones colectivas genera transformaciones a futuro en el marco de desarrollo sostenible a partir de visiones contemporáneas frente al aspecto ambiental (Erazo-Tibizay, 2022), como lo que describe Ortiz-Ibarra et al. (2023) quienes llevaron a cabo proyectos, programas de reforestación (ProÁrbol-PRONAFOR) y obras de conservación como medida para frenar el deterioro de suelos, evaluando las cualidades de un territorio y a la par comprendiendo los valores de las generaciones que lo han moldeado, mediante organizaciones sociales como: tequios, que es el trabajo colectivo no remunerado, y asambleas, las cuales son el órgano encargado en la toma de decisiones colectivas. También

aplicaron herramientas pedagógicas y de planeación de escenarios (alternativas futuras), dando como resultado una concientización social de la importancia de los beneficios de conservar los ecosistemas y a su vez se generó un reglamento local de uso y aprovechamiento de las áreas reforestadas.

Estas metodologías son una herramienta eficiente para implementar o dar seguimiento al marco del desarrollo sostenible, frente al aspecto ambiental. Cabe resaltar la importancia de que tanto los desarrolladores de proyectos, como los tomadores de decisiones involucren a los usuarios dentro del ecosistema para su continua conservación.

Conclusión

Los talleres desarrollados aportaron conocimiento en relación al ecosistema forestal y el recurso suelo con ambos grupos de trabajo.

La educación ambiental a nivel básico es importante para la conservación, uso racional y el desarrollo de una conciencia ambiental sustentable.

La evaluación de los tratamientos colocados como acción para restauración del suelo del área incendiada se realizó por un periodo de 6 meses, aunque lo ideal es realizarlo por un plazo más largo para obtener resultados más precisos, si bien, durante este periodo se visualizó que el tratamiento de acolchado de pino es el que mejor resultó en el desarrollo del árbol creciendo entre 8-10cm por mes.

Se observó que los pobladores del Barrio de Tlacpac no presentan una organización para llevar a cabo técnicas y prácticas que eviten la degradación, erosión y agotamiento del recurso suelo. Es importante que, dentro de los planes de trabajo de delegados o comisariados se puedan realizar actividades para el manejo y cuidado de los recursos naturales.

Se recomienda formar ciudadanos socialmente activos, ampliando sus conocimientos, manifestando sus opiniones y ejercitando sus habilidades; la participación comunitaria de forma transparente y democrática mejoraría la calidad social y ambiental de la región para formar futuras generaciones que lleven cabo la conservación de la biodiversidad.

CONCLUSIONES GENERALES

El municipio de Acaxochitlán ha sufrido modificaciones en su tipo de vegetación y uso de suelo a lo largo de 12 años, los ecosistemas más afectados han sido del BMM, BMM secundario y BPE. En el sitio de estudio, los factores que promueven la pérdida de cobertura son el cambio de uso de suelo, la incidencia de incendios y tala clandestina, lo que incrementan la erosión del sitio y pérdida de fertilidad del suelo.

Las variables químicas (Ca, pH, %C y %MO) y físicas (textura) determinan las diferencias entre el sitio perturbado por incendio con respecto al de referencia. En general, el incendio ocurrido en el año 2019 no ha afectado directamente la calidad del suelo debido a que su intensidad ha sido baja, más bien, está asociado a las condiciones climáticas y orográficas del sitio afectado.

Los talleres se desarrollaron exitosamente aportando conocimiento de los ecosistemas forestales y el recurso suelo en ambos grupos de trabajo. La enmienda colocada de acolchado de pino como acción de restauración de suelo en la zona afectada por incendio favoreció el desarrollo del árbol, creciendo entre 8-10 cm por mes. Se observó que los pobladores no presentan una organización para llevar a cabo prácticas de conservación del recurso, por esto es importante incluir actividades de restauración dentro de los planes de trabajo de delegados o comisariados para formar generaciones que lleven a cabo la conservación de la biodiversidad, lo cual mejoraría la calidad social y ambiental de su localidad.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acevedo-Ortiz, M. A., Lugo-Espinosa, G., & Ortiz-Hernández, Y. D. (2023). Aproximación a la conservación de bosques y selvas a través de la promoción de hogares saludables y ecotecnias en comunidades de la Chinantla, Oaxaca.
- Acevedo-Sandoval, O., Valera-Pérez, M. A., & Prieto-García, F. (2010). Propiedades físicas, químicas y mineralógicas de suelos forestales en Acaxochitlán, Hidalgo, México. *Universidad y Ciencia*, 26(2), 137-150. Recuperado en 05 de junio de 2024, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0186-29792010000200002&lng=es&tlng=es
- AEROTERRA (2022). Sistemas de Información Geográfica. ¿Qué es un SIG? Recuperado de <https://www.aeroterra.com/es-ar/que-es-gis/introduccion>
- Alegre, S. I. (2022). La importancia de la participación ciudadana a través de la educación ambiental para la mitigación del cambio climático a nivel local: Desarrollo local sostenible, 3(7). Retrieved from <https://ojs.revistadelos.com/ojs/index.php/delos/article/view/47>
- Amoakwah, E., Shim, J., Kim, S., Lee, Y., Kwon, S., Sangho, J., & Park, S. (2023). Impact of silicate and lime application on soil fertility and temporal changes in soil properties and carbon stocks in a temperate ecosystem. *Geoderma*, 433, 116431. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2023.116431>
- Araujo-Justiniano, T., & Navarro-Sánchez, G. (2023). Impacto de los incendios forestales en el estado natural de suelos afectados en la Chiquitanía (Santa Cruz, Bolivia) y propuesta de índices para su evaluación. *Acta Nova*, 11(1), 51-64.
- Bernal, A. E. R. (2008). Estudio biológico, pesquero, socio-económico y elaboración del plan de manejo de la presa el Tejocotal, municipio de Acaxochitlán, Hidalgo.
- Capulín, G. J., Mohedano, C. L. & R. Z. R. (2010). Cambios en el suelo y vegetación de un bosque de pino afectado por incendio. *Terra Latinoamericana*, 28(1), 79-87.
- Centros de Estudios de Opinión CEO (2009). Conceptos básicos de lo que es un taller participativo. *La Sociología En Sus Escenarios*, (8). Recuperado de <https://revistas.udea.edu.co/index.php/ceo/article/view/1650>
- Comisión Nacional Forestal (CONAFOR) (2016). Protección, restauración y conservación de suelos forestales. Manual de obras y prácticas. Recuperado de: <http://www.conafor.gob.mx:8080/documentos/docs/20/1310Manual%20de%20Conservacion%20de%20Suelos%20.pdf>
- Comisión Nacional Forestal (CONAFOR) (2023). Reportes semanales de incendios 2019, 2020, 2021, 2022 y 2023. Recuperado de <https://www.gob.mx/conafor/documentos/reporte-semanal-de-incendios>

Comisión Nacional Forestal (CONAFOR) (2023). Suelos Forestales. Recuperado de: <https://www.gob.mx/conafor/documentos/suelos-forestales-27815>

Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), (2022). Portal de geoinformación. Recuperado en: <http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/>

Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, (CPEUM), Reformada, Diario Oficial de la Federación (DOF), 23 de marzo de 2024, México.

Cruz-Flores, G., Guerra-Hernández, E. A., Valderrábano-Gómez, J. M., & Campo-Alves, J. (2020). Indicadores de calidad de suelos en bosques templados de la Reserva de la Biosfera los Volcanes, México. *Terra Latinoamericana*, 38(4), 781-793. Epub 12 de febrero de 2021. <https://doi.org/10.28940/terra.v38i4.421>

DeBano, L. (1990). The effect of fire on soil properties. SoLo–Rocky Mountain Research Station. USDA. Colorado, Estados Unidos. Recuperado en: <https://www.fs.usda.gov/research/treesearch/42163>

Delgado-Londoño, D. M. (2017). Aplicación de enmiendas orgánicas para la recuperación de propiedades físicas del suelo asociadas a la erosión hídrica. *Lámpsakos*, 1(17), 77–83. <https://doi.org/10.21501/21454086.1907>

Diario Oficial de la Federación (1994). **NOM-060-SEMARNAT-1994** Establece las especificaciones para mitigar los efectos adversos ocasionados en los suelos y cuerpos de agua por el aprovechamiento forestal.

Diario Oficial de la Federación DOF (1994). **NOM-060-ECOL-1994** Establece las especificaciones para mitigar los efectos adversos ocasionados en los suelos y cuerpos de agua por el aprovechamiento forestal.

Diario Oficial de la Federación DOF (2000). **NOM-021-RECNAT-2000** Establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos. Estudios, muestreo y análisis.

Diario Oficial de la Federación DOF (2001). **NOM-020-SEMARNAT-2001** Establece los procedimientos y lineamientos que se deberán observar para la rehabilitación, mejoramiento y conservación de los terrenos forestales de pastoreo, para coadyuvar en el restablecimiento, mantenimiento e incremento de los recursos naturales y la capacidad productiva de la biodiversidad de los ecosistemas.

Diario Oficial de la Federación DOF (2020). Programa Nacional Forestal 2020-2024. Programa especial derivado del Plan de Desarrollo 2019-2024. Recuperado de https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5609275&fecha=31/12/2020#gsc.tab=0

Erazo, F., & Tibizay-García, L. (2022). Reforestación de árboles nativos como pedagogía ambiental en comunidades vulnerables. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 6(2), 457-469. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v6i2.1895

- Estrada-Herrera, I. R., Hidalgo-Moreno, C., Guzmán-Plazola, R., Almaraz Suárez, J. J., Navarro-Garza, H., & Etchevers-Barra, J. D. (2017). Indicadores de calidad de suelo para evaluar su fertilidad. *Agrociencia*, 51(8), 813-831. Recuperado en 05 de junio de 2024, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-31952017000800813&lng=es&tlng=es.
- Federación Internacional de Trabajadores Sociales. (2021). Definición global del trabajo social. Disponible en: <https://www.ifsw.org/what-is-social-work/global-definitionof-social-work/definicion-global-del-trabajo-social/> [julio 2023].
- Fragoso, N. A. (2017). Composición del cambio de cobertura y uso de suelo a través de los Sistemas de Información Geográfica en Acaxochitlán, Hidalgo [Tesis de Maestría, Universidad Veracruzana] pp. 18-31 Tuxpan, Veracruz.
- Fuentes, A. M. del S. (2014). Carbono orgánico como un indicador de la calidad del suelo en un ecosistema forestal. Recuperado en: <http://dgsa.uaeh.edu.mx:8080/jspui/bitstream/231104/3462/3/AT18550.pdf>
- García-Rivas, E., Morales-Calderón, C., & Benedetti-Ruiz, S. (2020). Sistematización de una experiencia participativa de recuperación y restauración de territorios afectados por incendios forestales: Localidad de San Antonio de Cuda, comuna de Florida, Región del Biobío. INFOR: FIA
- Geilfus, F. (2009). Línea de Tiempo. 80 herramientas para el desarrollo participativo: diagnóstico, planificación, monitoreo, evaluación/ C.R.: IICA, 2002.
- Hansen, M. C., Potapov, P. V., Moore, R., Hancher, M., Turubanova, S. A., Tyukavina, A., & Townshend, J. R. (2021). High-resolution global maps of 21st-century forest cover change science, 342(6160), 850-853. <https://earthenginepartners.appspot.com/science-2013-global-forest>
- Hernández-Vallecillo, G. A., Gutiérrez-Castorena, M. del C., Barragán-Maravilla, S. M., Ángeles-Cervantes, E. R., Gutiérrez-Castorena, E. V., & Ortiz-Solorio, C. A. (2020). La mineralogía en la estimación de las temperaturas de los incendios forestales y sus efectos inmediatos en Andosoles, Estado de México. *Madera y bosques*, 26(1), e2611932. Epub 30 de junio de 2020. <https://doi.org/10.21829/myb.2020.2611932>
- Hincapié, E., & Ramírez, F. A. (2013). Riesgo a la erosión en suelos de ladera de la zona cafetera. Centro Nacional de Investigaciones de Café (Cenicafé).
- Hueso-González, P., Martínez-Murillo, J., & Ruiz-Sinoga, J. (2018). Técnicas de restauración de suelos basadas en el uso de residuos orgánicos: seis años de beneficios sobre las propiedades de un suelo forestal. *Cuadernos de Investigación Geográfica*, 44(2), 675-695. <https://doi.org/10.18172/cig.3422>
- Jaramillo, D. F. (2002). Introducción a la ciencia del suelo. Recuperado de: <https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/70085/70060838.2002.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), (2021). Metadatos vectoriales y ráster. Geo-portal INEGI 2021.
- Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable, (LGDFS), Reformada, Diario Oficial de la Federación [D.O.F.], 01 de abril de 2024, México.
- Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, (LGEEPA), Reformada, Diario Oficial de la Federación (DOF), 01 de abril de 2024, México.
- Linares, J., Valera, M., & Millán, E. (2022). Cadenas de Márkov en el Análisis del Cambio de uso del suelo en Ixtapaluca, México (Doctoral dissertation, Tesis de Posgrado) Avances en Ciencias e Ingeniería-ISSN: 0718-8706. Recuperado de: <https://www.executivebs.org/publishing.cl/aci/2022/Vol13/Nro1/3-ACII391-21%20full.pdf>
- López, A. (1996) Acaxochitlán. Monografía pp. 1-20 Hidalgo, México. Recuperado en: <http://docencia.uaeh.edu.mx/estudios-pertinencia/docs/hidalgo-municipios/Acaxochitlan-Bicentenario-Monografia.pdf>
- López-Rodríguez, M. D., Ametzaga-Arregi, I., Viota, M., & Cabello, F. J. (2020). Interfaz ciencia-gestión-sociedad en el ámbito de la conservación: avances conceptuales y metodológicos. *Ecosistemas*, 29(1). <https://doi.org/10.7818/ecos.1965>
- Martínez-Martínez, N. E., Godínez-Espinosa, Y. I., & Serrano-Plata, M. D. J. (2023). Trabajo social y sustentabilidad ambiental en la práctica comunitaria de dos localidades al norte del municipio de Toluca. <http://ru.iiec.unam.mx/6088/>
- Merino P.L. (1997). El manejo forestal comunitario en México y sus perspectivas de sustentabilidad. Centro Regional de Investigaciones Multidisciplinarias. UNAM. Pub. Misc. 727
- Minervini, M. G., Morrás, H. J. M., & Taboada, M. Á. (2018). Efectos del fuego en la matriz del suelo. Consecuencias sobre las propiedades físicas y mineralógicas. *Ecología Austral*, 28(1), 012-027. <https://doi.org/10.25260/ea.18.28.1.0.127>
- Molina, E. (2007). Análisis de suelos y su interpretación. San José, CR, CIA-UCR-Amino Grow International. Recuperado en: <http://www.infoagro.go.cr/Inforegiones/RegionCentralOriental/Documents/Suelos/SUELOS-AMINOGROWanalisisinterpretacion.pdf>
- Momirović, N., Kadović, R., Perović, V., Marjanović, M., & Baumgartel, A. (2019). Spatial assessment of the areas sensitive to degradation in the rural area of the municipality Čukarica. *International Soil and Water Conservation Research/International Soil and Water Conservation Research*, 7(1), 71-80. <https://doi.org/10.1016/j.iswcr.2018.12.004>
- Morales-Espinosa, E. A. (2019). La legislación ambiental para la responsabilidad social corporativa. *Administración y Organizaciones*, 12(23), 55–73. Recuperado a partir de <https://rayo.xoc.uam.mx/index.php/Rayo/article/view/186>

- Ortega, G.F., L.M. Mitre S., J. Roldan Q., J. Aranda G., D.J. Morán Z., S. Alanís A, y A. Nieto S. 1992. Carta Geológica de la República Mexicana. Esc. 1: 2 000 000, con texto explicativo. 5ª Ed. Consejo de Recursos Minerales Instituto de Geología, U.N.A.M., México, D.F
- Ortiz-Ibarra, A., Molina-Luna, N. G., & Martínez y Ojeda, E. (2023). El tequio como práctica social en los procesos de reforestación de la Mixteca Alta: Santa María Chachoápam, Nochixtlán. *Punto Cunorte*, 1(16), 90–110. <https://doi.org/10.32870/punto.v1i16.168>
- Plasencia, E. A., Quiroz, L. M., Chuquilin, T. T., Diéguez, S. Q., & Arias, D. M. (2022). Dinámica de las propiedades químicas del suelo de la plantación forestal de El Gavilán-Cajamarca, después del incendio de octubre 2020. *Revista Caxamarca*, 21(1-2), 1-6.
- Portal de Suelos de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación FAO (2015). Servicios ambientales y sociales proporcionados por los bosques. Recuperado de: <https://www.fao.org/4/W9950S/w9950s04.htm>
- Portal de Suelos de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación FAO (2023). Propiedades del Suelo. Recuperado de <https://www.fao.org/soils-portal/soil-survey/clasificacion-de-suelos/sistemas-numericos/propiedades-quimicas/es/>
- Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA) (2020). Importancia de los Ecosistemas Forestales; Especies de los Bosques y Selvas. Recuperado de: <https://www.gob.mx/profepa/articulos/importancia-de-los-ecosistemas-forestales-especies-de-los-bosques-y-selvas?idiom=es>
- Rufasto-Pérez, K. A. (2023). Efecto del fuego en las propiedades físicas y químicas del suelo después de 5, 5 años del incendio forestal del Bosque de Protección Pagaibamba–Querocoto, Chota.
- Sandoval-García, R., González-Cubas, R., & Jiménez-Pérez, J. (2021). Análisis multitemporal del cambio en la cobertura del suelo en la Mixteca Alta Oaxaqueña. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 12(66). <https://doi.org/10.29298/rmcf.v12i66.816>
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), (2014). Sistema Nacional de Información Ambiental y de Recursos Naturales. Informe del Medio Ambiente Ecosistemas Terrestres periodo 2011-2014. Cambio en el uso del suelo. Recuperado de [https://apps1.semarnat.gob.mx:8443/dgeia/informe18/tema/cap2.html#:~:text=Por%20su%20parte%2C%20los%20bosques%20perdieron%2011%20mil%20hect%20C3%A1reas%20\(al,y%20Baja%20California%20\(0.47%25\).](https://apps1.semarnat.gob.mx:8443/dgeia/informe18/tema/cap2.html#:~:text=Por%20su%20parte%2C%20los%20bosques%20perdieron%2011%20mil%20hect%20C3%A1reas%20(al,y%20Baja%20California%20(0.47%25).)
- Soares, D., & Ortega, S. (2021). Percepción social sobre participación en actividades de conservación de bosques. Una mirada desde la microcuenca Ichupio lago de Pátzcuaro, México. *Sociedad Ambiente* 24, 2021 1-23. <https://doi.org/10.31840/sya.vi24.2304>

- Solana, L. J. (2004). Inventario físico de los recursos minerales del municipio de Acaxochitlán, Hgo. Consejo de Recursos Minerales-Fideicomiso de Fomento Minero, Hidalgo pp. 17-22.
- Toledo-Mazariegos, A. D., Gallardo-Loya, R. C., & Robles-Medina, R. E. (2022). La inversión extranjera y la legislación ambiental en México en el marco del T-MEC. *Revista Dycs Victoria*, 5(1), 16–32. <https://doi.org/10.29059/rdycsv.v5i1.159>
- Treitz, P. M., Howarth, P. J., Suffling, R. C., & Smith, P. (1992). Application of detailed ground information to vegetation mapping with high spatial resolution digital imagery. *Remote Sensing of Environment*, 42(1), 65-82.
- United Nations. (2023). *Objetivos de Desarrollo Sostenible | Naciones Unidas*. <https://www.un.org/es/impacto-acad%C3%A9mico/page/objetivos-de-desarrollo-sostenible>
- Valdez-Lazalde, J., Aguirre-Salado, C., & Ángeles-Pérez, G. (2011). Análisis de los cambios en el uso del suelo en la cuenca del río Metztlán (México) usando imágenes de satélite: 1985-2007. *Revista Chapingo. Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, 313-322. doi: <https://doi.org/10.5154/r.rchscfa.2010.06.041>
- Valenzuela-Rendón, A. I. (2024). La Procuraduría Federal de Protección al Ambiente como parte actora en el procedimiento judicial de responsabilidad ambiental en México. *Revista Digital de Derecho Administrativo*, (31).
- Xu, J., Zhang, Y., Huang, C., Zeng, L., Teng, M., Wang, P., & Xiao, W. (2022). Forest restoration shows uneven impacts on soil erosion, net primary productivity and livelihoods of local households. *Ecological Indicators*, 134, 108462. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2021.108462>

ANEXOS

Productos de Legislación

Anexo 1.- Relatoría de Reunión

Tlaxpac, Acaxochitlán, Hgo; 23 de Julio de 2022

La reunión da inicio a las 11am. A continuación, se describe los acuerdos:

Se realizó una breve presentación del proyecto

Se describe brevemente el proyecto

Se expone las etapas del proyecto, aquellas en donde justamente se requiere del apoyo de la comunidad

Se mencionaron temas de interés sobre la zona afectada por un incendio en la comunidad de Tlaxpac

Se incorporaron más miembros de la comunidad a la reunión

Se comentan aspectos de interés sobre la importancia del suelo y otros recursos de la comunidad

Se mencionan para todos los presentes los objetivos y etapas del proyecto

Los participantes comentan sobre la importancia de su tierra. Se resuelven dudas sobre los objetivos del proyecto, especialmente sobre las plantas que se deberán conseguir para reforestar el área afectada por el incendio, se comenta que el programa de posgrados le dará seguimiento al terreno-problemas que existan en la comunidad.

Se comenta que el terreno ha sido afectado por otros factores como tala clandestina y no solo por el incendio

Se comentó la importancia del dialogo de saberes con la comunidad de manera continua

Se comentó también la importancia de generar un dialogo que aborde problemas como crisis alimentarias que involucre a la comunidad y a la diversidad generacional de los mismos, todo por un bien común

Se comentan aspectos sobre sus festividades más importantes, 2 de mayo la Fiesta del Señor Colateral, La fiesta de los manantiales, entre otros y que en una de estas festividades ocurrió el siniestro de incendio provocado por pirotecnia

Con el apoyo de la comunidad se podrán desarrollar otros proyectos con la universidad

A continuación, se hace un listado de los participantes quienes están de acuerdo en colaborar con las actividades que se vayan desarrollando en el proyecto:

Tabla 1.- Relación del grupo de trabajo comunitario

Nombre	Contacto
Rosalba Francisca Ponce Riveros	7711567485
Rubén Gustavo Perea Romero	7751146673
Manuel Gustavo Perea Rodríguez	7752063801
Juan Vargas Perea	7714094222
Ma. Del Carmen López Ramírez	7712405718
Dulce María Galván Hernández	2281433969
Luis Vargas (Delegado)	7717460674
Pedro Romualdo Vargas	-----
Pablo Octavio Aguilar	-----
Karen Lizbeth León Ayala (Expositora)	7714041685

Fuente: Elaboración propia

Tloapac, Acahualtlan, Hgo; a 23 de julio de 2022

Relatorio de reunión

La reunión da inicio a las 11:00 am. A continuación se describe lo ocurrido:











- Se realiza una breve presentación de los participantes del proyecto.
Se describe brevemente el proyecto
- Se expone el proyecto y sus etapas, justamente aquellas en las que el proyecto requiere el apoyo de la comunidad.
- Se comentaron temas de interés sobre la zona afectada por un incendio en Tloapac.
- Incorporación de dos miembros más de la comunidad a la reunión.
- Se comentan aspectos de interés sobre la impermeabilización del suelo y otros recursos para la propia comunidad.
- Se retoman - para todos los presentes - los objetivos y etapas del proyecto.
- Los participantes comentan sobre la importancia de su tierra.
Se resuelven dudas sobre los objetivos del trabajo,
Sobre las dudas específicamente sobre las plantas que se deberán cosechar para registrar, se comenta que el programa de posgrado le dará seguimiento al tema-problema que existe en la comunidad.
Se comenta que el terreno ha sido afectado por varios factores no solamente el incendio, sino también, por ejemplo, la falta de riego.
Se comenta la importancia del diálogo de saberes con la comunidad de manera continua.

Se comenta también la importancia de generar un diálogo que aborde problemas como crisis alimentaria, que involucre a la comunidad y a la diversidad generacional de la misma, todo por un bien común.

Se comentan aspectos sobre la identidad de la comunidad, 2 de mayo por ejemplo, otras festividades como Aguacilindor y los momentos (último mes de mayo).

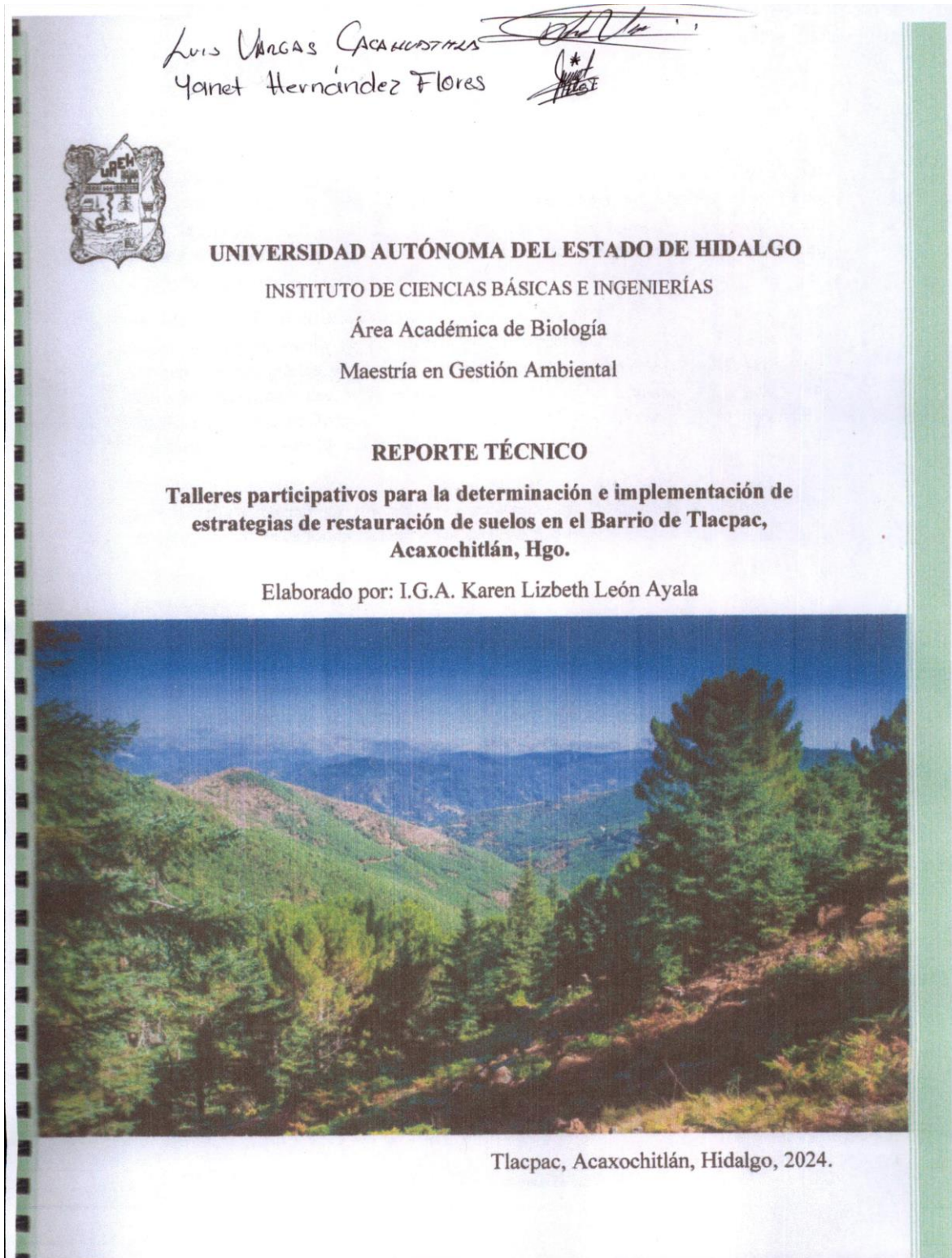
Con el apoyo de la ~~comunidad~~ ^{comunidad} se podrán desarrollar otros proyectos con la ~~comunidad~~ ^{comunidad} universidad.

A continuación se hace un listado de los presentes y quienes además están de acuerdo en colaborar con los actividades que se van a desarrollar en el proyecto.

Nombre	Medio de comunicación	Firma
ROSALBA FRANCISCA PONCE RIVEROS	7711567485	
RUBEN GUSTAVO PEREA ROMERO	7751146673	
MANUEL GUSTAVO PEREA RODRIGUEZ	7752063801	
Juan Vargas Perea	771 409 42 22	
Ma. del Carmen López Román	7712405718	
Dulce María Galván Hernández	2281433969	
LUIS VARGAS CACHUSTRILLA (COLEGADO)	7717460674	
PEDRO ROMUALDO VARGAS		
Pablo Octavio Aguilón		
Karen Lizbeth León Ayala		

NOTA: Queda pendiente confirmar la fecha para realizar el recorrido y toma de muestra para el próximo fin de semana

Anexo 2.- Entrega de documentación a la delegación del Barrio de Tlcpac



Productos de Educación Ambiental

Anexo 3.- Diploma participación en Primario “El Triunfo” del Barrio de Tlacpac Acaxochitlán Hidalgo



Anexo 4.- Constancia de participación por parte de la Presidencia Municipal de Acaxochitlán, Hidalgo.



 **ACAXOCHITLÁN**
PUEBLO
DEL
SABOR

 **ACAXOCHITLÁN**
ACCIONES QUE TRANSFORMAN
2021-2024

 **ACAXOCHITLÁN**
PUEBLO MÁGICO

EL AYUNTAMIENTO DE ACAXOCHITLÁN 2021-2024, OTORGA EL PRESENTE

RECONOCIMIENTO

A: **KAREN LIZBETH LEÓN AYALA**

POR

HABER REALIZADO LA IMPLEMENTACIÓN DE TALLERES PARTICIPATIVOS PARA LA DETERMINACIÓN DE ESTRATEGIAS DE RESTAURACIÓN DE SUELOS FORESTALES EN EL "BARRIO DE TLACPAC" ACAXOCHITLÁN, DURANTE EL PERIODO 2021-2023.

Acaxochitlán, Hidalgo a 24 de Febrero de 2024.


T.A. Erik Carbajal Romo
Presidente Municipal Constitucional

Anexo 5.- Constancia de participación por parte de la delegación del Barrio de Tlacpac, Acaxochitlán Hidalgo.



Delegación Tlacpac

Mpio. De Acaxochitlán Hgo.

Se Otorga la presente

CONSTANCIA A:

KAREN LIZBETH LEÓN AYALA

Perteneciente al programa académico Maestría en Gestión Ambiental de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo por su destacada participación en la impartición de cinco talleres:

- Recorrido del área de estudio
- Muestreo de suelos
- Línea del tiempo
- Propiedades físico-químicas del suelo-formulación de estrategias de restauración
- Colocación de enmiendas orgánicas

En un periodo de dos años 2021-2023

Acaxochitlán, Hgo 24 de febrero de 2024



TLACPAC



LUIS VARGAS CACAHUATILLA

Delegado

Anexo 6.- Tablas de planificación talleres participativos

Tabla 2.- Tabla de planeación del Taller participativo 1 con el grupo de trabajo

Nombre del taller:	Recorrido del área de estudio
Objetivo:	Conocer el área de estudio sus características generales y extensión
Dinámica:	Realizar una caminata en conjunto con el grupo participativo describiendo las características generales (flora, fauna, áreas perturbadas) y puntos con un GPS para su posterior proceso en un Sistema de Información Geográfica (SIG) y marcar los polígonos de trabajo.
Herramienta participativa/materiales:	Mapa base Hojas blancas, lapiceros, GPS
Duración del taller	2 horas y media

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.- Tabla de planeación del Taller participativo 2 con el grupo de trabajo

Nombre del taller:	Muestreo de suelos
Objetivo:	Proporcionar al grupo participativo un curso sobre muestreo de suelos y conceptos básicos
Dinámica:	Presentación con los temas básicos sobre un muestreo de suelo Practica de campo sobre los conocimientos adquiridos, recolección de muestras representativas del área de estudio para su posterior análisis en laboratorio.
Herramienta participativa/materiales:	Clase sobre muestreo de suelos <u>Clase:</u> proyector/computadora, libreta, lapiceros <u>Practica:</u> guantes, tijeras, costales limpios, bolsas de plástico de 2kg, pala plana y etiquetas
Duración del taller	3 horas

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4.- Tabla de planeación del Taller participativo 3 con el grupo de trabajo

Nombre del taller:	Línea del tiempo
Objetivo:	Visualizar situaciones o hechos ocurridos dentro del área de estudio (bosque) en un periodo de 23 años
Dinámica:	Identificar las problemáticas transcurridas a lo largo de la historia del bosque de la localidad mediante fotografías y descripciones por los pobladores
Herramienta participativa/materiales:	Línea del tiempo Papel mural 2mts, papel adhesivo de colores (post-its), lapiceros, plumones de colores y fotografías
Duración del taller	2 horas

Fuente: Elaboración propia

Tabla 5.- Tabla de planeación del Taller participativo 4 con el grupo de trabajo

Nombre del taller:	Propiedades físico-químicas del suelo/entrega de resultados/formulación de estrategia
Objetivos:	Proporcionar al grupo de trabajo los resultados del análisis de los parámetros del suelo Explicar cada parámetro del suelo y su importancia Formular estrategias de restauración de suelo
Dinámica:	Explicar las propiedades físicas y químicas del suelo en campo, realizar la determinación de forma empírica una propiedad de suelo para ver su grado de perturbación y poder formular una estrategia de restauración
Herramienta participativa/materiales:	Cartel con los conceptos Ilustraciones de las propiedades Hoja de resultados del análisis impresa Libreta, lapiceros, botella de agua vacía y agua
Duración del taller	2 horas

Fuente: Elaboración propia

Tabla 6.- Tabla de planeación del Taller participativo 5 con el grupo de trabajo

Nombre del taller:	Colocación de enmiendas orgánicas
Objetivo:	Colocar enmienda orgánica en el área de estudio en arboles representativos con el fin de ver que tanto ayuda a crecerlos y mejorar el recurso suelo
Dinámica:	Colocación de las 2 enmiendas formuladas con el grupo de trabajo en el taller pasado en ejemplares para su reforestación, se marcará cada ejemplar con color y se medirá en centímetros para su posterior monitoreo
Herramienta participativa/materiales:	Practica de restauración Estacas o varilla de madera marcada con la nomenclatura de cada enmienda Pala, guantes, cinta métrica y acolchado de pino procesado/degradado
Duración del taller	3 horas y media

Fuente: Elaboración propia

Tabla 7.- Tabla de planeación del Taller participativo 1 con niños de primaria

Nombre del taller:	Aprendiendo a amar el bosque
Objetivo:	Sensibilizar y responsabilizar al alumno acerca de la necesidad de cuidar el ecosistema
Dinámica:	Exposición con los principales componentes de un bosque y la importancia del ecosistema Actividad con los alumnos donde identificaran la flora y fauna del bosque, así como las amenazas y las acciones para salvarlo
Herramienta participativa/materiales:	Mapa de características y acciones Cartel con el esquema del mapa (flora, fauna, amenazas, acciones para salvarlo) Fotografías del bosque, masking tape, plumones para pizarrón de colores
Duración del taller	2 horas

Fuente: Elaboración propia

Tabla 8.- Tabla de planeación del Taller participativo 2 con niños de primaria

Nombre del taller:	Vida e importancia de un árbol- sembrando vida
Objetivo:	Fomentar la participación y compromiso con el medio ambiente, general que el alumno entre en armonía con la naturaleza y evitar la pérdida de ecosistemas y frenar el deterioro del planeta.
Dinámica:	Exposición con las etapas de crecimiento de un árbol y los pasos para plantarlo Plantar un arbolito en zona prioritaria para reforestación
Herramienta participativa/materiales:	Pala plana, agua, guantes, ropa de campo cómoda, hojas blancas, fotografía del alumno en el bosque/árbol, varilla de madera, plumones de colores para pizarrón Arbolitos proporcionados por el exponente
Duración del taller	2 horas y media

Fuente: Elaboración propia

Analisis en laboratorio

Anexo 7.- Análisis en laboratorio de los parámetros físicos y químicos de las muestras de suelo.



Figura 1.- Análisis en laboratorio de los parámetros físico-químicos de las muestras de suelo. Las imágenes A1, A2, A3 secado, tamizado y peso de cada muestra, imágenes B1, B2, B3 técnica de determinación de materia orgánica por el método de Método de Walkley and Black conforme a lo establecido en la NOM 021 RECNAT 2000.



Figura 2.- Análisis de los parámetros físico-químicos de las muestras de suelo. Las imágenes C1, C2, C3 muestran la determinación de la clase textural mediante el procedimiento de Bouyoucos, las imágenes D1, D2, D3 muestran la determinación de la densidad real Mediante el método del picnómetro conforme a lo establecido en la NOM 021 RECNAT 2000.

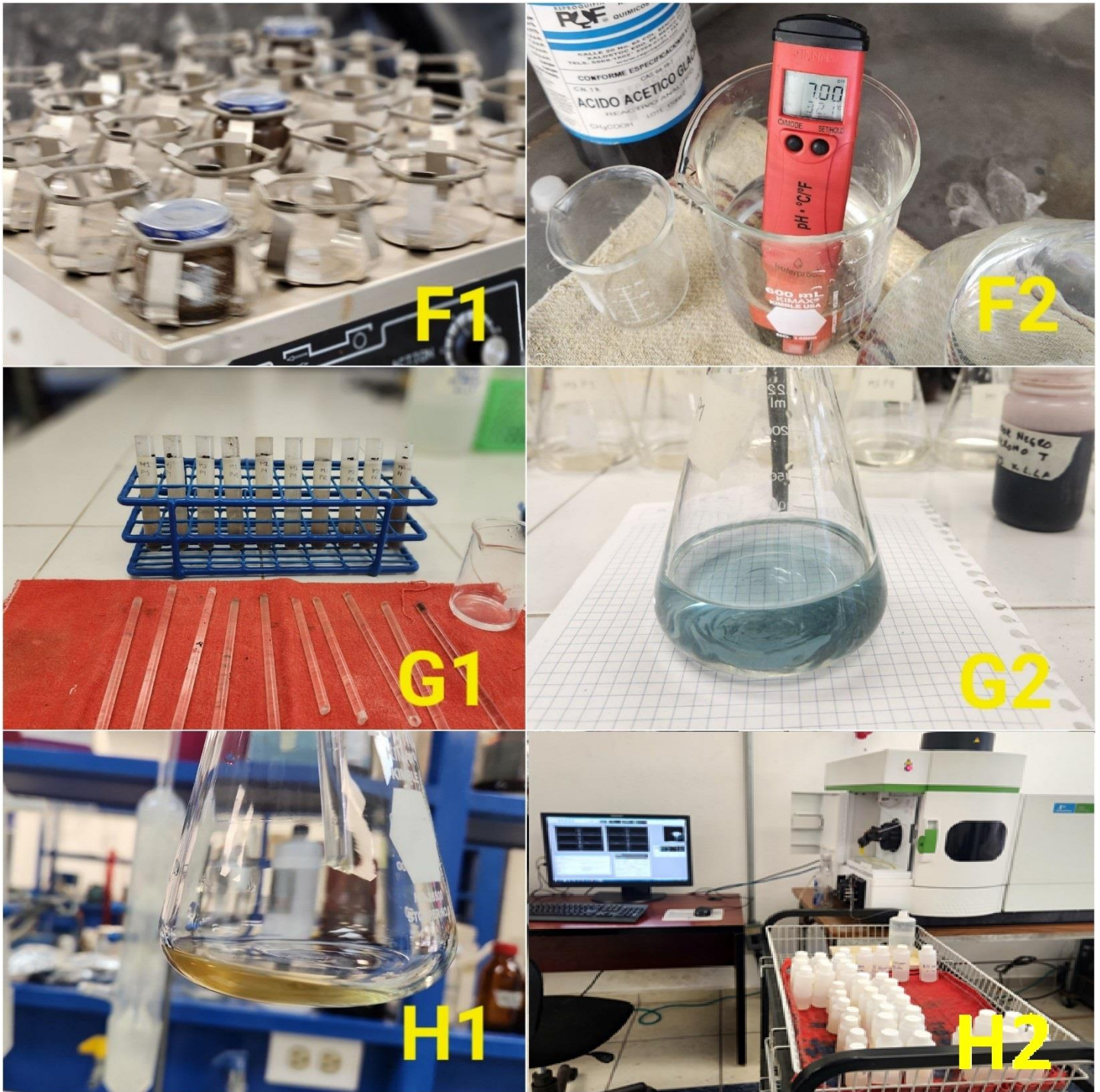


Figura 3- Análisis en laboratorio de los parámetros físico-químicos de las muestras de suelo. Las imágenes F1, F2 muestran la determinación del pH de cada muestra mediante un potenciómetro, imágenes G1, G2 muestran la determinación de la capacidad de intercambio catiónico mediante el procedimiento con acetato de amonio, las imágenes H1, H2 muestran la determinación de Bases intercambiables con la técnica de Versanato EDTA mediante Espectrometría de Masa con Plasma (ICP) conforme a lo establecido en la NOM 021 RECNAT 2000.