



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO

DIVISIÓN DE CIENCIAS FORESTALES

MAESTRIA EN CIENCIAS EN CIENCIAS FORESTALES

**ANÁLISIS DE LOS CAMBIOS DE LA VEGETACIÓN EN LA
ZONA PROTECTORA FORESTAL EN LOS RÍOS DEL
SUR DE QUERÉTARO**

Que como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS FORESTALES

Presenta:

SILVIA PASCUAL HERNÁNDEZ



APROBADA



Bajo la dirección de: **DR. JOSÉ LUIS ROMO LOZANO**



Chapingo, Estado de México, noviembre de 2022.

**ANÁLISIS DE LOS CAMBIOS DE LA VEGETACIÓN EN LA ZONA
PROTECTORA FORESTAL EN LOS RÍOS DEL SUR DE
QUERÉTARO**

Tesis realizada por **SILVIA PASCUAL HERNÁNDEZ** bajo la supervisión del
Comité Asesor indicado, aprobada por el mismo y aceptada como requisito
parcial para obtener el grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS EN CIENCIAS FORESTALES

DIRECTOR:  _____

DR. JOSÉ LUIS ROMO LOZANO

ASESOR:  _____

DR. ALEJANDRO ISMAEL MONTERROSO RIVAS

ASESOR:  _____

DR. LEOPOLDO MOHEDANO CABALLERO

ASESOR: JESÚS MANUEL CABRERA DELGADO

M.C. JESÚS MANUEL CABRERA DELGADO

CONTENIDO

LISTA DE CUADROS	IV
LISTA DE FIGURAS	V
LISTA DE ANEXOS	V
ABREVIATURAS USADAS	VI
DEDICATORIA	VII
AGRADECIMIENTOS	VIII
DATOS BIOGRÁFICOS.....	IX
RESUMEN GENERAL.....	1
GENERAL ABSTRACT.....	2
CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN GENERAL	3
1.1 . Antecedentes.....	4
1.2. Problema de Investigación	5
1.3. Justificación	6
1.4. Objetivos.....	7
1.5. Preguntas de Investigación y delimitación espacial y temporal	7
1.6. Hipótesis.....	8
1.7. Descripción capitular del contenido del documento de investigación	8
1.8. Literatura Citada	9
CAPÍTULO 2. REVISIÓN DE LITERATURA.....	14
2.1 . Marco teórico y de referencia	14
2.4. Literatura citada.....	22
CAPÍTULO 3. DINÁMICA DE CAMBIOS EN EL USO DE SUELO Y VEGETACIÓN EN LA ZONA PROTECTORA FORESTAL DE LOS RÍOS DEL SUR DE QUERÉTARO PARA EL PERIODO 1997-2016	27
3.1. Ideas destacadas:.....	27
3.2. Resumen	27
3.3. Introducción	28

3.4. Materiales y métodos.....	30
3.4.1. Área de estudio	30
3.4.3. Estimación de los cambios uso de suelo y tipos de vegetación	32
3.4.4. Clasificación de cambios de uso	33
3.4.5. Tendencias en cambio de uso de suelo y vegetación	34
3.4.6. Impulsores de cambios de uso de suelo	35
3.5 . Resultados y Discusión.....	36
3.6. Conclusiones	44
3.7. Agradecimientos	44
3.8. Referencias.....	44
4. CONCLUSIONES GENERALES.....	50
5. ANEXOS.....	51

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1. Matriz de transición tabulada de pérdidas y ganancias. Interacción del tiempo 1 y el tiempo 2 (Pontius et al., 2004).	33
Cuadro 2. Identificación de los valores para la matriz de transición.....	34
Cuadro 3. Cambios netos (hectáreas y porcentaje) de superficie de uso de suelo y vegetación en la Zona Protectora Forestal de los ríos del sur de Querétaro en el periodo 1997-2009.....	36
Cuadro 4. Matriz de transición de cambio uso de suelo y vegetación (hectáreas) 1997-2009 en la Zona Protectora Forestal de los ríos del sur de Querétaro.	37
Cuadro 5. Dinámica de cambio en periodo 1997-2009.	37
Cuadro 6. Matriz de probabilidades de cambio de uso de suelo y vegetación en el periodo 1997-2009.	38
Cuadro 7. Cambios netos en ha y porcentaje del uso de suelo y vegetación en la Zona Protectora Forestal de los ríos del sur de Querétaro en el periodo 2009-2016.....	39
Cuadro 8. Matriz de transición de cambio uso de suelo y vegetación en ha, 2009-2016 en la Zona Protectora Forestal de los ríos del sur de Querétaro.	39

Cuadro 9. Dinámica de cambio en periodo 2009-2016.	40
Cuadro 10. Cuadro de probabilidades de cambio de uso de suelo y vegetación en el periodo 2009-2016.	40

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Estructura capitular de la investigación.....	8
Figura 2. Localización del área de estudio, Zona Protectora Forestal de los ríos del sur de Querétaro.	31
Figura 3. Principales sitios afectados en la Zona Protectora.....	42

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1. Cuestionario socioeconómico.....	51
Anexo 2. Resultados del cuestionario socioeconómico.....	52

ABREVIATURAS USADAS

Abreviatura	Significado
ANP	Área Natural Protegida
ANPs	Áreas Naturales Protegidas
APRN	Área de Protección de los Recursos Naturales
Asnm	Altura sobre el nivel del mar
CONAFOR	Comisión Nacional Forestal
CONANP	Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas
DTMC	Cadenas de Markov de Tiempo Discreto
FAO	Organización de las Naciones Unidas Para la Alimentación y Cultura
ha	hectárea
INEGI	Instituto Nacional de Estadística y Geografía
LGEEPA	Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente
OAM	Organización de Aguas Mexicanas
ONU	Organización de las Naciones Unidas
PROFEPA	Procuraduría Federal para la Protección al Ambiente
SEMARNAT	Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales
SIG	Sistemas de Información Geográfica
UTM	Sistema de coordenadas universal transversal de Mercator
ZPFRSQ	Zona Protectora Forestal de los ríos de San Ildefonso, Ñado, Aculco y Arrollo Zarco

DEDICATORIA

Primeramente, dedico mi trabajo a Dios, que siempre me ha dado fuerza en cada etapa de mi vida.

También dedico esta tesis a mi mamá Marcelina y mi papá David, personas maravillosas en mi vida, con su trabajo, dedicación, esfuerzo y cariño me han acompañado siempre.

A mi hermano José Luis y mis hermanas Gloria, Angélica y Esmeralda, con su presencia han dado mi vida tranquilidad y seguridad.

A mi profesor Óscar que en paz descansa, por su motivación para pertenecer a esta comunidad, a mi alma mater Universidad Autónoma Chapingo.

A mi profesor y director de tesis José Luis, con su apoyo, dedicación y paciencia he logrado esta meta.

A mis amigos por brindarme su cálida amistad todos los días y por acompañarme en los buenos y malos momentos.

Silvia Pascual Hernández.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Autónoma Chapingo, las oportunidades que me ha brindado son incomparables. Por haber sido el lugar de mi formación profesional.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por el apoyo y por financiar mis estudios por 22 meses equivalentes a dos años, así como para el trabajo de investigación en el sector forestal.

Agradezco a mis maestros de la Universidad Autónoma Chapingo, que compartieron sus conocimientos, comprensión y apoyo a mi formación académica, en especial a los profesores de la División de Ciencias Forestales y Suelos.

A mi director de tesis Dr. José Luis Romo Lozano, por dirigir la presente tesis profesional, por sus enseñanzas y sus contribuciones a mi formación académica, así como también a los asesores; Dr. Alejandro Rivas Monterroso, Dr. Leopoldo Mohedano Caballero y al M. C Jesús Manuel Cabrera Delgado.

DATOS BIOGRÁFICOS

Datos personales

Nombre: Silvia Pascual Hernández

Fecha de nacimiento: 08 de enero de 1993

Lugar de nacimiento: Amealco, Querétaro

Profesión: Ingeniero Forestal

Cédula profesional: 12531951



Desarrollo académico:

Preparatoria: Escuela Media Superior a Distancia (EMSAD) 17 San Ildefonso, Amealco, Querétaro.

Licenciatura: Universidad Autónoma Chapingo. División de Ciencias Forestales. Ingeniería Forestal. Estado de México.

RESUMEN GENERAL

ANÁLISIS DE LOS CAMBIOS DE LA VEGETACIÓN EN LA ZONA PROTECTORA FORESTAL EN LOS RÍOS DEL SUR DE QUERÉTARO

Analysis of vegetation changes in the forest protection zone in the rivers of
southern Queretaro

En las Áreas Naturales Protegidas como en los bosques generales son dinámicos, a pesar de ser decretada para su conservación están expuestas a la alteración de sus recursos naturales. Para estimar los cambios en la Zona Protectora Forestal en los ríos del sur de Querétaro, se cuantificó las superficies de 1997, 2009 y 2016, a partir de cartografía de uso de suelo y vegetación. Posteriormente al estimar los cambios y tendencias de estas, en dos periodos: 1997 a 2009 y 2009 a 2016 a partir de una matriz de transición tabulada y cadenas de Markov, donde se obtuvieron las ganancias y pérdidas de la vegetación empleando sistemas de información geográfico. Además, se indagó sobre las posibles causas de esta dinámica a base de visitas a campo de las áreas afectadas y un cuestionario socioeconómico de cinco localidades en el área de influencia, así como información bibliográfica. Finalmente, los resultados mostraron que, durante los 20 años analizados dentro de la Zona Protectora Forestal hay pérdidas de importancia forestal como el bosque de encino, la causa es atribuida por actividades antrópicas. Esto permitió lograr los objetivos propuestos del trabajo al identificar los cambios de la vegetación, tendencias y sus causas. Cabe resaltar también la importancia de una opción de revisión y tomar medidas para valorar la falta de efectividad del decreto a la Zona Protectora Forestal como área de conservación.

Palabras clave:

área natural protegida; información geográfica; bosque; tendencia; antrópico;

1

Tesis de Maestría en Ciencias en Ciencias Forestales, Universidad Autónoma Chapingo.

Autor: Silvia Pascual Hernández

Director de Tesis: Dr. José Luis Romo Lozano

GENERAL ABSTRACT

Analysis of vegetation changes in the forest protection zone in the rivers of southern Queretaro

In the Natural Protected Areas, as in the general forests, they are dynamic; despite being decreed for their conservation, they are exposed to altering their natural resources. To estimate the changes in the Forest Protection Zone in the rivers of southern Querétaro, the areas of 1997, 2009, and 2016 were quantified using the cartography of land use and vegetation. Subsequently, by estimating these changes and trends, in two periods: 1997 to 2009 and 2009 to 2016, from a tabulated transition matrix and Markov chains, the gains, and losses of vegetation were obtained using geographic information systems. In addition, the possible causes of this dynamic were investigated based on field visits to the affected areas, a socioeconomic questionnaire of five localities in the area of influence, and bibliographic information. Finally, the results showed that during the 20 years analyzed within the Forest Protection Zone, there were losses of forest importance, such as oak forest, and anthropic activities attributed to the cause. This made it possible to achieve the proposed objectives of the work by identifying changes in vegetation, trends, and their causes. It is also worth highlighting the importance of a review option and taking measures to assess the lack of effectiveness of the decree to the Forest Protection Zone as a conservation area.

Key words:

protected natural area; geographic information systems; forest; tendance; anthropique;

2

Thesis Maestría en Ciencias en Ciencias Forestales, Universidad Autónoma Chapingo.

Author: Silvia Pascual Hernández

Advisor: Dr. José Luis Romo Lozano

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN GENERAL

Las áreas naturales protegidas (ANP) son un mecanismo de política para fomentar la conservación de la biodiversidad y los servicios ecosistémicos (Jiménez et al., 2014; Miranda et al., 2016; Tesfaw et al., 2018). Actualmente, más del 15 % del relieve terrestre global se encuentra bajo protección y existe un impulso por incrementar esta cobertura (Shah et al., 2021). Estudios realizados en diferentes países han demostrado que el establecimiento de ANP ha significado una disminución en los procesos de deforestación (Andam et al., 2008; Blankespoor et al., 2017). México actualmente cuenta con 185 áreas naturales protegidas que comprenden 90,958,374 hectáreas (ha), y de éstas, 21,499,761 ha corresponden a superficie terrestre protegida que representa el 10.94% de la superficie terrestre nacional (Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas [CONANP], 2021).

De las 185 ANP en México, nueve son para protección a los recursos naturales (APRN) y corresponden a 4.9% de la superficie total (Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas [CONANP], 2022). Son áreas que proveen principalmente servicios ecosistémicos hidrológicos, producción de oxígeno, protección de cuenca, captura de carbono, paisaje para recreación, captación, provisión de agua, amortiguamiento del impacto de fenómenos naturales, regulación climático, recuperación de suelos, producción de alimentos y a la protección a la vida silvestre (CONANP, 2018).

Sobre esto, autores como Sosa-Rámirez et al. (2015), mencionan que el manejo integrado de ecosistemas tiene como objetivo la sustentabilidad; y a escala mundial el manejo de las ANP no ha sido eficiente. Actualmente la mayoría de los ríos de México evidencian deterioro debido a las actividades del ser humano que se realizan en sus zonas de influencia (Aguirre & Morán, 2012). Sin acciones

de control como la reforestación o conservación de las áreas, el problema puede aumentar y alcanzar valores potenciales de erosión (Roblero et al., 2022)

En México para evaluar el impacto de la deforestación y alteración, se han estudiado las APRN del país, empleando sistemas de información geográfica (SIG) (Miranda-Huerta et al., 2019), caracterización de factores ecológicos sociales, económicos y normativos (Reyna-Valencia, 2017), encuestas estructuradas y dirigidas, en cuestiones de vigilancia ambiental, aprovechamiento, educación ambiental, turismo, y gestión (Hernández-Ramírez et al., 2016). A pesar de ello, en el país se han evidenciado el desinterés de algunas APRN, tal es el caso de la ANP Zona Protectora Forestal de los ríos de San Ildefonso, Ñado, Aculco y Arrollo Zarco (ZPFRSQ) del estado de México y Querétaro. El presente estudio tuvo como objetivo estimar los cambios y tendencias del uso de suelo y vegetación en los ríos del sur del estado de Querétaro, en los periodos de 1997-2009 y 2009-2016, mediante información cartográfica a través de SIG. Asimismo, se buscó identificar sus posibles causas, mediante cuestionarios, estudios de percepción en campo y datos de bibliografía reportada.

1.1. Antecedentes

México ha perdido grandes áreas de sus ecosistemas en las últimas décadas. Buena parte éstas pertenecen a comunidades rurales, y sus cambios de uso de suelo afectan la biodiversidad y reduciendo muchos servicios ecosistémicos vitales (De Alba et al., 2020). En 1976 la cobertura original total en México se había reducido en 38%, y para 1993 solo cubría 54% de la superficie original (Challenger et al., 2009). En estas circunstancias, la identificación y caracterización de las unidades de vegetación ha sido de gran relevancia, y en su análisis se han utilizado ampliamente sistemas de información geográfica (Flores et al., 2020), los cuales consisten en la generación de datos mediante el

uso de sensores remotos que permiten cruzar la información de coberturas de bosque.

Las metodologías SIG han sido utilizadas con alta frecuencia en el estudio de las ANP del país, tal es el caso de Neri-Suárez (2018) que evaluó los vacíos y omisiones de conservación (análisis gap) de los tipos de vegetación con respecto a las ANP del estado de Guerrero, México. Por otra parte, Chico et al., (2015) evaluaron los cambios de uso de suelo empleando ortofotos de los periodos 1994, 1999, 2007 en El Parque Nacional Insurgente Miguel Hidalgo y Costilla, conocido como La Marquesa en la Ciudad de México. Asimismo, Rioja-Nieto et al. (2015) evaluaron el efectividad en el manejo de la reserva “El Palmar, Península de Yucatán” utilizando técnicas de percepción remota, basadas en el análisis jerárquico de características cualitativas del ecosistema. De igual modo Villegas (2021) determinó el potencial del suelo a través de la modelación geoespacial de características de agricultura ecológica, así como bosques forestales en el Parque Otomí-Mexica del Estado de México.

Por otra parte, el estado y las tendencias de cambio de la biodiversidad, tal como lo indican Morales-Hernández et al. (2016), están anclados en factores sociales, económicos y políticos llamados factores de raíz, que suelen provocar cambios en la cobertura y el uso del suelo; sobreexplotación de organismos; introducción de especies invasoras exóticas; cambio climático antropogénico y la adición de productos contaminantes. De este modo, en el tema de las causas de los cambios en la vegetación, Reyes (2016), menciona que entre los factores reportados con mayor frecuencia se encuentran el antrópico y el alto contenido de material leñoso, pues este último determina una mayor vulnerabilidad a incendios forestales. Otro factor es la expansión agrícola y ganadera que conlleva a la extensión de infraestructura (Ellis et al., 2017; Monjardín-Armenta et al., 2017).

1.2. Problema de Investigación

Los principales problemas mencionados en los distintos trabajos realizados en las ANP del país son: La inadecuada estructura e ineficiente operación del plan

de manejo., la escases de personal y la asignación de múltiples funciones, la zonificación imprecisa de las áreas (tala para leña, pastoreo en la zona núcleo y apertura de nuevas tierras de cultivo), lo cual es una causa a la disminución de las áreas forestales (Vázquez-Márquez et al., 2020); la pérdida de la cubierta forestal, erosión, contaminación de cuerpos de agua por desechos provenientes del ganado, asentamientos humanos irregulares y reforestación con especies no aptas (Moreno-barajas et al., 2019).

Las ANPs en la ausencia de un plan de manejo, no están funcionando como estrategias de conservación porque no cuentan con alguna definición espacial clara y sobre todo de manejo, en consecuente, la mayor parte de la población del área desconocen esta situación, pero también no cuentan con presupuesto para la gestión, paralelamente hay ventas de tierras, se mantienen actividades de producción, así como extractivas (Tlapa Almonte et al., 2020).

En la Zona Protectora Forestal de los ríos del sur de Querétaro, existen evidencias visuales que sugieren que han ocurrido cambios importantes en la composición de las especies vegetales que conforman los distintos espacios territoriales del área. En la presente investigación se tiene el interés de analizar y estudiar el problema que representan dichos cambios, utilizando los sistemas de información geográfica.

1.3. Justificación

México ha perdido grandes áreas de sus ecosistemas en las últimas décadas. Buena parte éstas pertenecen a comunidades rurales, y sus cambios de uso de suelo afectan la biodiversidad y reduciendo muchos servicios ecosistémicos vitales (De Alba et al., 2020).

La importancia de la vegetación representa la parte más obvia del ecosistema pues a través de ella se puede definir el hábitat según Trujillo (2022), en este respecto los mapas de vegetación son esenciales para el manejo racional del

territorio, estos son imprescindibles para aprender cómo reaccionan las especies de plantas frente a su medio ambiente, su conocimiento es necesario para resolver los problemas relativos a conservación, uso sostenible del territorio, aprovechamientos posibles, restauración, agronomía, forestación, entre otros.

Es por lo que la presente investigación se determinaron los cambios de cobertura vegetal de la Zona Protectora Forestal de los ríos del sur de Querétaro y se buscaron las posibles causas socioeconómicas.

1.4. Objetivos

Objetivo general

Estimar los cambios y tendencias de la vegetación en el periodo 1997-2016, en la Zona Protectora Forestal de los ríos del sur de Querétaro.

Objetivos particulares

1. Estimar los cambios y tendencias de la vegetación en el periodo 1997 a 2009 y 2009 a 2016 en la Zona Protectora Forestal de los ríos del sur de Querétaro mediante cartografía a través de sistemas de información geográfica.
2. Aplicar cuestionarios socioeconómicos a la población más cercana de la Zona Protectora Forestal para tratar de identificar la incidencia antrópica en dichos cambios
3. Realizar visitas a la Zona Protectora Forestal con el fin de verificar actividades productivas desarrolladas en las áreas más afectadas.

1.5. Preguntas de Investigación y delimitación espacial y temporal

1. Según los sistemas de información geográfica, ¿Cuál es la estimación, en hectáreas, de los cambios y tendencias en el uso de suelo y vegetación en la Zona Protectora Forestal de los ríos del sur de Querétaro?

2. según el estudio de campo realizada en la zona protectora forestal de los ríos del sur de Querétaro, ¿Cuáles son los factores socioeconómicos y/o antrópicos que propician al cambio en la vegetación?

1.6. Hipótesis

1. En la en la Zona Protectora Forestal de los ríos del sur de Querétaro, ha sufrido cambios de vegetación forestal en el periodo 1997 a 2016 y las tendencias muestran el cambio continuo de la vegetación.
2. Las actividades antrópicas son la causa principal de los cambios en vegetación en el periodo 1997 a 2016 de la zona protectora forestal de los ríos del sur de Querétaro.

1.7. Descripción capitular del contenido del documento de investigación

El capítulo uno corresponde la introducción general que contiene los antecedentes del tema de investigación, problema de investigación, justificación, objetivos, preguntas de investigación y delimitación espacial y temporal y la hipótesis del tema de investigación. El capítulo dos corresponde la revisión literatura descrita como marco teórico conceptual, marco de referencia y marco metodológico. El capítulo tres es la redacción del artículo científico, también se agregó las conclusiones generales y anexos en el capítulo 4 y 5 (Figura 1).

CAPITULO	
1	INTRODUCCIÓN GENERAL
2	REVISIÓN DE LITERATURA
3	ARTÍCULO DE INVESTIGACIÓN
4	CONCLUSIONES GENERALES
5	ANEXOS

Figura 1. Estructura capitular de la investigación

1.8. Literatura Citada

- Aguirre, A. A., & Morán, F. (2012). Análisis de la factibilidad de incorporar las zonas federales de los ríos como áreas naturales protegidas. In Universidad de Guadalajara (Ed.), *IH Seminario Internacional sobre la Cuenca del Río Santiago. Retos y perspectivas de las áreas naturales protegidas* (Primera ed, p. 143). Centro Universitario de Ciencias Económico Administrativas. https://cucea.udg.mx/es/publicaciones_digitales/ii-seminario-internacional-sobre-la-cucenca-del-rio-santiago
- Andam, K. S., Ferraro, P. J., Pfaff, A., Sanchez-Azofeifa, G. A., & Robalino, J. A. (2008). Measuring the effectiveness of protected area networks in reducing deforestation. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, *105*(42), 16089–16094. <https://doi.org/10.1073/pnas.0800437105>
- Blankespoor, B., Dasgupta, S., & Wheeler, D. (2017). Protected areas and deforestation: new results from high-resolution panel data. *Natural Resources Forum*, *41*(1), 55–68. <https://doi.org/10.1111/1477-8947.12118>
- Challenger, A., Dirzo, R., Semsarian, C., Richmond, D. R., Schwartz, K., Trent, R. J., Prince, R., Hospital, A., & Hospital, P. A. (2009). Tendencias de cambio y estado de la biodiversidad, los ecosistemas y sus servicios. In *Factores de cambio y estado de la biodiversidad* (Vol. 2, Issue 2009, pp. 37–73).
- Chico, M., Trinidad, M. Á., & Montoya, R. (2015). Evaluación del cambio de uso de suelo en el parque nacional “La Marquesa” (1994-2007), aplicando tecnología SIG. *Ciencias Espaciales*, *8*(2), 243–258. <https://doi.org/10.5377/ce.v8i2.2080>
- Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas [CONANP]. (2018). *100 años de conservación en México: Áreas Naturales Protegidas de México* (Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas [CONANP] & Secretaria

de Medio Ambiente y Recursos Naturales [SEMARNAT] (eds.); Primera ed).
<https://www.conanp.gob.mx/pdf/100AñosConservación.pdf>

Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas [CONANP]. (2021). *Áreas Naturales Protegidas*.
[https://sedema.cdmx.gob.mx/programas/programa/areas-naturales-protegidas%0Ahttp://www.agrolalibertad.gob.pe/sites/default/files/AREAS NATURALES PROTEGIDAS_0.pdf](https://sedema.cdmx.gob.mx/programas/programa/areas-naturales-protegidas%0Ahttp://www.agrolalibertad.gob.pe/sites/default/files/AREAS%20NATURALES%20PROTEGIDAS_0.pdf)

Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas [CONANP]. (2022). *Áreas naturales protegidas*. Federal Government of Mexico [GOB.MX].
<https://www.gob.mx/conanp/documentos/areas-naturales-protegidas-278226?idiom=es>

De Alba, C. F., Ceccon, E., Romero-Calcerrada, R., & Rosete-Vergés, F. (2020). Revisión sistemática de cuarenta años de análisis de cambio de uso del suelo en México mediante sistemas de información geográfica. *Revista de Geografía Espacios*, 10(20), 139–162.
<https://doi.org/10.25074/07197209.20.1740>

Ellis, E. A., Hernández-Gómez, I. U., & Romero-Montero, J. A. (2017). Los procesos y causas del cambio en la cobertura forestal de la Península Yucatán, México. *Ecosistemas*, 26(1), 101–111.
<https://doi.org/10.7818/ECOS.2017.26-1.16>

Flores, N., Castro, I., & Aponte, H. (2020). Evaluación de las unidades de vegetación en Los Pantanos De Villa (Lima, Perú) mediante sistemas de información geográfica y teledetección. *Arnaldoa*, 27(1), 303–321.

Hernández-Ramírez, D., Alanís-Rodríguez, E., Jiménez-Pérez, J., Aguirre-Calderón, O. A., & Treviño-Garza, E. J. (2016). Participación social en la Sierra Fría: Área de Protección de Recursos Naturales (APRN), Zacatecas, México. *Agricultura Sociedad y Desarrollo*, 13(1), 33.
<https://doi.org/10.22231/asyd.v13i1.277>

Jiménez, C. L., Sosa, J., Cortés-Calva, P., Solís, A. B., Íñiguez, L. I., & Ortega-

- Rubio, A. (2014). México país megadiverso y la relevancia de las áreas naturales protegidas. *Investigación y Ciencia*, 60, 16–22. https://www.academia.edu/17888130/México_país_megadiverso_y_la_relevancia_de_las_áreas_naturales_protegidas
- Miranda-Huerta, K., Rodríguez-Tapia, G., Rodríguez, P., Rocha-Ortega, M., & Córdoba-Águilar, A. (2019). Comparando perturbación y deforestación vs. riqueza de especies en Areas Naturales Protegidas: un ejemplo con odonatos. In *Antropización: Primer Análisis Integral* (p. pp.183-198). Colore Arte. <https://doi.org/10.22201/ib.9786073020305e.2019.c10>
- Miranda, J. J., Corral, L., Blackman, A., Asner, G., & Lima, E. (2014). Effects of Protected Areas on Forest Cover Change and Local Communities. *World Development*, 44(June), 56–65. https://www.cambridge.org/core/product/identifier/S0376892916000308/type/journal_article%0Ahttps://www.mesadeconversaciones.com.co/comunicados/acuerdo-final-para-la-terminación-del-conflicto-y-la-construcción-de-una-paz-estable-y-1%0Ahttp://rightsandresou
- Monjardín-Armenta, S. A., Pacheco-Angulo, C. E., Plata-Rocha, W., & Corrales-Barraza, G. (2017). La deforestación and sus factores causales en el estado de Sinaloa, México. *Madera Bosques*, 23(1), 7–22. <https://doi.org/10.21829/myb.2017.2311482>
- Morales-Hernández, J. C., Carrillo-González, F. M., Farfán-Molina, L. M., & Cornejo-López, V. M. (2016). Vegetation change cover in the coastal region of Bahia de Banderas, Mexico. *Caldasia*, 38(1), 17–29. <https://doi.org/10.15446/caldasia.v38n1.57831>
- Moreno-Barajas, R., Talavera-garduño, K., Rivera-morales, S., & Hernández-ramírez, N. (2019). Evaluation of the Current Situation of the Natural Protected Areas of the State of Mexico. *Quivera*, 2, 113–129.
- Neri-Suárez, M. (2018). Análisis De Vacíos Y Omisiones De Conservación De Las Áreas Naturales Protegidas Del Estado De Guerrero, México. *Agro Productividad*, 11(10), 93–98. <https://doi.org/10.32854/agrop.v11i10.1251>

- Reyes, C. (2016). *Los patrones de distribución espacial y temporal de los incendios forestales en Almoloya de Juárez (2005-2015)*. <http://ri.uaemex.mx/handle/20.500.11799/65679>
- Reyna-Valencia, C. (2017). *Gestión ambiental participativa. El caso de un Área de Protección de Recursos Naturales en Valle de Bravo*. <http://ri.uaemex.mx/handle/20.500.11799/94952?show=full>
- Rioja-Nieto, R., Moreno-Ruíz, J. A., & Gómez-Valdés, J. (2015). Efecto del manejo de un Área Natural Protegida en el paisaje del bosque de manglar en la Península de Yucatán. *Hidrobiológica*, 25(2), 203–211.
- Roblero, R., Chávez-Morales, J., Ibáñez-Castillo, L. A., & Palacios-Vélez, O. L. (2022). Estimation of water erosion in the Necaxa system, Puebla, Mexico. *Agro Productividad*, 15(1), 16. <https://doi.org/10.32854/agrop.v15i1.2003>
- Shah, P., Baylis, K., Busch, J., & Engelmann, J. (2021). What determines the effectiveness of national protected area networks? *Environmental Research Letters*, 16(7), 12. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ac05ed>
- Sosa-Rámirez, J., Breceda, A., Jiménez-Sierra, C. L., Iñiguez, L. I., & Ortega-Rubio, A. (2015). *Los ecosistemas de la Sierra Fria en Aguascalientes y su conservación* (A. Ortega-Rubio, M. J. Pinkus-Rendón, & I. C. Espitia-Moreno (eds.); Primera ed). Las Áreas Naturales Protegidas y la Investigación Científica en México. https://www.researchgate.net/profile/Joaquin-Sosa-Ramirez/publication/289247441_Los_ecosistemas_de_la_Sierra_Fria_en_Aguascalientes_y_su_conservacion/links/568a907308ae1e63f1fbd634/Los-ecosistemas-de-la-Sierra-Fria-en-Aguascalientes-y-su-conservacion.pdf
- Tesfaw, A. T., Pfaff, A., Golden, R. E., Qin, S., Medeiros, R., & Mascia, M. B. (2018). Land-use and land-cover change shape the sustainability and impacts of protected areas. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 115(9), 2084–2089. <https://doi.org/10.1073/pnas.1716462115>
- Tlapa-Almonte, M., Bustamante-González, Á., Vargas-López, S., Ramírez -

Valverde, B., Cervantes-Gutiérrez, V., & Cruz-Bello, G. (2020). Factors of deterioration of the periurban protected natural areas of the Valley of Puebla, Mexico. In *Estudios Demograficos y Urbanos*, 35(1), 51–82. <https://doi.org/10.24201/edu.v35i1.1828>

Trujillo, P. (2022). Universidad Nacional Agraria La Molina Universidad Nacional Agraria La Molina". In *Universidad Nacional Agraria La Molina*. https://repositorio.concytec.gob.pe/bitstream/20.500.12390/187/3/2017_Pui_con_Evaluacion-resistencia-natural.pdf

Vázquez-Márquez, G., Ramírez, A., Palacios, I., & Monterroso, A. (2020). Conceptualización, manejo y monitoreo de áreas naturales protegidas en México: Caso Reserva Estatal Sierra Monte Negro, Morelos. *Investigación y Ciencia*, 28, 24–35. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=67462875003>

Villegas, D. (2021). Determinación del uso potencial del suelo a partir de la modelación geoespacial de variables agroecológicas y forestales de un área de protección ambiental ubicada en la Región Centro-Sur de México. *Acta Universitaria*, 31, 1–17. <https://doi.org/10.15174/au.2021.3049>

CAPÍTULO 2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Marco teórico y de referencia

Para definir una estructura conceptual con la finalidad de abordar los factores naturales y socioeconómicos en los cambios de la vegetación, a continuación, se describen los conceptos teóricos y técnicas que se utilizan en la presente investigación.

Área natural protegida. Constituyen herramientas efectivas para conservar los ecosistemas, permitir la adaptación de la biodiversidad y enfrentar los efectos del cambio climático. Su regulación está consignada en el Artículo 44 de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA, 2022), y son zonas del territorio nacional sobre las cuales la Nación ejerce soberanía y jurisdicción.

En México, 35 de las ANP del centro de México y del Eje Neovolcánico Transversal (Barranca de Metztitlán, Sierra de Huautla, Tehuacán-Cuicatlán, Sierra Gorda, Sierra Gorda de Guanajuato, Cerro de la Estrella, Cerro de las Campanas, Cumbres del Ajusco, Desierto de los Leones, Desierto del Carmen, El Chico, El Cimatarío, El Tepeyac, El Tepozteco, Fuentes Brotantes de Tlalpan, Grutas de Cacahuamilpa, Centro Histórico de Coyoacán, Insurgente Miguel Hidalgo y Costilla, Iztaccíhuatl-Popocatepetl, La Malinche, Lagunas de Zempoala, Lomas de Padierna, Los Mármoles, Los Remedios, Molino de Flores Nezahualcóyotl, Sacromonte, Tula, Zoquiapan y Anexas, Volcán Nevado de Colima, Xicotécatl, Ciénegas del Lerma, Corredor Biólogo Chichinautzin, Nevado de Toluca y Cuencas de los ríos Valle de Bravo, Malacatepec, Tilostoc y

Temascaltepec) han sido severamente afectadas se detectaron los principales problemas como: explotación desmedida de los recursos naturales, contaminación, cambio de uso de suelo, introducción de especies exóticas, incendios, plagas y enfermedades forestales (Arriola-Padilla et al., 2014).

Categorías de las ANP. De acuerdo con la LGEEPA (2022), las ANP se clasifican en: Reservas de la Biosfera, Parques Nacionales, Monumentos Naturales, Áreas de Protección de Recursos Naturales, Áreas de Protección de Flora y Fauna, Santuarios, Parques y Reservas Estatales, así como las demás categorías que las legislaciones locales establecen. A continuación, se describen cada zona conforme a la definición dada por la LGEEPA.

Reserva de la biosfera. Son aquellas áreas con ecosistemas no alterados significativamente donde habitan especies representativas de la biodiversidad nacional. Son ecosistemas terrestres o marinos, se caracterizan por ser sitios que no son exclusivamente protegidos (como parques nacionales) si no que puedan albergar a comunidades humanas, quienes viven de actividades económicas sustentables que no ponen en peligro el valor ecológico del sitio.

Parques nacionales. Son zonas con uno a más ecosistemas de belleza escénica y por la existencia de flora y fauna son áreas de protección más alta, ya que solo están permitidas actividades relacionadas con la preservación de los ecosistemas y de sus elementos, así como con la investigación, recreación, turismo y educación ecológicos.

Monumentos naturales. Estos se establecen en áreas que contenga uno a varios elementos naturales, consistentes en lugares u objetos naturales, que, por su carácter único o excepcional, interés estético, valor histórico o científico, se resuelva incorporar a un régimen de protección absoluta. Tales monumentos no tienen la variedad de ecosistemas ni la superficie necesaria para ser incluidos en otras categorías de manejo.

Áreas de protección de recursos naturales. Son aquellas destinadas a la preservación y protección del suelo, las cuencas hidrográficas, las aguas y en general los recursos naturales localizados en terrenos forestales, siempre que dichas áreas no queden comprendidas en otra categoría previstas en ésta Ley, entre esta categoría se encuentra una subcategoría nombrada Zona Protectora Forestal (ZPF), la cual se describe como bosques y terrenos de aptitud forestal cuyo objetivo principal es la protección de los suelos, la regulación del régimen hidrológico y conservación del ambiente y de las cuencas hidrográficas (Mon, 2017).

Áreas de protección de flora y fauna. Se constituyen en lugares que contienen hábitats de cuyo equilibrio y preservación dependen la existencia, transformación y desarrollo de las especies de flora y fauna silvestre.

Santuarios. Son áreas que se establecen en zonas caracterizadas por una considerable riqueza de flora y fauna, o por la presencia de especies, subespecies o de hábitats de distribución restringida. Abarcan cañadas, vegas, relictos, grutas, cavernas, cenotes, caletas, u otras unidades topográficas o geográficas que requieran ser preservadas o protegidas.

Los Parques y Reservas Estatales, así como las demás categorías que establezcan las legislaciones locales, no podrán establecerse en zonas previamente declaradas como áreas naturales protegidas competencia de la federación.

Servicios ecosistémicos. Se refieren al conjunto de funciones de los ecosistemas indispensables para el mantenimiento, reproducción y sobrevivencia de los seres vivos que generan beneficios y bienestar para las personas y comunidades. Las ANP brindan una gran variedad de servicios ambientales a la sociedad entre los que se destacan los hidrológicos “la provisión y purificación de agua, la regulación de los flujos pluviales y la regulación de la erosión, entre otros”, entonces es fundamental que las ANP cuenten con planes

de manejo que operen de manera adecuada y que atiendan a profundidad la dinámica, así como sus elementos que lo resguardan (OAM, 2018).

La importancia de la vegetación. La vegetación es un recurso natural clave para el resultado del ecosistema, disponer de información cuantitativa sobre sus características y distribución es indispensable con el objetivo de determinar la diversidad y el valor de importancia de la vegetación natural (Campo & Duval, 2014). Los beneficios de la vegetación son diversos; la sombra de la vegetación arbórea ayuda a alcanzar los niveles de confort durante las horas de mayor incidencia solar (Guillén & Orellana, 2016); La vegetación tiene una alta influencia en la regulación ambiental y calidad visual del paisaje, sin embargo, pueden ser bajos si hay deficiencia en cuanto a manejo de la estructura y composición de la vegetación (Arévalo, 2020); Los microhábitat dan a conocer la importancia de la vegetación y las condiciones de humedad y temperatura locales para el éxito de las poblaciones faunísticas (Ayala-Gutiérrez, 2021); especies vegetales de importancia etnobotánica (Olmedo et al., 2019); La provisión y regulación de flujos de agua en cuencas es el servicio ecosistémico más importante de los bosques, sin embargo, su funcionamiento hidrológico y como es alterado por el cambio en el uso de suelo (Muñoz-Villers et al., 2015), los cuencas se enfrentan a presiones antropogénicas que impactan irreversiblemente el suelo y la vegetación natural de sus áreas adyacentes (Valencia & Tobón, 2017).

Es importante proponer la integración de un enfoque socioeconómico que promueva integrar las dependencias sociedad y naturaleza en los bosques, proteger la diversidad biológica y mantener la provisión de los servicios ecosistémicos para el bienestar humano (Galicia et al., 2018).

Recursos naturales. Son una serie de bienes materiales y servicios que se pueden encontrar en el medio ambiente, que son de origen natural y que además no han sido alterados por la mano del hombre. En México para conservar los recursos naturales en este país y evitar su sobre explotación, el gobierno le da el poder a la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente para que vigile y cumpla la legislación ambiental del país. Se encarga de vigilar y de inspeccionar

la forma en la que los recursos son utilizados, sancionando al mismo tiempo actos ilícitos por parte de la industria que puedan provocar una afectación en los recursos naturales (Briceño, 2020).

Los recursos naturales en México son reconocidos a nivel mundial por sus recursos hídricos., México es el vigésimo quinto país con mayores reservas de agua dulce, se estima que el país posee 438 km³ de agua dulce, alrededor de 0.1% del total de agua dulce en el mundo, el país cuenta con 653 acuíferos, 105 son sobreexplotados y 32 con presencia de suelos salinos y agua salobre, 18 con intrusión salina, además con 633.000 km de ríos. La principal fuente de agua para los mexicanos son las aguas subterráneas. Estas representan el 64% del abastecimiento de las aguas públicas y el 33% del agua utilizada en agricultura y ganadería. Por otra parte, su riqueza natural cuenta con varios ambientes en selvas tropicales, bosques templados, manglares, desiertos, matorrales que albergan gran cantidad de animales y plantas; sus recursos minerales son principalmente metales y minerales como cobre, oro, hierro y zinc (Desarrollo sustentable, 2018).

Uso de suelo y vegetación

El suelo es el soporte y el gran proveedor de alimento, ya que en el se almacenan los nutrimentos y el agua que sustentan a las plantas, incluidas las que cultivamos, por lo que es indispensable para el mantenimiento de la biodiversidad en todo el mundo. El suelo recubre la corteza del planeta y varía en grosor de centímetros a metros, contiene minerales derivados de roca, aire, agua y materia orgánica que resulta de la descomposición de restos vegetales, animales y microbianos. La formación del suelo es producto de una continua interacción de cinco factores: clima, organismos vivos, tiempo, roca madre (Montaño et al., 2018).

En la base de datos del Instituto de Información y geografía (INEGI, 2021), proporciona información geoespacial de interés Nacional que muestra la distribución del uso del suelo agrícola, de la vegetación natural e inducida del

país, además indica el uso pecuario y forestal y otros usos que se presentan en el territorio relacionados con la cubierta vegetal. El uso agrícola se representa de acuerdo con la disponibilidad del agua para los diferentes tipos de cultivos durante su ciclo agrícola. La vegetación se representa de acuerdo con lo establecido en los lineamientos para el uso de suelo y actualización del catálogo de tipos de vegetación natural e inducida de México con fines estadísticos y geográficos.

Cambio uso de suelo y vegetación. Es el remplazo de coberturas naturales a causa del incremento de actividades antrópicas, generando cambios de uso de suelo (Córdova & Gómez, 2021).

De acuerdo con la SEMARNAT (2022), el cambio de uso de suelo es aquella transformación de la cubierta original para convertirla a otros o degradar la calidad de la vegetación modificando la densidad y la composición de las especies presentes.

El discurso conservacionista que dio origen a las ANP de México, implementadas originalmente como zonas de protección a la naturaleza, debido a que actualmente prevalece el cambio de uso de suelo, resultado del crecimiento urbano y agrícola, concesiones de agua y el territorio en su interior, por parte de las empresas nacionales y transnacionales. Las carreteras y vialidades se han incrementado debido a que, a través de las carreteras se forman frentes de colonización antrópica que tienden a la reconversión del uso de suelo y la destitución de hábitats naturales. Las tasas de crecimiento promedio obtenidas en el periodo de 1990 al 2016, el incremento en la extensión territorial destinada a las ANP no asegura la protección y la conservación de sus ecosistemas y sus recursos naturales (Reyna-Rojas et al., 2021).

Tasas de cambio. Esta tasa expresa el cambio de porcentaje de la superficie al inicio de cada año. Un valor positivo muestra aumento en la cobertura, mientras que un valor negativo muestra una disminución en la misma (valores en porcentajes) (FAO, 1996). Otros autores como Andrade et al., (1994) utilizan la

tasa de crecimiento promedio que permite observar la evolución o tendencia de las variables económicas y territoriales.

Sistemas de información geográfica

En lo referente a los Sistemas de Información Geográfica, el programa ArcGIS 10.7 de ESRY permite visualizar, tratar, manipular o analizar archivos. Almacena los atributos en formato binario y para poder leer estos formatos es necesario editores específicos. ArcGIS lee ciertos atributos de los archivos, se trata de un conjunto de datos binario almacenados como una única entidad en una base de datos que permite su compresión (Sam José et al., 2011).

El análisis de datos espacialmente explicados constituye una de las áreas de trabajo más atractivas dentro de la ecología actual. Una cuestión clave en ecología es entender cómo se relaciona la abundancia de las especies con las variaciones ambientales, ellos nos permite por ejemplo, poder realizar predicciones de como cambiaran los ecosistemas si acontecen determinados cambios del ambiente (Wiegand & Martínez, 2009)

La detección remota es un método para obtener información sobre las propiedades de un objeto sin tener contacto físico con el (USAID et al., 2009).

Cartografía

Las cartografías geo ambientales son una importante herramienta de ordenación del territorio, que permiten el análisis del Medio Físico y evaluar los recursos y riesgos que afectan a la actividad humana, ayudando a la conservación del Patrimonio Natural y Cultural, y a su divulgación (Martínez et al., 2012). Los resultados de la detección de cambios mediante el uso de la cartografía de cobertura de bosques y selvas de los años 1993 y 2011 indican que existe una gran pérdida de cobertura forestal en el estado de Sinaloa, con una tasa media anual ligeramente superior a la del país, estando México situado en el número 15 y 17 a nivel mundial (Monjardín-Armenta et al., 2017).

Herramientas para identificación de cambios de uso de suelo y vegetación

Matriz de transición

Es una cadena que muestra cuál es el proceso de una variable (la clasificación de cambios) desde el inicio hasta el final de un periodo establecido; la matriz está formado por filas y columnas en las que se aprecia el cambio de la clasificación de la vegetación, mostrando las que se mantienen, las que se deterioran o mejoran en un periodo (t) a un periodo (t+1) (Toledo-Concha & León-Reyes, 2022).

Cadenas de Márkov

Autores como (Rosas-Rosas & Segundo-Rosas, 2019), mencionan lo relevante que es la herramienta proporcionada por la teoría de probabilidad a través de las cadenas de Markov. Esta posee la característica general de que la probabilidad del futuro, dado el presente y el pasado, depende únicamente de la información del estado presente. Por otra parte Linares et al., (2022) la define como una representación de una clase de procesos estocásticos de gran interés para las aplicaciones. En particular, las cadenas de Markov de tiempo discreto (DTMC) permiten modelar las probabilidades de transición entre estados discretos. El objetivo es describir y analizar las tendencias en el cambio de la cobertura y del uso del suelo.

Factores socioeconómicos

Los factores económicos causan con alta frecuencia cambios de uso de suelo, el cual es uno de los factores biofísicos más condicionantes en la regulación hídrica (Jullian et al., 2018), estos cambios repercuten a escala regional, afectando la estructura y funcionamiento de los ecosistemas y modificando los ciclos hidrológicos y los regímenes climáticos; en la escala local se acelera la pérdida del hábitat y la diversidad biológica, así como la degradación de los

suelos (Nava-Cárdenas, 2019; León et al., (2016)). Un fenómeno altamente influyente en los procesos de cambios en la vegetación es el de los incendios, los cuales generalmente son provocados por actividades antrópicas combinadas con temporadas de sequías (Úbeda & Francos, 2019).

Conservación de la vegetación. Acciones de mantenimiento, que contribuyan a preservar los recursos naturales, el hábitat y su infraestructura de ANPs, Parques urbanos (ecológicos y ambientales). Es el proceso de garantizar que las plantas nativas, árboles y pastos están protegidos en ciertas áreas. Esto ayuda a asegurar que los diversos tipos de fauna que viven en un área tienen alimento y refugio y tan bien ayuda a proteger la biodiversidad (Natura, 2022).

Restauración. Es el proceso de intervenir la degradación de los ecosistemas, tiene como finalidad de recuperar su funcionalidad ecológica , es decir, mejora la productividad y la capacidad de los ecosistemas para satisfacer las necesidades de la población como lo menciona la Organización de las Naciones Unidas (ONU, 2019).

2.4. Literatura citada

Andrade, R. A., Rodríguez, D. C., Talaverz, F. A., Vela, G. J., Vargas, R. J., & Romero, S. J. . (1994). *Sector Agropecuario y Sector Industrial. (Cuaderno de trabajo del segundo semestre)*. Academia de Investigación y Análisis Económico. Universidad Nacional Autónoma de México. Pp. 63

Arévalo, W. (2020). La vegetación como función ambiental de los parques en ciudades del desierto costero peruano - estudio de caso. Lima Norte - 2016 - 2019. In *Universidad Nacional Mayor de San Marcos*. <https://cybertesis.unmsm.edu.pe/handle/20.500.12672/16157>

Arriola-Padilla, V., Estrada-Martínez, E., Ortega-Rubio, A., Pérez-Miranda, R., & Gijón-Hernández, A. (2014). Deterioro en áreas naturales protegidas del

centro de México y del Eje Neovolcánico Transversal. *Investigación y Ciencia*, 22(60), 37–49.

Ayala-Gutiérrez, R. (2021). *Distribución, abundancia y uso de la vegetación de dipsosaurus dorsalis (Baird y Girard, 1852) en dos ambientes desértico-tropicales*. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C.

Campo, A. M., & Duval, V. S. (2014). Diversidad y valor de importancia para la conservación de la vegetación natural. Parque Nacional Lihué Calel (Argentina). *Anales de Geografía*, 34(2), 25–42. https://doi.org/10.5209/rev_AGUC.2014.v34.n2.47071

Córdova, D., & Gómez, J. (2021). *Evaluación de las causas sociales y efectos ambientales del cambio de uso de suelo en la cuenca del Río Mira*. Universidad Técnica del Norte.

Desarrollo sustentable. (2018). Desarrollo sustentable en México. In *Biodiversidad*. <https://www.desarrollosustentable.co/2018/10/recursos-naturales-de-mexico.html>

Food and Agriculture Organization of the United Nations [FAO]. (1996). *Forest resources assessment 1990. Survey of tropical forest cover and study of change processes*. <https://www.fao.org/3/w1358e/w1358e00.htm>

Galicia, L., Chávez-Vergara, B. M., Kolb, M., Jasso-Flores, R. I., Rodríguez-Bustos, L. A., Solís, L. E., de la Cruz, V. G., Pérez-Campuzano, E., & Villanueva, Y. A. (2018). Perspectives of the socioecological approach in the preservation, utilization and the payment of environmental services of the temperate forests of Mexico. *Madera y Bosques*, 24(2), 1–18. <https://doi.org/10.21829/myb.2018.2421443>

Guillén, V., & Orellana, D. (2016). La influencia de la vegetación arbórea urbana para disminuir el nivel de polución y alcanzar el confort climático. *Civitic*, 67–75.

Instituto Nacional de Información y Geografía [INEGI]. (2021). *Temas*. <https://www.inegi.org.mx/temas/>

- Jullian, C., Nahuelhual, L., Mazzorana, B., & Aguayo, M. (2018). Assessment of the ecosystem service of water regulation under scenarios of conservation of native vegetation and expansion of forest plantations in south-central Chile. *Bosque*, 39(2), 277–289. <https://doi.org/10.4067/S0717-92002018000200277>
- León, A. C., Gómez, M. U., & Bueno, A. L. (2016). Diálogo del saber campecino y la investigación científica: árboles nativos dendroenergéticos en la Reserva de la biosfera Sierra de Huautla, Morelos, México. *Revue d' Ethnoécologie*, 9, 1–12.
- Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente [LGEEPA]. (2022). *Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente*. <https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/ref/lgeepa.htm#:~:text=Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección,la Federación el 11 de abril de 2022.>
- Linares, G., Valera, M., & Millán, E. (2022). Mexico Markov chains in the analysis of land use change in Ixtapaluca , Mexico. *Avances En Ciencias e Ingeniería*, 13(1), 25–34.
- Martínez, A. M., Goy, J. L., Santos, F., Martín, I., Picón, I., Delgado, L., & Sánchez, J. A. (2012). Los SIG y la Cartografía Ambiental: Evaluación estratégica y de impacto ambiental. *Departamento de Geología, Facultad de Ciencias, Universidad de Salamanca*, 74(3), 643–652.
- Mon, C. R. (2017). *Zona Protectora Forestal*. <https://ecosistemasdecostarica.blogspot.com>
- Monjardín-Armenta, S. A., Pacheco-Angulo, C. E., Plata-Rocha, W., & Corrales-Barraza, G. (2017). La deforestación and sus factores causales en el estado de Sinaloa, México. *Madera Bosques*, 23(1), 7–22. <https://doi.org/10.21829/myb.2017.2311482>
- Montaño, N., Navarro, M. D. C., Patricio, I., Chimal, E., & Miguel, J. (2018). El suelo y su multifuncionalidad: ¿qué ocurre ahí abajo? *CIENCIA Ergo Sum*,

25(3), 1–10. <https://doi.org/10.30878/ces.v25n3a9>

Muñoz-Villers, L. E., Holwerda, F., Alvarado-Barrientos, M. S., Geissert, D., Marín-Castro, B., Gómez-Tagle, A., McDonnell, J., Asbjornsen, H., Dawson, T., & Bruijnzeel, L. A. (2015). Efectos hidrológicos de la conversión del bosque de niebla en el centro de Veracruz, México. *Bosque*, 36(3), 395–407. <https://doi.org/10.4067/S0717-92002015000300007>

Natura. (2022). *¿Qué importancia tiene la vegetación y la conservación?* Medio Ambiente. <https://www.naturaresponde.com/que-importancia-tiene-la-vegetacion-y-la-conservacion>

Nava-Cárdenas, J. Q. (2019). *Comparación de uso de suelo y vegetación en Mascota, Jalisco, mediante sistemas de información geográfica*. Universidad Autónoma Chapingo.

OAM. (2018). *Áreas Naturales Protegidas y servicios hidrológicos*. <https://agua.org.mx/actualidad/areas-naturales-protegidas-y-servicios-hidrologicos/#:~:text=Los servicios ambientales%2C también llamados ecosistémicos%2C se refieren,los suelos y la captura carbono entre otros.>

Olmedo, B., Román, D., & León, M. (2019). Estudio ecológico y etnobotánico de la vegetación en la parroquia La Concepción-Carchi-Ecuador. *Ciencias Agropecuarias y Ambientales*, 12.

Organización de las Naciones Unidas [ONU]. (2019). *Nueva Década de la ONU para la Restauración de los Ecosistemas, una gran oportunidad para la seguridad alimentaria y la acción climática*. <https://www.unep.org/es/noticias-y-reportajes/comunicado-de-prensa/nueva-decada-de-la-onu-para-la-restauracion-de-los>

Reyna-Rojas, M. A., Saldanña-Fernández, M. C., Garcíá-Flores, A., Ortiz, C. M., Valenzuela-Aguilera, A., & Valenzuela-Galván, D. (2021). The current overview of Protected Natural Areas (PNA) of Mexico. *Ecosistemas*, 30(1), 1–11. <https://doi.org/10.7818/ECOS.2068>

Rojas, N. B., Barboza, E., Maicelo, J. L., Oliva, S. M., & Salas, R. (2019).

- Deforestación en la Amazonía peruana: índices de cambios de cobertura y uso del suelo basado en SIG. *Boletín de La Asociación de Geógrafos Españoles*, 81(2538), 1–34. <https://doi.org/10.21138/bage.2538a>
- Rosas-Rosas, L. del C., & Segundo-Rosas, J. I. (2019). Sobre Cadenas De Markov Y Su Potencial En Las Aplicaciones. *Epistemus*, 13(26), 7–12. <https://doi.org/10.36790/epistemus.v13i26.90>
- San José, A., Garmendia, L., & Gutiérrez, F. M. (2011). *Procesamiento de datos LiDAR con ArcGIS Desktop 10*.
- Secretaria del Medio Ambiente y Recursos Naturales [SEMARNAT]. (2022). *CAMBIO DE USO DE SUELO*. Sistema Integral de Información Ambiental Del Estado de Coahuila. <https://siiac.sma.gob.mx/docs/cambio-de-uso-de-suelo/>
- Toledo-Concha, E. J., & León-Reyes, V. M. (2022). Transition matrix : A tool to determine the probability of default in Microfinance Institutions. *Departamento de Ciencias Contables de La Pontificia Universidad Católica Del Perú, Lima*, 99–115.
- Úbeda, X., & Francos, M. (2019). *INCENDIOS FORESTALES. UN FENÓMENO GLOBAL. XXIII*, 1–8.
- USAID, NASA, SERVIR, & GEO. (2009). ¿ Qué es la Detección Remota ? In *Introducción a la teledetección* (p. 74).
- Valencia, J., & Tobón, C. (2017). Influence of vegetation on the hydrological functioning of tropical high mountain wetlands basins. *Ecosistemas*, 26(2), 10–
- Wiegand, T., & Martínez, I. C. (2009). Reseña de “Introducción al análisis espacial de datos en ecología y ciencias ambientales: Métodos y Aplicaciones.” *Ecosistemas*, 18(1), 92-94 p.

CAPÍTULO 3. DINÁMICA DE CAMBIOS EN EL USO DE SUELO Y VEGETACIÓN EN LA ZONA PROTECTORA FORESTAL DE LOS RÍOS DEL SUR DE QUERÉTARO PARA EL PERIODO 1997-2016

Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente (RCHSCFA)

Silvia Pascual-Hernández¹; Alejandro Ismael Monterroso-Rivas²; Leopoldo Mohedano-Caballero³; Jesús Manuel Cabrera-Delgado³ José Luis Romo-Lozano^{3*}

¹Maestría en Ciencias Forestales, Universidad Autónoma Chapingo, km 38.5 Carretera México-Texcoco. C.P. 56230, MÉXICO.

²Departamento de suelos, Universidad Autónoma Chapingo, km 38.5 Carretera México-Texcoco. C.P. 56230, MÉXICO.

³División de Ciencias Forestales (DICIFO), Universidad Autónoma Chapingo, km 38.5 Carretera México-Texcoco. C.P. 56230, MÉXICO.

*Corresponding author: jlromo@aya.yale.edu, tel.: 5951099537

3.1. Ideas destacadas:

- Las áreas naturales protegidas son un mecanismo de política para fomentar la conservación de la biodiversidad y los servicios ecosistémicos.
- Hay pérdidas de importancia forestal en el *bosque de encino*.
- El *bosque de pino encino*, desapareció de la Zona Protectora.
- La causa en los cambios en el uso de suelo y vegetación es atribuida por actividades antrópicas.

3.2. Resumen

Introducción. La cuantificación de ganancias y pérdidas en periodos de tiempo en el uso del territorio de las áreas naturales protegidas permite conocer la dinámica de cambios de esta y su efectividad.

Objetivo. Estimar los cambios en el uso del territorio de la Zona Protectora Forestal en los ríos del sur de Querétaro.

Métodos. Se cuantificó las superficies de 1997, 2009 y 2016, a partir de cartografía de uso de suelo y vegetación para posteriormente estimar los cambios y tendencias de estas en dos periodos entre los años 1997-2016, a partir de una matriz de transición tabulada y cadenas de Markov, empleando sistemas de información geográfico. Finalmente se indagó sobre las posibles causas de esta dinámica a base de visitas a campo y un cuestionario socioeconómico de cinco localidades en el área de influencia.

Resultados. Durante los 20 años analizados dentro de la Zona Protectora Forestal, la vegetación en términos netos: el bosque de encino perdió 1,025.99 ha y el bosque de pino encino cuyas 471.66 ha desaparecieron; la vegetación secundaria arbustiva/bosque de encino aumentó 1,087.67 ha; en referencia a los usos de suelo y vegetación asociados a actividades productivas, se encontró que pastizal inducido creció en 119.22 ha, y la agricultura se amplió en 128.27 ha. Como análisis del cuestionario aplicado, se obtuvo: un 11% se dedica a la agricultura; el 30% usa leña como fuente energética. Se percibe un 90% de tala ilegal, asociado a la producción de carbón en el área.

Conclusión. La dinámica en cambios del uso del territorio de 1997-2016 en la ZPFRSQ es moderada, con pérdidas de importancia forestal como el bosque de encino, la causa es atribuida por actividades antrópicas.

Palabras clave: área natural protegida; información geográfica; bosque; tendencia; antrópico;

Keywords: protected natural area; geographic information systems; forest; tendance; anthropique;

3.3. Introducción

Las áreas naturales protegidas (ANP) es un mecanismo de política para fomentar la conservación de la diversidad biológica y los servicios ecosistémicos (Jiménez et al., 2014; Miranda et al., 2016; Tesfaw et al., 2018). Actualmente, más del 15 % de la extensión terrestre global está bajo una forma de protección y existe un

impulso por incrementar esta cobertura (Shah et al., 2021). Estudios realizados en diferentes países han demostrado que el establecimiento de ANP ha significado una disminución en los procesos de deforestación (Andam et al., 2008; Blankespoor et al., 2017). México actualmente cuenta con 185 ANP que comprenden 90,958,374 hectáreas (ha), de éstas, 21,499,761 ha corresponden a área terrestre de protección y corresponde el 10.94% de la cobertura terrestre nacional (Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas [CONANP], 2021).

Pese a la consideración que en México le ha dado al sistema de ANP, esto no se ha reflejado de manera consistente en la asignación de presupuestos para su operación. Por ejemplo, mientras que en el período 2012-2018 se registró el mayor incremento de la historia en ANP (71.8% de la superficie actual), el presupuesto asignado al sistema de ANP se redujo aproximadamente en un 7.7%, ajustado por inflación (CONANP, 2018; Errejón et al., 2019). Es posible deducir que el insuficiente financiamiento se considere como uno de los factores que influye significativamente en los limitados resultados de conservación. Se ha estudiado la efectividad de ANP como instrumento para detener los procesos de deforestación y conservar los recursos naturales (Blackman et al., 2015; Figueroa et al., 2011). Por otra parte, se ha estudiado la diversidad biológica y su importancia asociada a las ANP, así como los cambios en el uso del territorio en distintas áreas protegidas del país (Ellis et al., 2017; Monjardín-Armenta et al., 2017; Neri-Suárez, 2018; Reyes, 2016).

Los cambios que ocurren en la vegetación y uso del suelo de las áreas naturales son de interés para el diseño e implementación de planes de manejo y conservación pertinentes (Ruiz et al., 2017; Von et al., 2020). Sin embargo, en el país existe un grupo de ANP que no ha recibido atención suficiente y se han desarrollado pocos estudios de interés en ellas. Dentro de esas ANP se encuentra la Zona Protectora Forestal de los ríos de San Ildefonso, Ñado, Aculco y Arrollo Zarco (ZPFRSQ) pertenecientes a los límites de los estados de México y Querétaro. El área fue declarada como área protegida en 1941 (Diario Oficial [DOF], 1941). Por lo anterior, el objetivo de este estudio es estimar y analizar los

cambios y tendencias de la vegetación en esta Zona Protectora en los periodos 1997-2009 y 2009-2016, aplicando metodologías de sistemas de información geográfica (SIG) y trabajo de campo, para contar con información reciente para el ANP.

La ZPFRSQ es relevante en la región debido a que en estas áreas existen obras de irrigación y recargas de acuíferos que se manifiestan manantiales estacionales y permanentes. Además, a la vez están destinadas a almacenarse en represas con la finalidad de asegurar la prosperidad de la agricultura local (Gutiérrez et al., 2015; Murillo & Orozco, 2016). Otra característica de la zona es la existencia de agricultura de temporal, específicamente el maíz producto básico de la cultura hñahñu (otomí) que ahí se asienta (Aguilar & Lara, 2021).

3.4. Materiales y métodos

3.4.1. Área de estudio

La zona de análisis corresponde a la ZPFRSQ que se encuentra en los límites del estado de México y Querétaro, en los municipios de Amealco, Aculco y Arroyo Zarco, en una superficie de 7,978 ha. La zona se delimita con coordenadas latitud Norte 20° 6' 14.70" y longitud Oeste 99° 56' 13.79". Es una elevación que alcanza 2,622 metros sobre el nivel del mar (msnm) (Google Earth, 2021) (Figura 2). La localidad más cercana es San Ildefonso Tultepec, con población total de 3,632 personas de las que 40% pertenecen al grupo indígena otomí: 1,891 mujeres (799 hablan lengua indígena) y 1,741 hombres (692 hablan lengua indígena) (Instituto Nacional de Información y Geografía [INEGI], 2020).

3.4.2. Cartografía, usos de suelo y tipos de vegetación

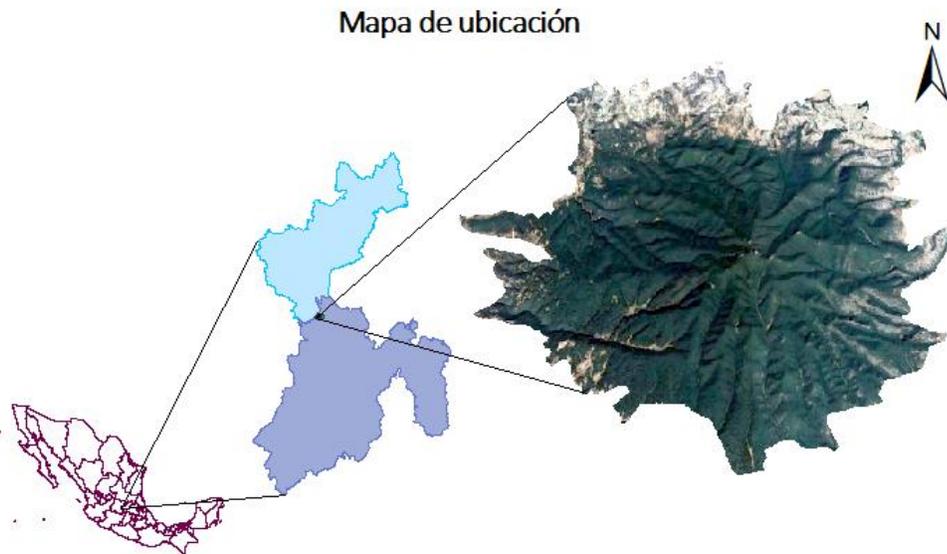


Figura 2. Localización del área de estudio, Zona Protectora Forestal de los ríos del sur de Querétaro.

Fuente: Elaboración propia, basados en datos de INEGI (2016).

Se utilizó cartografía y base información capas uso de suelo y vegetación de México: datos de 1968-1986 y escala 1:250,000 (serie I) publicadas en 1997; 2007-2008, escala 1:250,000 (serie IV) publicada en 2009; Por último, se utilizó la serie VI publicada en 2017 pero con información de 2016 a la misma escala que las anteriores. En los tres casos la fuente fue el portal de la Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad (CONABIO, 2021).

La zona de estudio que comprende la ZPFRSQ se delimitó en la plataforma Google Earth (tipo kml) y se convirtió al formato shapefile del software ArcMap (versión 10.7.1). Todos los procesos aquí indicados fueron realizados con este sistema de información geográfico.

3.4.3. Estimación de los cambios uso de suelo y tipos de vegetación

Para cada año la cartografía se extrajo la superficie de cada uso de suelo (hectáreas y en porcentaje) obteniendo así tres diferentes mapas de uso de suelo: 1997, 2009 y 2016. Para el estudio se consideraron dos periodos, por así corresponder la cartografía: 1) periodo 1 que comprende los años entre 1997-2009, y 2) periodo 2 que comprende los años entre 2009-2016.

La tasa de cambio en los usos de suelo se calculó utilizando la fórmula 1 (Food and Agriculture Organization of the United Nations [FAO], 1996):

$$tc = \left[\left(\frac{S_2}{S_1} \right)^{\frac{1}{n}} - 1 \right] * 100 \quad (1)$$

en donde: *tc* se refiere a la *tasa de cambio (%)*; S_1 es la *superficie en la fecha inicial*; S_2 es la *superficie en la fecha final*; *n* es la *diferencia de años entre fecha inicial y final*.

Para los dos periodos se sobrepusieron los mapas correspondientes y se obtuvieron matrices de valores de tabulación cruzada como la propuesta por Pontius et al., (2004) (Cuadro 1). Según Farfán et al., (2016), es una tabla de arreglo asimétrico, el eje horizontal representa los uso de suelo y vegetación para la primera fecha, el eje vertical de la segunda fecha. En la diagonal de la matriz muestra la superficie de cada uso de suelo y vegetación que se mantuvo sin cambio del periodo estudiado. Por otra parte, las celdas restantes consideran la superficie que sufrió un cambio a otro tipo de uso. La penúltima columna, la matriz se muestra el total de las superficies de todas las categorías del tiempo 1. En el penúltimo renglón se presenta la suma total para los usos del tiempo 2. En esta matriz se agregó la última columna que representa las pérdidas de cada USV. Asimismo, se agregó la última fila en la que se muestran las ganancias.

Cuadro 1. Matriz de transición tabulada de pérdidas y ganancias. Interacción del tiempo 1 y el tiempo 2 (Pontiuset et al., 2004).

		Tiempo 2			Total	Pérdidas
		USV 1	USV 2	USV 3	Tiempo 1	
Tiempo 1	USV 1	P_{11}	P_{12}	P_{13}	P_{1+}	$P_{1+} - P_{11}$
	USV 2	P_{21}	P_{22}	P_{23}	P_{2+}	$P_{2+} - P_{22}$
	USV 3	P_{31}	P_{32}	P_{33}	P_{3+}	$P_{3+} - P_{33}$
Total	USV 2	P_{+1}	P_{+2}	P_{+3}	1	
Ganancias		$P_{+1} - P_{11}$	$P_{+2} - P_{22}$	$P_{+3} - P_{33}$		

Uso de suelo y vegetación (USV), Interacción del tiempo 1 y el tiempo 2 entre superficies de las USV ($P_{11}...P_{33}$), pérdidas ($P_{1+} - P_{11}... P_{3+} - P_{33}$), ganancias ($P_{+1} - P_{11}... P_{+3} - P_{33}$), suma total del tiempo 1 ($P_{1+}... P_{3+}$), suma total del tiempo 2 ($P_{+1}... P_{+3}$) y superficie total (1).

3.4.4. Clasificación de cambios de uso

Los cambios se clasificaron en cuatro categorías según el tipo de cambio de uso de suelo y vegetación de acuerdo con Palacio-Prieto et al. (2004) así como con la matriz de transición (Pontiuset et al., 2004). La clasificación consideró lo siguiente:

Sin cambio: Superficie que en el año final se mantienen con el mismo uso que en el año inicial. Se expresan en la diagonal principal (Cuadro 2).

Pérdida forestal: Esta categoría incluye a la superficie: *Deforestada*, es la superficie que cambió su uso de suelo en formas arbóreas (bosques y selvas) a áreas de cultivo, pastizales inducidos y/o cultivados; *Degradada*, superficie que presentó cambio en el USV, que incluye pérdida de áreas no arbóreas como: vegetación hidrófila, matorral y pastizales naturales., todo esto a pastizales inducidos/cultivados, cultivos.

Vegetación de reemplazo: Superficie revegetada que anteriormente se practicaba alguna actividad agropecuaria y actualmente está ocupada por bosque, selva, matorral, vegetación hidrófila o pastizales naturales.

Actividad productiva: Es la cantidad de superficie en los USV con actividades humanas productivas (por ejemplo, pastizal inducido o agricultura).

Cuadro 2. Identificación de los valores para la matriz de transición

		Año final									
		PI 1	PICE 2	A 3	VSa/BPQ 4	Vsa/BQ 5	BPQ 6	BP 7	BQP 8	BQ 9	
Año inicial	PI	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
	PICE	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29
	A	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39
	VSa/BPQ	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49
	Vsa/BQ	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59
	BPQ	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69
	BP	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79
	BQP	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89
	BQ	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99

PI: *pastizal inducido*; PICE: *pastizal inducido con erosión*; A: *agricultura*; VSa/BPQ: *vegetación secundaria arbustiva/bosque de pino-encino*; Vsa/BQ: *vegetación secundaria arbustiva/bosque de encino*; BPQ: *bosque de pino encino* (según Leopold, 1950); BP: *bosque de pino*; BQP: *bosque de encino pino* (según INEGI); BQ: *bosque de encino*. Sin cambio (gris), pérdida forestal (naranja), vegetación de reemplazo (azul) y actividad productiva (rosa).

3.4.5. Tendencias en cambio de uso de suelo y vegetación

La cadena de Markov de tiempo discreto (DTMC) es definida como una sucesión de variables aleatorias X_1, X_2, \dots, X_n , donde se muestra una distribución de probabilidad para el estado posterior X_{n+1} , donde depende sólo del estado X_n , y no depende de los estados anteriores $X_{n-1}, X_{n-2} \dots$ (propiedad de Markov). La cadena pasa de un estado a otro y la probabilidad p_{ij} de pasar al estado s_i al estado s_j en un proceso llamado probabilidad de transición como se muestra en la fórmula 2:

$$p_{ij} = P_r(X_1 = s_j | X_0 = s_i) \quad (2)$$

Las probabilidades de transición dependen únicamente del intervalo de tiempo entre el primer año (S_1) y el último año (S_2) de análisis, se tiene en cuenta que el proceso estocástico es homogéneo (Linares et al., 2022). En este estudio se aplicó la herramienta cadenas de Markov para estimar las probabilidades de

tendencias de cambio de uso de suelo y vegetación mediante el software ArcGIS (Esri, versión 10.7.1).

3.4.6. Impulsores de cambios de uso de suelo

Se realizaron visitas de campo con el objetivo de verificar en sitios afectados las posibles causas de los cambios de uso de suelo. Para ello, se extrajeron puntos de control georreferenciados de los sitios y se cargaron a un sistema de posicionamiento global GPS Garmin Etrex 30. Con esta información se verificó en terreno la información obtenida en cartografía.

El diseño del cuestionario incluyó preguntas cerradas sobre actividades productivas relacionadas con la actividad forestal y otros aspectos de percepción de la población (Anexo 1). Se definió un tamaño de muestra para la aplicación de dicho muestreo empleando la fórmula 3 (León et al., (2016) :

$$n = \frac{N * Z^2 * p * q}{e^2 * (N - 1) + Z^2 * p * q} \quad (3)$$

Donde: n es el tamaño de muestra objetivo; N el tamaño de la población; Z es un parámetro estadístico; e : es el error de estimación máximo aceptado; p : es la probabilidad de que ocurra el evento estudiado (éxito); q ($1-p$): es la probabilidad de que no ocurra el evento estudiado.

El cuestionario se aplicó en el mes de noviembre del 2021, a 94 hogares de localidades más cercanas a los sitios identificados: San Ildefonso centro, Cuisillo, Xajay (Texquedo, llano largo) y Bothe, barrios del estado de Querétaro, se aplicó a 74 mujeres y 20 hombres, todos ellos jefes de familia, con el propósito de identificar factores socioeconómicos que sean impulsores de cambios.

Asimismo, se revisaron datos de la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR, 2020) sobre incendios forestales presentados en la zona y se hizo una revisión

bibliográfica de incendios forestales entre los años 2009-2016 en la Zona Protectora.

3.5. Resultados y Discusión

Usos de suelo, cambios y tendencia en el periodo 1997-2009

Los Cuadros 3 y 4 muestran los resultados para el periodo. Es de resaltar el cambio de *bosque de pino encino* (BPQ), que perdió 471.66 ha, de las cuales, de acuerdo con la matriz de transición, la mayor parte (402 ha) cambió a *vegetación secundaria arbustiva/bosque de encino* (VSa/BQ). También, el *bosque de encino* (BQ) se redujo en 12%, que equivale a una pérdida de 957 ha que se cambiaron principalmente a *pastos inducidos* (479 ha) y *vegetación secundaria* (326 ha).

En lo que se refiere a los usos de suelo que observaron incremento sustancial en superficie ocupada fueron: *vegetación secundaria arbustiva/bosque de encino* (VSa/BQ), que incrementó 9% (742 ha); y *pastizal inducido* (PI) que creció 6% (513 ha).

Cuadro 3. Cambios netos (hectáreas y porcentaje) de superficie de USV en la Zona Protectora Forestal de los ríos del sur de Querétaro en el periodo 1997-2009.

USV	1997		2009		Diferencia	
	(ha)	%	(ha)	%	ha	%
BQ	6,180.39	77.47	5,222.43	65.46	-957.96	-12.01
BQP	574.96	7.21	631.33	7.91	56.37	0.7
BPQ	471.66	5.91	0	0.00	-471.66	-5.91
A	432.63	5.42	382.63	4.80	-50	-0.62
VSa/BPQ	161.13	2.02	127.26	1.60	-33.87	-0.42
PI	122.49	1.54	635.44	7.96	512.95	6.42
VSa/BQ	21.04	0.26	763.39	9.57	742.35	9.31
BP	s.d.	0.0	215.75	2.70	215.75	2.7
PICE	13.92	s.d.	0	s.d.	0	0

BQ: *bosque de encino*; BQP: *bosque de encino pino* (según INEGI); BPQ: *bosque de pino encino* (según Leopold, 1950); A: *agricultura*; VSa/BPQ: *vegetación secundaria arbustiva/bosque de pino-encino*; PI: *pastizal inducido*; VSa/BQ: *vegetación secundaria arbustiva/bosque de encino*; BP: *bosque de pino*; PICE: *pastizal inducido con erosión*.

Cuadro 4. Matriz de transición de cambio USV (hectáreas) 1997-2009 en la Zona Protectora Forestal de los ríos del sur de Querétaro.

		2009										
		PI	PICE	A	VSa/BPQ	VSa/BQ	BPQ	BP	BQP	BQ	Total	Pérdida
1997	PI	73.8	--	1.9	--	6.5	--	--	39.8	0.4	122.5	48.7
	PICE	11.3	--	2.5	--	--	--	--	--	0.1	13.9	13.9
	A	17.1	--	280.1	--	13.4	--	30.0	23.1	68.9	432.6	152.6
	VSa/BPQ	36.7	--	5.6	111.4	0.1	--	--	--	7.3	161.1	49.7
	VSa/BQ	--	--	3.7	9.1	8.3	--	--	--	--	21.0	12.8
	BPQ	13.5	--	2.3	6.8	401.9	--	--	--	47.1	471.7	471.7
	BP	--	--	--	--	--	--	--	--	--	0.0	0.0
	BQP	3.3	--	44.5	--	7.1	--	--	516.7	3.3	575.0	58.2
	BQ	479.7	--	42.0	--	326.1	--	185.7	51.7	5,095.2	6,180.4	1,085.2
	Total	635.4	0.0	382.6	127.3	763.4	0.0	215.7	631.3	5,222.4	7,978.2	
Incremento		561.7	0.0	102.6	15.9	755.1	0.0	215.7	114.6	127.2		

PI: *pastizal inducido*; PICE: *pastizal inducido con erosión*; A: *agricultura*; VSa/BPQ: *vegetación secundaria arbustiva/bosque de pino-encino*; VSa/BQ: *vegetación secundaria arbustiva/bosque de encino*; BPQ: *bosque de pino encino* (según Leopold, 1950); BP: *bosque de pino*; BQP: *bosque de encino pino* (según INEGI); BQ: *bosque de encino*.

Se presentó la siguiente dinámica de cambio (Cuadro 5): sobresale que el 76% de la superficie total de la Zona Protectora se mantuvo sin cambio alguno; la pérdida forestal fue de 631.34 ha y representó el 7.91% de la superficie total. La vegetación de remplazo fue de 1,228.56 ha (15.4%).

Cuadro 5. Dinámica de cambio en periodo 1997-2009.

Tipo de cambio	Ha	Porcentaje
Sin cambio	6,085.44	76.28%
Vegetación de remplazo	1,228.56	15.40%
Pérdida forestal	631.34	7.91%
Actividad productiva	32.88	0.41%
Total	7,978	100%

Las tendencias en el uso de suelo y vegetación para el periodo muestran la matriz de probabilidades (Cuadro 6). De acuerdo con los resultados, los USV con probabilidades superiores de permanecer en el tiempo son: el *bosque de encino-pino*, *bosque de encino*, *pastizal inducido* y *agricultura* con 90%, 80%, 60% y

60%, respectivamente. La *vegetación secundaria* de *bosque de encino* tiene la menor probabilidad de permanecer (40%). Por otra parte, el *bosque de pino encino* tiene altas probabilidades (90%) de migrar a *vegetación secundaria*.

Cuadro 6. Matriz de probabilidades de cambio de USV en 1997-2009.

	PI	PICE	A	VSa/BPQ	VSa/BQ	BPQ	BP	BQP	BQ
PI	0.6	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.3	0.0
PICE	0.8	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
A	0.0	0.0	0.6	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.2
VSa/BPQ	0.2	0.0	0.0	0.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
VSa/BQ	0.0	0.0	0.2	0.4	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0
BPQ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.9	0.0	0.0	0.0	0.1
BP	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
BQP	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.9	0.0
BQ	0.1	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.8

PI: *pastizal inducido*; PICE: *pastizal inducido con erosión*; A: *agricultura*; VSa/BPQ: *vegetación secundaria arbustiva/bosque de pino-encino*; VSa/BQ: *vegetación secundaria arbustiva/bosque de encino*; BPQ: *bosque de pino encino* (según Leopold, 1950); BP: *bosque de pino*; BQP: *bosque de encino pino* (según INEGI); BQ: *bosque de encino*.

Usos de suelo, cambios y tendencia en el periodo 2009-2016

Los Cuadros 7 y 8 muestran los resultados para el periodo. De los cambios ocurridos en este segundo periodo resalta la pérdida de *pastos inducidos* (PI) en 394 ha, que equivale a 5%. Sin embargo, dado que el *bosque de encino* reportó pérdidas principalmente reemplazadas por *vegetación secundaria* (375 ha) y por *pastizal inducido* (40 ha), en términos netos, su pérdida fue de 68 ha.

Cuadro 7. Cambios netos en ha y porcentaje del USV en la Zona Protectora Forestal de los ríos del sur de Querétaro, 2009-2016.

USV	2009		2016		Diferencia	
	(ha)	%	(ha)	%	ha	%
BQ	5,222.43	65.46	5,154.4	64.61	-68.03	-0.85
BQP	631.33	7.91	690.33	8.65	59	0.74
BPQ	0.00	s.d.	0.00	s.d.	0	0.00
A	382.63	4.80	460.9	5.78	78.27	0.98
VSa/BPQ	127.26	1.60	63.24	0.79	-64.02	-0.81
PI	635.44	7.96	241.7	3.03	-393.74	-4.93
VSa/BQ	763.39	9.57	1,108.71	13.90	345.32	4.33
BP	215.75	2.70	258.96	3.25	43.21	0.55
PICE	0.00	s.d.	0.00	0.00	0.00	0.00

PI: *pastizal inducido*; PICE: *pastizal inducido con erosión*; A: *agricultura*; VSa/BPQ: *vegetación secundaria arbustiva/bosque de pino-encino*; VSa/BQ: *vegetación secundaria arbustiva/bosque de encino*; BPQ: *bosque de pino encino* (según Leopold, 1950); BP: *bosque de pino*; BQP: *bosque de encino pino* (según INEGI); BQ: *bosque de encino*.

Cuadro 8. Matriz de transición de cambio USV en ha, 2009-2016 en la Zona Protectora Forestal de los ríos del sur de Querétaro.

	2016										Total	Pérdida
	PI	PICE	A	VSa/BPQ	VSa/BQ	BPQ	BP	BQP	BQ			
2009 PI	172.6	--	151.8	0.1	46.1	--	4.3	0.0	260.6	635.4	462.8	
PICE	--	--	--	--	--	--	--	--	--	0.0	0.0	
A	0.3	--	178.8	0.1	0.3	--	38.5	70.7	93.9	382.6	203.9	
VSa/BPQ	--	--	63.8	63.1	0.1	--	--	--	0.3	127.3	64.2	
VSa/BQ	28.1	--	47.0	--	686.8	--	--	0.6	0.7	763.4	76.6	
BPQ	--	--	--	--	--	--	--	--	--	0.0	0.0	
BP	--	--	0.1	--	--	--	214.8	--	0.9	215.7	1.0	
BQP	--	--	14.7	--	--	--	--	616.6	0.0	631.3	14.7	
BQ	40.7	--	4.8	--	375.4	--	1.4	2.3	4,797.9	5,222.4	424.5	
Total	241.7	0.0	460.9	63.2	1,108.7	0.0	259.0	690.3	5,154.4	7,978.2		
Incremento	69.1	0.0	282.1	0.2	421.9	0.0	44.2	73.7	356.5			

PI: *pastizal inducido*; PICE: *pastizal inducido con erosión*; A: *agricultura*; VSa/BPQ: *vegetación secundaria arbustiva/bosque de pino-encino*; VSa/BQ: *vegetación secundaria arbustiva/bosque de encino*; BPQ: *bosque de pino encino* (según Leopold, 1950); BP: *bosque de pino*; BQP: *bosque de encino pino* (según INEGI); BQ: *bosque de encino*.

De los principales cambios ocurridos en el periodo se destaca la superficie que se mantiene sin cambios, que incrementa ligeramente en 5% respecto al periodo anterior, pasando de 6,085.44 ha a 6,515.83 ha. La pérdida forestal reportada es

menor en 432.18 ha, comparada con la pérdida observada en el periodo 1997-2009. De igual manera se registra un decremento de 117.39 ha en la vegetación de remplazo, en referencia al periodo anterior (Cuadro 9).

Cuadro 9. Dinámica de cambio en periodo 2009-2016.

Tipo de cambio	Ha	Porcentaje
Sin cambio	6,515.83	81.67%
Vegetación de reemplazo	1,111.17	13.93%
Pérdida forestal	199.16	2.50%
Actividad productiva	152.06	1.91%
Total	7978	100%

En los resultados de la matriz de probabilidades correspondiente al periodo 2009-2016 (Cuadro 10), los usos de suelo las probabilidades superiores de mantenerse en el tiempo son *bosque de pino*, *bosque de encino-pino* y *bosque de pino* con el 100, 100 y 90 por ciento, respectivamente. La *agricultura* registró 50% de probabilidad de permanecer en el tiempo, y el otro 50% podría cambiar a *bosque de encino-pino* (20%) o *bosque de encino* (20%) y *bosque de pino* (10%).

Cuadro 10. Cuadro de probabilidades de cambio USV, 2009-2016.

	PI	PICE	A	VSa/BPQ	VSa/BQ	BPQ	BP	BQP	BQ
PI	0.3	0.0	0.2	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.4
PICE	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
A	0.0	0.0	0.5	0.0	0.0	0.0	0.1	0.2	0.2
VSa/BPQ	0.0	0.0	0.5	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
VSa/BQ	0.0	0.0	0.1	0.0	0.9	0.0	0.0	0.0	0.0
BPQ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
BP	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0
BQP	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0
BQ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.9

PI: *pastizal inducido*; PICE: *pastizal inducido con erosión*; A: *agricultura*; VSa/BPQ: *vegetación secundaria arbustiva/bosque de pino-encino*; VSa/BQ: *vegetación secundaria arbustiva/bosque de encino*; BPQ: *bosque de pino encino* (según Leopold, 1950); BP: *bosque de pino*; BQP: *bosque de encino pino* (según INEGI); BQ: *bosque de encino*.

De manera general, durante los 20 años analizados, se pueden distinguir tres resultados importantes dentro de la ZPFRSQ: 1) los USV con existencia arbórea que en términos netos perdieron más superficie fueron el *bosque de encino* (BQ) 1,025.99 ha, y el *bosque de pino encino* (BPQ) cuyas 471.66 ha desaparecieron de la Zona Protectora; 2) la *vegetación secundaria arbustiva/bosque de encino* (VSa/BQ) aumentó 1,087.67 ha: 3) en referencia a los USV asociados a actividades productivas, se encontró que *pastizal inducido* (PI) creció en 119.22 ha, y la *agricultura* (A) se amplió en 128.27 ha.

En los estudios relacionados con las áreas naturales protegidas existen hallazgos de distinta índole. Por ejemplo, similar al presente estudio, Rioja-Nieto et al. (2015), no encontraron una clara indicación que favorezca el objetivo conservacionista del ANP estudiada. Otros autores, como Blackman et al. (2015), concluyen no rechazar la hipótesis de que las ANP tuvieron en promedio cero efectos sobre los desmontes ocurridos en ellas. De otro modo, Morales-Hernández et al. (2016), en el estudio del ANP Bahía de Banderas, encontraron que presenta un proceso de cambio e intercambio de coberturas y usos de suelo asociado principalmente a la agricultura a expensas de bosques y selvas.

México ha perdido grandes áreas de sus ecosistemas en las últimas décadas. Buena parte éstas pertenecen a comunidades rurales, y sus cambios de uso de suelo afectan la biodiversidad y reduciendo muchos servicios ecosistémicos vitales (De Alba et al., 2020). En 1976 la cobertura original total en México se había reducido en 38%, y para 1993 solo cubría 54% de la superficie original (Challenger et al., 2009). En estas circunstancias, la identificación y caracterización de las unidades de vegetación ha sido de gran relevancia, y en su análisis se han utilizado ampliamente sistemas de información geográfica (Flores et al., 2020), los cuales consisten en la generación de datos mediante el uso de sensores remotos que permiten cruzar la información de coberturas de bosque.

Causas del cambio de uso de suelo

La Figura 4 muestra los sitios identificados con alguna afectación a la cobertura y que fueron visitados para corroborar el cambio de uso de suelo.

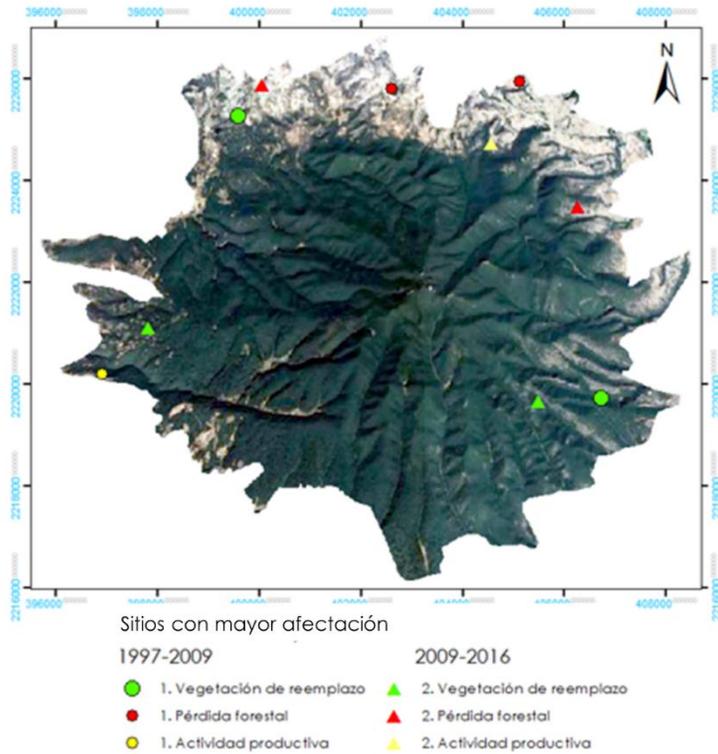


Figura 3. Principales sitios afectados en la Zona Protectora.

Fuente: elaboración propia.

Con relación a las causas, los resultados en respecto a las encuestas mostraron que: un 67% se dedica al hogar; un 11% a la agricultura; 10% a actividades artesanales y el resto a otras actividades. Sobre la pregunta que refiere al energético que usan para preparar alimentos las respuestas indican que 32% utiliza gas Lp; 30% usa leña y 38% usa gas Lp y leña (Anexo 2). Se indica que la leña es extraída de los bosques aledaños.

En cuanto a la percepción de los pobladores sobre las posibles causas de las afectaciones se destaca que 90% de ellos percibe a la tala ilegal como el principal problema, asociado a la producción de carbón en el área y a la extracción de leña para uso doméstico. Como complemento de lo anterior, se considera el problema

de los incendios, como otra fuente de afectación, debido a que la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR) reporta que el periodo 2009-2016 ocurrió un incendio que afectó la vegetación en poco menos de 30 hectáreas.

El estado y las tendencias de cambio de la biodiversidad, tal como lo indican Morales-Hernández et al. (2016), están relacionados con factores sociales, económicos y políticos conocidos como factores de raíz, que suelen provocar cambios en el uso del territorio; sobreexplotación de organismos; introducción de especies invasoras exóticas; cambio climático antropogénico, además de productos contaminantes. De este modo, en el tema de las causas de los cambios en la vegetación, Reyes (2016), menciona que entre los factores reportados con mayor frecuencia se encuentran el antrópico y el alto contenido de material leñoso, pues este último determina una mayor vulnerabilidad a incendios forestales. Otro factor es la expansión agrícola y ganadera que conlleva a la extensión de infraestructura (Ellis et al., 2017; Monjardín-Armenta et al., 2017). Sin embargo, este último tema parece que no influyen en la zona de estudio.

Por último, las metodologías SIG han sido utilizadas con alta frecuencia en el estudio de las ANP del país, tal es el caso de Neri-Suárez (2018) que evaluó los vacíos y omisiones de conservación conocidos como análisis GAP, de los tipos de vegetación conforme a las ANP del estado de Guerrero, México. Por otra parte, Chico et al., (2015) evaluaron los cambios de uso de suelo empleando ortofotos de los periodos 1994, 1999, 2007 en El Parque Nacional Insurgente Miguel Hidalgo y Costilla, conocido como La Marquesa en la Ciudad de México. Asimismo, Rioja-Nieto et al. (2015) evaluaron el efecto del manejo en “El Palmar” en la Península de Yucatán utilizando percepción remota con el análisis jerárquico de variables cualitativas del hábitat. De igual modo Villegas (2021) determinó el potencial del suelo a través de la modelación geoespacial con características de agricultura ecológica y forestales en el Parque Otomí-Mexica del Estado de México.

3.6. Conclusiones

Durante 1997 a 2016 los cambios en el uso de suelo y vegetación de ZPFRSQ, muestran: pérdidas en *bosques de encino*, los *bosques de pino encino* desapareció de la zona; no obstante, la *vegetación secundaria arbustiva/bosque de encino* aumentó, también se detectaron crecimientos en *pastizal y agricultura*.

Las tendencias mostraron que, el *bosque de pino encino* tuvo altas probabilidades de migrar o ser reemplazado por la *vegetación secundaria arbustiva/bosque de encino*. Mientras que el *bosque de encino* a pesar de las pérdidas se observa que tiene altas probabilidades de permanecer en el tiempo.

Las posibles causas atribuidas a todo esto es de origen antrópico como: deforestación (agricultura), tala ilegal (corte y extracción de leña, producción de carbón), además de incendios forestales.

3.7. Agradecimientos

A la CONACYT por la beca otorgada para la culminación de la maestría en Ciencias en Ciencias Forestales. A la Universidad Autónoma Chapingo, a la División de ciencias Forestales y demás autores que contribuyeron a la fase de campo y gabinete en la mejora del trabajo.

3.8. Referencias

Aguilar, G., & Lara, C. (2021). *Recursos naturales y desarrollo en Amealco*, Querétaro. <https://ru.iiec.unam.mx/5448/1/009-Aguilar-Lara.pdf>

Andam, K. S., Ferraro, P. J., Pfaff, A., Sanchez-Azofeifa, G. A., & Robalino, J. A. (2008). Measuring the effectiveness of protected area networks in reducing deforestation. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 105(42), 16089–16094. <https://doi.org/10.1073/pnas.0800437105>

- Blackman, A., Pfaff, A., & Robalino, J. (2015). Paper park performance: Mexico's natural protected areas in the 1990s. *Global Environmental Change*, 31(December 2017), 50–61.
<https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2014.12.004>
- Blankespoor, B., Dasgupta, S., & Wheeler, D. (2017). Protected areas and deforestation: new results from high-resolution panel data. *Natural Resources Forum*, 41(1), 55–68. <https://doi.org/10.1111/1477-8947.12118>
- Challenger, A., Dirzo, R., Semsarian, C., Richmond, D. R., Schwartz, K., Trent, R. J., Prince, R., Hospital, A., & Hospital, P. A. (2009). Tendencias de cambio y estado de la biodiversidad, los ecosistemas y sus servicios. In *Factores de cambio y estado de la biodiversidad* (Vol. 2, Issue 2009, pp. 37–73).
- Chico, M., Trinidad, M. Á., & Montoya, R. (2015). Evaluación del cambio de uso de suelo en el parque nacional “La Marquesa” (1994-2007), aplicando tecnología SIG. *Ciencias Espaciales*, 8(2), 243–258.
<https://doi.org/10.5377/ce.v8i2.2080>
- Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas [CONANP]. (2018). *100 años de conservación en México: Áreas Naturales Protegidas de México* (Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas [CONANP] & Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales [SEMARNAT] (eds.); Primera ed). <https://www.conanp.gob.mx/pdf/100AñosConservación.pdf>
- Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas [CONANP]. (2021). *Áreas Naturales Protegidas*.
[https://sedema.cdmx.gob.mx/programas/programa/areas-naturales-protegidas%0Ahttp://www.agrolalibertad.gob.pe/sites/default/files/AREAS NATURALES PROTEGIDAS_0.pdf](https://sedema.cdmx.gob.mx/programas/programa/areas-naturales-protegidas%0Ahttp://www.agrolalibertad.gob.pe/sites/default/files/AREAS%20NATURALES%20PROTEGIDAS_0.pdf)
- Comisión Nacional Forestal [CONAFOR]. (2020). *Plataforma geoespacial de datos forestales*. <https://idefor.cnf.gob.mx/layers/?limit=30&offset=0>
- Comisión Nacional para el conocimiento y uso de la Biodiversidad [CONABIO].

(2021). *Geoportal del Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad*. <http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/>

De Alba, C. F., Ceccon, E., Romero-Calcerrada, R., & Rosete-Vergés, F. (2020). Revisión sistemática de cuarenta años de análisis de cambio de uso del suelo en México mediante sistemas de información geográfica. *Revista de Geografía Espacios*, 10(20), 139–162. <https://doi.org/10.25074/07197209.20.1740>

Diario Oficial [DOF]. (1941). *Decreto declarando Zona Protectora Forestal, los terrenos comprendidos dentro de las cuencas hidrológicas de los ríos San Ildefonso, Ñado, Aculco y Arroyozarco*. <https://www.dof.gob.mx/copias.php?acc=ajaxPaginas&paginas=4&seccion=PRIMERA&edicion=189728&ed=MATUTINO&fecha=04/11/1941>

Ellis, E. A., Hernández-Gómez, I. U., & Romero-Montero, J. A. (2017). Los procesos y causas del cambio en la cobertura forestal de la Península Yucatán, México. *Ecosistemas*, 26(1), 101–111. <https://doi.org/10.7818/ECOS.2017.26-1.16>

Errejón, J. C., Ortega, A., & Santos, J. (2019). Programa Nacional para Áreas Naturales Protegidas en México en el periodo 2014-2018: análisis de dos de sus objetivos. *Sociedad y Ambiente*, 21(21), 33–51. <https://doi.org/10.31840/sya.v0i21.2038>

Farfán, G. M., Rodríguez-Tapia, G., & Mas, J. F. (2016). Análisis jerárquico de la intensidad de cambio de cobertura/uso de suelo y deforestación (2000-2008) en la Reserva de la Biosfera Sierra de Manantlán, México. *Investigaciones Geográficas*, 90, 89–104. <https://doi.org/10.14350/rig.48600>

Figuerola, F., Sánchez-Cordero, V., Illoldi-Rangel, P., & Linaje, M. (2011). Evaluation of protected area effectiveness for preventing land use and land cover changes in Mexico. Is an index good enough? *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 82(3), 951–963.

Flores, N., Castro, I., & Aponte, H. (2020). Evaluación de las unidades de

- vegetación en Los Pantanos De Villa (Lima, Perú) mediante sistemas de información geográfica y teledetección. *Arnaldoa*, 27(1), 303–321.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations [FAO]. (1996). *Forest resources assessment 1990. Survey of tropical forest cover and study of change processes*. <https://www.fao.org/3/w1358e/w1358e00.htm>
- González, F. (2003). *Las comunidades vegetales de México* (INE & SEMARNAT (eds.); Primera).
<https://medium.com/@arifwicaksanaa/pengertian-use-case-a7e576e1b6bf>
- Google Earth. (2021). *Límites México-Querétaro*. Maxar Technologies.
- Gutiérrez, P. J., Rocío, R., Andrea, O., & Álvarez, A. (2015). Justicia, Justicia Social Y Justicia Ambiental: Juntas Son Todo; Separadas Son Nada. Caso Comunidad Nh Í,,- Nh Íœ Xajay - Querétaro (México). *Cuadernos Latinoamericanos*, 25(46), 79–103.
- Instituto Nacional de Información y Geografía [INEGI]. (2016). *Uso de suelo y vegetación*. inegi.org.mx
- Instituto Nacional de Información y Geografía [INEGI]. (2020). *Conjunto de datos con los principales resultados por localidad (ITER) del Censo de Población y Vivienda, 2020*. <http://www.inegi.org.mx>
- Jiménez, C. L., Sosa, J., Cortés-Calva, P., Solís, A. B., Íñiguez, L. I., & Ortega-Rubio, A. (2014). México país megadiverso y la relevancia de las áreas naturales protegidas. *Investigación y Ciencia*, 60, 16–22.
https://www.academia.edu/17888130/México_país_megadiverso_y_la_relevancia_de_las_áreas_naturales_protegidas
- León, A. C., Gómez, M. U., & Bueno, A. L. (2016). Diálogo del saber campesino y la investigación científica: árboles nativos dendroenergéticos en la Reserva de la biosfera Sierra de Huautla, Morelos, México. *Revue d' Ethnoécologie*, 9, 1–12.
- Linares, G., Valera, M., & Millán, E. (2022). Mexico Markov chains in the

analysis of land use change in Ixtapaluca , Mexico. *Avances En Ciencias e Ingeniería*, 13(1), 25–34.

- Miranda, J. J., Corral, L., Blackman, A., Asner, G., & Lima, E. (2016). Environment for Development Effects of Protected Areas on Forest Cover Change and Local Communities: : Evidence from the Peruvian Amazon. *Environment for Development*, 78(288–307), 40.
<https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2015.10.026>
- Monjardín-Armenta, S. A., Pacheco-Angulo, C. E., Plata-Rocha, W., & Corrales-Barraza, G. (2017). La deforestación and sus factores causales en el estado de Sinaloa, México. *Madera Bosques*, 23(1), 7–22.
<https://doi.org/10.21829/myb.2017.2311482>
- Morales-Hernández, J. C., Carrillo-González, F. M., Farfán-Molina, L. M., & Cornejo-López, V. M. (2016). Vegetation change cover in the coastal region of Bahía de Banderas, Mexico. *Caldasia*, 38(1), 17–29.
<https://doi.org/10.15446/caldasia.v38n1.57831>
- Murillo, F. J., & Orozco, J. (2016). El turismo alternativo en las áreas naturales protegidas. In *UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA* (Primera ed).
- Neri-Suárez, M. (2018). Análisis De Vacíos Y Omisiones De Conservación De Las Áreas Naturales Protegidas Del Estado De Guerrero, México. *Agro Productividad*, 11(10), 93–98. <https://doi.org/10.32854/agrop.v11i10.1251>
- Palacio-Prieto, J. L., Teresa, S.-S. M., María, C. I. J., Enrique, P. F., Javier, D. C., Alejandro, V. M., Luis, C. B., Inés, O. Á. M., Jorge, G. S., Gerardo, N. F., Josefina, M. G., Roberto, M. H., Tsuyoshi, N. M., Raúl, J. R., Enrique, M. L., Daniel, O. N., Eduardo, J. A., Carlos, A. G., Carlos, H. E. J., ... G., C. R. C. (2004). *INDICADORES PARA LA CARACTERIZACIÓN Y EL ORDENAMIENTO TERRITORIAL* (Primera ed).
<https://www.researchgate.net/publication/288840782%0AIndicadoreshttps://www.researchgate.net/publication/288840782>
- Pontius, R. G., Shusas, E., & McEachern, M. (2004). Detecting important

categorical land changes while accounting for persistence. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 101(2–3), 251–268.

<https://doi.org/10.1016/j.agee.2003.09.008>

Reyes, C. (2016). *Los patrones de distribución espacial y temporal de los incendios forestales en Almoloya de Juárez (2005-2015)*.

<http://ri.uaemex.mx/handle/20.500.11799/65679>

Rioja-Nieto, R., Moreno-Ruíz, J. A., & Gómez-Valdés, J. (2015). Efecto del manejo de un Área Natural Protegida en el paisaje del bosque de manglar en la Península de Yucatán. *Hidrobiologica*, 25(2), 203–211.

Ruiz, M. E., Orozco, M. E., Granados, R., & Álvarez, G. (2017). DIFERENCIA NORMALIZADA (NDVI), SUBCUENCA DEL RÍO SALADO ,. *Geografía y Sistemas de Informacion Geográfica (GEOSIG)*, 9, 39–50.

<http://www.gesig-proeg.com.ar>

Shah, P., Baylis, K., Busch, J., & Engelmann, J. (2021). What determines the effectiveness of national protected area networks? *Environmental Research Letters*, 16(7), 12. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ac05ed>

Tesfaw, A. T., Pfaff, A., Golden, R. E., Qin, S., Medeiros, R., & Mascia, M. B. (2018). Land-use and land-cover change shape the sustainability and impacts of protected areas. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 115(9), 2084–2089.

<https://doi.org/10.1073/pnas.1716462115>

Villegas, D. (2021). Determinación del uso potencial del suelo a partir de la modelación geoespacial de variables agroecológicas y forestales de un área de protección ambiental ubicada en la Región Centro-Sur de México.

Acta Universitaria, 31, 1–17. <https://doi.org/10.15174/au.2021.3049>

Von, J. J., Laborde, J., Guevara, S., & Mokondoko-Delgadillo, P. (2020). Revista Mexicana de Biodiversidad vegetal en la Reserva de la Biosfera Los Tuxtlas (2006-2016). *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 91.

<https://doi.org/10.22201/ib.20078706e.2020.91.3190>

4. CONCLUSIONES GENERALES

En 1997 a 2016 los cambios en el uso de suelo y vegetación de ZPFRSQ, muestran: pérdidas en *bosques de encino*, los bosques de *pino encino* desapareció de la zona; no obstante, la *vegetación secundaria arbustiva/bosque de encino* aumentó, también se detectaron crecimientos en *pastizal y agricultura*.

Las tendencias mostraron que, el *bosque de pino encino* tuvo altas probabilidades de migrar o ser reemplazado por la *vegetación secundaria arbustiva de bosque de encino*. Mientras que el *bosque de encino* a pesar de las pérdidas se observa que tiene altas probabilidades de permanecer en el tiempo.

Las posibles causas atribuidas a todo esto es de origen antrópico como: deforestación (agricultura), tala ilegal (corte y extracción de leña, producción de carbón), además de incendios forestales.

Con los resultados mostrados anteriormente, se puede deducir que el decreto como Zona Protectora Forestal, aun no se muestra la efectividad del objetivo en la protección de los recursos.

Se considera que las áreas afectadas podrían implementarse programas en obras de restauración y reforestación con especies propias de la zona. Además de involucrar a la población a cuidar los recursos ambientales.

Por último, se demuestra la importancia de gestionar un programa de manejo para la debida administración de los bosques forestales, así como los recursos hidrológicos.

5. ANEXOS

Anexo 1. Cuestionario socioeconómico

CUESTIONARIO PARA POBLADORES DE SAN ILDEFONSO (cuatro barrios) AMEALCO, QRO. ACTIVIDADES SOCIOECONÓMICAS Y PROBLEMAS RELACIONADOS CON EL CERRO ÑADO.		
NOMBRE DEL ENCUESTADOR: SILVIA PASCUAL HERNANDEZ		Fecha:
Nombre del encuestado(opcional):		
Edad:	Residencia:	Años de residencia:
1 ¿Cuál es su ocupación?		
a) Ganadero (A)		
Alimentación del ganado		
Pastoreo	Forrajes y granos	Otro
b) Agricultor (A)		
Tipo de grano		
Maíz	Frijol	otro
Hectáreas de siembra		
Terreno		
Privado		
c) otro		
2 ¿Qué combustible usa más para cocinar o calentar sus alimentos?		
a) Gas LP	b) Leña	c) Carbón
d) Otro		
PROBLEMAS DE LA COMUNIDAD CON RESPECTO AL CERRO ÑADO DE SAN ILDEFONSO AMEALCO, QUERÉTARO.		
3. Tala ilegal		
¿Ha denunciado algún caso de tala ilegal?	a)Si Fecha:	b)No
4. Extracción de leña		
¿Ha denunciado algún caso de extracción de leña?	a)Si Fecha:	b)No
5. Incendios		
¿Ha denunciado algún incendio forestal?	a)Si Fecha:	b)No
¿Conoce cuál es la causa principal?	a)Si Cúal:	B)No
6. Producción de carbón		
Ha observado o denunciado la producción de carbón en el cerro Ñado o cercano	a)Si Fecha:	b)No

Anexo 2. Resultados del cuestionario socioeconómico.

No.	Barrio	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10
1	Cuisillo y LLano largo	Mujer		8	Empleada de gasolinera	Gas lp	Si	Si	Por la basura, y por la gente que hace carbón	Si, los árboles nos ayudan a vivir	Si
2	Cuisillo y LLano largo	Mujer	28	6	Hogar	Gas lp	No	No se	Porque lo prenden por malicia	Si	Si
3	Cuisillo y LLano largo	Mujer		9	Hogar	Gas lp	Si	Si cada semana	Por la leña seca	Si	No se
4	Cuisillo y LLano largo	Mujer		5	Hogar	Leña	No	No se	Por los que hacen carbón	Si, ayudan a eliminar la contaminación	No se
5	Cuisillo y LLano largo	Mujer	22	5	Hogar	Leña	Si	Si	Por los que hacen carbón	Si, por que no da calidad de aire	Si
6	Cuisillo y LLano largo	Mujer	35		Artesana	Leña	Si	Si	Por los que hacen carbón	Si, por que los árboles se están acabando	Si
7	Cuisillo y LLano largo	Hombre	45	22	Artesano	Leña	No	No	porque hay gente que los quema	Si, atrae a las lluvias	Si
8	Cuisillo y LLano largo	Mujer			Hogar	Gas lp y Leña	Si	No se	Porque hay leña seca	Si, mi esposo ha ayudado a combatir en grupo	Si
9	Cuisillo y LLano largo	Mujer	20	1.5	Hogar	Gas lp	No se	No se	Por las fogatas	Si	
10	Cuisillo y LLano largo	Mujer			Hogar	Gas lp	No se	No se	Por fumadores, y por la contaminación por basura	Si	
11	Cuisillo y LLano largo	Mujer	24	6	Artesana y comerciante	Gas lp	No	Si	Por la basura y botella de vidrio y lo dejan cuando van a acampar	Si, por el aire limpio	Si

No.	Barrio	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10
12	Cuisillo y LLano largo	Mujer		5	Hogar	Gas lp y Leña	Si	Si	Por los que hacen carbón	Si, por que se están talando los arboles	Si
13	Cuisillo y LLano largo	Hombre	83	35	Campesino, Agricultor	Gas lp y leña	Si	Si	Por los que hacen carbón	Si, para conservar el cerro	Si
14	Cuisillo y LLano largo	Mujer	50	10	Hogar	Gas lp	Si	Si	Por los que hacen carbón	Si, por que los árboles atraen llluvias	Si
15	Cuisillo y LLano largo	Mujer	30	15	Hogar	Gas lp y Leña	Si	Si	Por los que hacen carbón	Si, Si hay arboles llueve y calidad de aire	Si
16	Cuisillo y LLano largo	Mujer	35	15	Hogar y Artesana	Leña	Si	Si	Por los que hacen carbón	Si, por que los árboles nos dan oxígeno y por es que llueve	Si
17	Cuisillo y LLano largo	Mujer	25	3	Artesanos	Gas lp y Leña	Si	Si	Por la basura y fogatas	Si, los árboles por el aire y llluvias	Si
18	Cuisillo y LLano largo	Mujer	53		Artesana y danza	Leña	Si	Si	Por los que hacen carbón, los que van por leña prenden fogatas y por malicia	Si, por que el cerro está quedando sin árboles	Si
19	Cuisillo y LLano largo	Mujer	80	50	Hogar	Leña	Si	Si	Por los que hacen carbón no apagan bien el fuego	Si, para que se conserve los arboles	No
20	Cuisillo y LLano largo	Mujer	30	30	Artesana	Gas lp y leña	Si	Si	Por los lo que hacen carbón	Si, para que se conserve los arboles	Si
21	Cuisillo y LLano largo	Mujer			Artesana	Gas lp y Leña	Si	Si	Por los que hacen carbón	Si, para que no desaparezcan los cerros y fauna	Si
22	Cuisillo y LLano largo	Mujer		40	Artesana	Gas lp y Leña	Si	Si	Por las colillas de cigarro	Si, para conservar los árboles y mantener el agua	Si

No.	Barrio	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10
23	Cuisillo y LLano largo	Mujer			Hogar	Gas lp	Si	Si	Por los cambios de temperatura, hay muchas hojas secas y arboles	Si, para que tengamos vida	Si
24	Cuisillo y LLano largo	Mujer			Hogar	Gas lp y Leña	Si	Si	Por los que van a acampar	Si, para que no desaparezca los cerros, y tengamos vegetación	Si
25	Cuisillo y LLano largo	Mujer	51	51	Hogar	Leña	Si	Si	Por el descuido de los que hacen carbón	Si, para que se mantenga el agua, aire.	Si
26	Texquedo	Mujer			Hogar	Leña	Si	Si	Por los que hacen carbón	Si, por que sin arboles no hay vida	Si
27	Texquedo	Mujer			Artesana	Leña	Si	Si	Por los que hacen carbón	Si, para que tengamos agua y oxigeno	Si
28	Texquedo	Hombre			Albañil	Leña	Si	Si	Por los que hacen carbón no apagan bien el fuego	Si, para que tengamos árboles y agua	Si
29	Texquedo	Mujer	50	50	Hogar	Leña y carbón	Si	Si	Por diversión	Si, los árboles nos dan vida	Si
30	Texquedo	Mujer			Hogar	Leña	Si	Si	Por los que hacen carbón	Si, para que tengamos más arboles por más tiempo	Si
31	Texquedo	Hombre			Obrero	Leña	Si	Si	Por los que hacen carbón	Si, para que tengamos más vegetación	Si
32	Texquedo	Hombre			Hogar	Leña	Si	Si	Por que hacen carbón	Si	Si
33	Texquedo	Mujer			Hogar	Leña	Si	Si	Por los que hacen carbón	Si para conservar fauna	Si
34	Texquedo	Hombre	39	39	Campesino	Leña	Si	Si	Por los que hacen carbón	Si, para conservar el cerro	Si
35	Texquedo	Hombre			Agricultor	Leña	Si	Si	Por los que hacen carbón	Si, para que los árboles no se acaben.	Si
36	Texquedo	Mujer			Hogar	Leña	Si	Si	Por los que hacen carbón	Si, para que tengamos más años con arboles	Si
37	Texquedo	Mujer			Hogar	Leña	Si	Si	Por los que hacen carbón	Si, por que los árboles nos dan vida, agua.	Si
38	Texquedo	Hombre	50	50	Agricultor	Leña	Si	Si	Por el descuido de los que hacen carbón	Oxigeno	Si
39	Texquedo Llano	Mujer			Hogar	Leña	Si	Si	Por maldad	Si, para que tengamos aire y agua	Si
40	Texquedo largo	Mujer			Hogar	Gas lp y leña	Si	Si	por la basura que dejan al ir por leña	Si, para que tengamos vegetación por largo tiempo	Si
										Si, si para que haya agua	Si

No.	Barrio	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10
41	Llano largo	Mujer			Hogar	Gas lp y Leña	Si	Si	Por los que van por leña	Si, para combatir incendios	Si
42	Llano largo	Mujer			Hogar	Gas lp	Si	Si	Por los que hacen carbón y por maldad	Si, los árboles se están acabando	No se
43	Llano largo	Mujer			Hogar	Gas lp y Leña	Si	Si	Por los que hacen carbón	Si, para que mantenga la vida	Si
44	Llano largo	Mujer			Hogar	Gas lp	Si	Si	Por los que hacen carbón	Si, para que tengamos árboles y animales	Si
45	Llano largo	Mujer	50	30	Hogar	Gas lp y Leña	Si	Si	Por los que hacen carbón y los que van a hacer fogatas	Si, para que tengamos vegetación	Si
46	Llano largo	Mujer			Hogar	Gas lp	Si	Si	Por los que hacen carbón	Si, se están acabando los arboles	Si
47	Llano largo	Hombre	60	50	Agricultor	Gas lp y Leña	Si	Si	Por los que van por leña hacen fogatas para calentar su comida	Si, para que tengamos vida nos da hongos y agua	Si
48	Llano largo	Hombre	50	50	Campesino	Gas lp y Leña	Si	Si	Por los que hacen carbón, por malicia	Si, porque si no se pueden los árboles y animales	Si
49	Llano largo	Hombre	40	15	Hogar	Gas lp	Si	Si	Por los que hacen carbón	Si, Sin arboles no llueve	Si
50	Llano largo	Mujer		30	Hogar	Gas lp y Leña	Si	Si	Porque hay muchas hojas secas, leña, y por los que hacen carbón	Si, para mantener agua	Si
51	Llano largo	Hombre	55	55	Agricultor	Gas lp y Leña	Si	Si	Por los que hacen carbón	Si, para conservar a los animales y arboles	Si
52	Llano largo	Mujer			Hogar	Gas lp	Si	Si	Por los que hacen carbón	Si, para que tengamos aire u agua	Si
53	Llano largo	Mujer	50	50	Hogar	Gas lp y Leña	Si	Si	Por hojas secas, basura, vidrio	Si, para que tengamos oxígeno, vida y fauna	Si
54	Llano largo	Mujer			Hogar	Gas lp	Si	Si	Por el vidrio	Si, para que no se hacen los árboles porque hay mucho tiempo que no se saca leña, pero no	Si
55	Llano largo	Mujer	40	40	Hogar	Gas lp y Leña	Si	Si	por el clima mucho calor	Si, para que tengamos más arboles por más tiempo	Si
56	Llano largo	Mujer	31		Artesana	Leña	Si	Si	por la basura	Si	Si
57	Llano largo	Mujer	24	24	Hogar	Leña	Si	Si	Por los que hacen carbón	Si, por los arboles	Si

No.	Barrio	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10
58	Llano largo	Mujer	50	8	Hojalatero	Gas lp	Si	Si	Por los arboles	Si, protección de fauna	Si
59	Llano largo	Mujer			Hogar	Gas lp y Leña	Si	Si	Por los que acampan no apagan bien las fogatas	Si, por el aire y lluvia	Si
60	Llano largo	Hombre			Hogar	Gas lp y Leña	Si	Si	Por los que hacen carbón no apagan bien sus hornos gente que no es de la comunidad entran acampar y no apagan sus fogatas	Si, por los arboles	Si
61	Llano largo	Mujer			Hogar	Gas lp y Leña	Si	Si	Por los que hacen carbón	Si, por el aire	Si
62	Llano largo	Mujer			Hogar	Gas lp y Leña	Si	Si	Por los que hacen carbón	Si, por los arboles	Si
63	Llano largo	Mujer			Maestra	Gas lp	Si	Si	Por los que hacen carbón	Si, por los arboles	Si
64	Llano largo	Mujer			Hogar	Gas lp	Si	Si	Por hojas secas	Si, por el aire	Si
65	Llano largo	Hombre			Albañil	Gas lp y Leña	Si	Si	Por los que acampan no apagan bien las fogatas	Si, para que llueva y se conserve la vegetación	Si
66	Llano largo	Mujer			Hogar	Gas lp	Si	Si	Por la basura, vidrio	Si, por la flora y fauna	Si
67	Llano largo	Mujer			Hogar	Gas lp y Leña	Si	Si	Por los que hacen carbón	Si, por la flora y fauna	Si
68	Llano largo	Hombre			Albañil	Gas lp y Leña	Si	Si	Por los que hacen carbón	Si, por e aire limpio	Si
69	San ilde centro	Mujer	50	50	Artesana	Leña	Si	Si	Por los que hacen carbón	Si, para que sustituyan los que ya murieron	Si
70	San ilde centro	Hombre	52	52	Campesino	Leña	Si	Si	Por los que hacen carbón	Si, para que haya más arboles	Si
71	San ilde centro	Mujer	40	40	Hogar	Leña	Si	Si	Por los que hacen carbón	Si, para que hay más arboles	Si
72	San ilde centro	Mujer			Hogar Hacer tortillas	Leña Gas lp y Leña	Si	Si	Por los que hacen carbón cambio climático y descuidos de cigarrillos	Si, por el aire	Si
73	el Bothe	Mujer			Hogar	Leña	Si	Si	Por malicia	Si, por el aire y lluvias	Si
74	el Bothe	Mujer			Hogar	Leña	Si	Si	Por malicia	No, por la edad	No

No.	Barrio	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10
75	el Bothe	Mujer	38	38	Hogar	Gas lp Gas lp	Si	Si	por los que hacen carbón	Si, por que se quemas arboles	Si
76	el Bothe	Mujer		65	Hogar	y Leña	Si	Si	Por los que hacen carbón	Si, por el aire	Si
77	el Bothe	Mujer		58	Hogar	Gas lp	Si	Si	Por los que tiran basura	Si, por la tala de arboles	Si
78	el Bothe	Mujer			Hogar	Gas lp	Si	Si	Por malicia	Si, por el aire plantar más arboles	Si
79	el Bothe	Mujer			Hogar	Gas lp	se	No se	por maldad	Si, por el aire	Si
80	el Bothe	Mujer			Hogar	Gas lp	Si	Si	Por el calor	Si, para tener más arboles	No
81	el Bothe	Hombre	38	38	Albañil	Gas lp Gas lp	No	No se	Por los que hacen carbón	Si, para tener vida	Si
82	el Bothe	Hombre			Agricultor	y Leña	Si	No	Por los que sacan leña	Si, por el aire fauna y bosque	Si
83	el Bothe	Mujer	40	20	Hogar	Gas lp	Si	Si	Si por el clima	Si, por el aire y lluvia	Si
84	el Bothe	Mujer			Hogar	Gas lp	Si	Si	Si, por los que hacen carbón	Si, por los arboles	Si
85	el Bothe	Mujer			Hogar	Gas lp Gas lp	Si	Si	Si, por los que van por la leña	Si, por los arboles	Si
86	el Bothe	Mujer	35	35	Hogar	y Leña Gas lp	Si	Si	por los que hacen carbón	Si, por que se están talando los arboles	Si
87	el Bothe	Mujer	45	45	Hogar	y Leña Gas lp	Si	Si	por las personas que van por leña	Si, por el aire limpio Si, porque hay mucha tala y no quien plante arboles	Si
88	el Bothe	Mujer	50	50	Hogar	y Leña Gas lp	Si	Si	por los que hacen carbón		Si
89	el Bothe	Mujer	45	30	Hogar	y Leña Gas lp	Si	Si	Por los que van por leña	Si, para que no se acaben los arboles Si, para tener más arboles por más tiempo	Si
90	el Bothe	Mujer	30	20	Hogar	y Leña	Si	Si	por el cambio climático		Si
91	el Bothe	Mujer		30	Hogar	Gas lp Gas lp	Si	Si	por los que entran por leña	Si, para que tengamos vida	Si
92	el Bothe	Hombre	50	50	Campesino	y Leña	Si	Si	Por el calor	Si, para que los árboles no se acaben.	No se
93	el Bothe	Mujer			Hogar	Gas lp Gas lp	se	Si	por la basura	Si, para tener más arboles	Si
94	el Bothe	Hombre	50	50	Campesino	y Leña	Si	Si	por los que hacen carbón	Si, para tener vida	Si

P1: (sexo); P2: (Edad); P3 (Años de residencia); P4: (Ocupación); P5: (Combustible para cocinar); P6: (Observa que gente va por leña);
P7: Producción de carbón; P8: Causa de incendios; P9: (Es importante reforestar en el cerro); P10: (Apoyaría a la reforestación).