



Universidad Autónoma del Estado de México



Facultad de Planeación Urbana y Regional

“Análisis espacial del cambio de cobertura forestal en zonas beneficiarias del programa de Pago por Servicios Ambientales Hidrológicos, caso de estudio municipio de Ocuilan, Estado de México”

Tesis

Para obtener el título de:

Licenciada en Ciencias Ambientales

Presenta:

Sharon Arantza Concepción Alcántara

Director de tesis:

Dr. en C. A. y R. N. Giovani González Camacho

Toluca de Lerdo, Estado de México. Mayo 2023.





CONTENIDO

Resumen	10
Abstract	10
Introducción	11
Justificación	12
Planteamiento del problema	13
Hipótesis	14
Objetivo general	14
Objetivos específicos	14
CAPÍTULO I Marco teórico-conceptual	17
1.1 El desarrollo sustentable como base del programa de pago por servicios ambientales ..	17
1.2 Antecedentes del Pago por Servicios Ambientales	19
1.2.1 Contexto internacional	19
1.2.2 Contexto nacional	19
1.3 ¿Qué son los Servicios ambientales?	21
1.4 Concepto de Pago por Servicios Ambientales	23
1.5 Características y descripción del programa de Pago por Servicios Ambientales (PSA) 25	
1.6 Programa de Pago por servicios ambientales de la CONAFOR	28
1.7 Marco Legal que regula el funcionamiento del programa Pago por Servicios Ambientales	33
1.8 Casos de estudio	35
1.8.1 Casos a nivel internacional	35
1.8.2 Casos a nivel nacional	38
1.8.3 Casos a nivel local	42
CAPÍTULO II Materiales y métodos	48
2.1 Zona de estudio	48
Localización	48
2.1.1 Descripción ambiental	50
Clima	50
Geología	52
Edafología	54
Geomorfología	56
Hidrología	57

Flora y fauna.....	59
2.1.2 Descripción Social	60
Demografía.....	60
Viviendas y hogares.....	62
Índice de marginación.....	62
Grupos indígenas.....	66
2.1.3 Descripción Económica.....	68
Población ocupada y desocupada.....	68
Población por sectores	69
Tenencia de la tierra	69
Áreas Naturales Protegidas	73
2.1.5 Metodología.....	83
CAPÍTULO III Resultados	91
3.1 Resultados	91
CAPÍTULO IV Discusión.....	112
4.1 Discusión	112
CAPÍTULO V Conclusiones y recomendaciones	119
5.1 Conclusiones	119
5.2 Recomendaciones	121
Bibliografía	123

Índice de figuras

Figura 1. Pájaro carpintero bellotero.....	16
Figura 2. Tipos de actores.....	26
Figura 3. Modalidades del PSA.....	28
Figura 4. Población objetivo de acuerdo a su participación.....	29
Figura 5. Criterios específicos de selección para el programa Pago por Servicios Ambientales	30
Figura 6. Labores de los asesores.....	32
Figura 7. Monto por tipo de ecosistema	33
Figura 8. Pululahua, Cerro el chivo. Ciudad de Quito, Ecuador	36
Figura 9. Represa Uribante Caparo	37
Figura 10. Lago del estado de Rondônia	37
Figura 11. Vista panorámica de la Reserva de la Biosfera de la Sierra Gorda, Querétaro.....	38
Figura 12. Selva Lacandona	39
Figura 13. Región Iztaccíhuatl-Popocatepetl, Puebla, México.....	40
Figura 14. Santuario de la mariposa Monarca, Michoacán	41
Figura 15. Cuenca alta del rio Nazas.....	41
Figura 16. Parque ecoturístico Corral de Piedra, Amanalco, Valle de Bravo	42
Figura 17. Área de protección de Flora y Fauna Nevado de Toluca, México.....	43
Figura 18. Paisaje forestal turístico	47
Figura 19. Mapa topográfico, Ocuilan	49
Figura 20. Mapa climático, Ocuilan	51
Figura 21. Mapa geológico, Ocuilan	53
Figura 22. Mapa edafológico, Ocuilan.....	55
Figura 23. Mapa hidrológico, Ocuilan.....	58
Figura 24. Grafica 1, Población masculina y femenina.....	60
Figura 25. Grafica 2, Población económicamente activa 2020.....	68
Figura 26. Grafica 3, Población ocupada y desocupada	69
Figura 27. Parque Estatal Nahuatlaca Matlazinca	73
Figura 28. Parque Estatal Ecológico, Turístico y Recreativo, Otomí Mexica.....	75
Figura 29. Parque Nacional Lagunas de Zempoala	77
Figura 30. Mapa, Áreas Naturales Protegidas Estatales	80
Figura 31. Mapa, Áreas Naturales Protegidas Federales	81

Figura 32. Mapa, Áreas Naturales Protegidas Estatales, Federales y beneficiarios del programa PSAH.....	82
Figura 33. Laguna en medio de una zona forestal.....	90
Figura 34. Mapa polígono 1, año 2016 y 2022.....	101
Figura 35. Mapa polígono 2, año 2016 y 2022.....	102
Figura 36. Mapa polígono 3, año 2016 y 2022.....	103
Figura 37. Mapa polígono 4, año 2016 y 2022.....	104
Figura 38. Mapa polígono 5, año 2016 y 2022.....	105
Figura 39. Mapa polígono 6, año 2016 y 2022.....	106
Figura 40. Mapa polígono 7, año 2016 y 2022.....	107
Figura 41. Mapa polígono 8, año 2016 y 2022.....	108
Figura 42. Mapa polígono 9, año 2016 y 2022.....	109
Figura 43. Paisaje forestal	111
Figura 44. Paisaje forestal	118

Índice de tablas

Tabla 1. Cuadro comparativo del programa de PSAH en Costa Rica y México.....	20
Tabla 2. Criterios que ha de cumplir un mercado de pagos por servicios ambientales.....	27
Tabla 3. Requisitos para obtener pagos.....	31
Tabla 4. Cuadro Marco Legal para el regular el programa Pago por Servicios Ambientales.	34
Tabla 5. Cuadro comparativo de casos de estudio.....	44
Tabla 6. Población por edad.....	60
Tabla 7. Población por localidad.....	61
Tabla 8. Índice de marginación por localidad.....	63
Tabla 9. Grado de marginación por localidad.....	64
Tabla 10. Población de 3 años y más que habla alguna lengua indígena y español.....	66
Tabla 11. Población ocupada y desocupada.....	68
Tabla 12. Núcleo agrario ejidal Chalmita.....	70
Tabla 13. Núcleo agrario ejidal La cañada.....	71
Tabla 14. Núcleo agrario ejidal La Lagunita.....	71
Tabla 15. Núcleo agrario comunal San Juan Atzingo.....	72
Tabla 16. Zonificación del Parque natural Estatal Nahuatlaca Matlazinca.....	74
Tabla 17. Zonificación Parque Estatal Ecológico, Turístico y Recreativo, Otomí Mexica.....	76
Tabla 18. Zonificación del Parque Nacional Lagunas de Zempoala.....	78
Tabla 19. Superficies pertenecientes al programa PSA.....	91
Tabla 20. Matriz de confusión, año 2016.....	92
Tabla 21. Precisión por clase y general, año 2016.....	92
Tabla 22. Matriz de confusión, año 2022.....	92
Tabla 23. Precisión por clase y general, año 2022.....	93
Tabla 24. Superficies del programa PSA por polígono.....	93
Tabla 25. Características de cada polígono.....	94
Tabla 26. Polígono 1 comparación de imágenes Sentinel.....	96
Tabla 27. Polígono 2 comparación de imágenes Sentinel.....	96
Tabla 28. Polígono 3 comparación de imágenes Sentinel.....	97
Tabla 29. Polígono 4 comparación de imágenes Sentinel.....	97
Tabla 30. Polígono 5 comparación de imágenes Sentinel.....	98
Tabla 31. Polígono 6 comparación de imágenes Sentinel.....	98

Tabla 32. Polígono 7 comparación de imágenes Sentinel.....	99
Tabla 33. Polígono 8 comparación de imágenes Sentinel.....	99
Tabla 34. Polígono 9 comparación de imágenes Sentinel.....	100

Resumen

La pérdida de bosques y la reducción de los servicios ambientales es un problema mundial. Para promover su conservación se han implementado estrategias de valoración económica, como el programa Pago de Servicios Ambientales (PSA). Sin embargo, la información sobre los verdaderos efectos de este instrumento es limitada, sobre todo en el campo de la dinámica de la cubierta forestal.

En esta investigación se realiza un análisis del programa Pago por Servicios Ambientales Hidrológicos (PSAH), otorgado por la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR). El estudio se enfoca en la transformación de la cobertura de nueve polígonos participantes del municipio de Ocuilan en el Estado de México. Se utilizaron imágenes satelitales Sentinel2 de los años 2006 y 2022 las cuales muestran las condiciones de los predios antes y después de haber participado en el programa. También se llevaron a cabo clasificaciones supervisadas que permitieron obtener la tasa de deforestación.

Los resultados indican que el programa PSAH resultó ser un mecanismo relativamente efectivo, debido a que alcanzó su objetivo principal de reducir la tasa de deforestación en áreas críticas para la recarga de agua en seis de los nueve polígonos analizados.

Abstract

The loss of forests and the reduction of environmental resources is a world problem. To promote the conservation, economic valuation strategies has been implemented such as the Payment for Environmental Services (PSA) However, the information about the real effects of this instrument is limited specially in the forest cover dynamics field.

In this research, an analysis about the Payment for Hydrological Environmental Services, which was given by the National Forest Commission (CONAFOR), has been done. This study is focused on the forest cover transformation of nine participating polygons in Ocuilan, a municipality in the State of Mexico. Satellite images of Sentinel2 from 2006 and 2022 were used; they show the properties conditions before and after having participated in the program. Also, supervised classifications were carried out that allowed obtaining the deforestation rate.

The results indicate that the PSAH program ensued to be a relatively effective mechanism due to the fact that its main objective of reducing the deforestation rate in critical areas for water refill was accomplished in six of the nine polygons analyzed.

Introducción

La presente investigación muestra un análisis del programa Pago por Servicios Ambientales Hidrológicos, en el caso específico del municipio de Ocuilan en el Estado de México, cuyo fin es examinar a través de un análisis espacial, la incidencia del programa en la reducción, conservación o incremento de las zonas forestales.

Los servicios ambientales son fundamentales para el bienestar de los seres humanos y en general para el desarrollo de la vida en la tierra; sin embargo, su proceso de deterioro ha ido aumentando a un ritmo impresionante (Wunder *et al.*, 2007), estos servicios son reconocidos como todos los beneficios que las poblaciones humanas consiguen de los ecosistemas para su bienestar, puede ser de forma directa o indirecta, por lo que las poblaciones humanas pueden o no estar conscientes de su existencia (Balvanera & Cotler, 2007); resulta muy significativo que dichos servicios ambientales se conserven para prevenir el deterioro ambiental, mantener y mejorar la calidad de vida de todos los seres humanos (Fregoso, 2006). Bajo este contexto, se ha promovido valorarlos de manera tangible a través de incentivos económicos, tal es el caso del pago por servicios ambientales (PSA), de acuerdo a CONAFOR (2010) este programa apoya económicamente a los propietarios de terrenos forestales con el fin de que realicen acciones de conservación y de manejo integral de los recursos naturales.

Esta investigación se divide en cinco capítulos, en cada uno se menciona información fundamental para analizar la efectividad del Programa Pago Por Servicios Ambientales Hidrológicos y su incidencia en la reducción, conservación y/o incremento de las zonas forestales en el municipio de Ocuilan, Estado de México.

En el primer capítulo se efectúa un análisis del desarrollo sustentable como base teórica del programa de Pago por Servicios Ambientales, se realiza un estudio de los principales conceptos que intervienen en el desarrollo de este tipo de programas y finalmente se ejecuta un análisis de casos exitosos a nivel internacional, nacional y local.

El capítulo dos aborda un análisis de la metodología iniciando con una caracterización ambiental, social y económica de la zona de estudio, posteriormente, se hace una descripción de los materiales y métodos (análisis espacial) utilizados para el desarrollo de la investigación.

El tercer capítulo hace mención de los resultados obtenidos mediante el análisis espacial.

En el capítulo cuarto, se desarrolla una discusión entre los resultados obtenidos por otros autores y los resultados obtenidos en esta investigación.

Por último, el capítulo quinto hace mención a las conclusiones y recomendaciones de la investigación basadas en los resultados obtenidos, esto con el fin de mejorar la implementación del Programa de Pago por Servicios Ambientales.

Justificación

Debido al alto deterioro de los ecosistemas forestales, la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR) implemento el programa de Pago de Servicios Ambientales Hidrológicos (PSAH) (Cruz *et al.*, 2010), cuyo objetivo es “reducir la tasa de deforestación en zonas críticas para recarga de agua”. Aunque se da seguimiento a los proyectos aprobados, no se tiene un análisis de los beneficios exactos que genera este mecanismo (Zúñiga *et al.*, 2018).

Todo programa que hace uso de recursos económicos públicos necesita tener una evaluación para conocer su efectividad, de esta manera promover la transparencia y el rendimiento de cuentas democrático (INECC, 2015). Esto es aún más significativo cuando se trata de programas innovadores, tal es el caso del programa de pago por servicios ambientales, en este contexto México cuenta con el Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social.

De acuerdo con el Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social (CONEVAL, 2009-2010), quien se encarga de evaluar programas y acciones de desarrollo social dentro del Gobierno Federal, se pudo identificar que una de las principales deficiencias del programa PSAH es que carece de un sistema de evaluación efectivo, ya que mide el porcentaje de la superficie forestal del país que ha recibido pago por servicios ambientales hidrológicos, sin embargo no mide directamente si el objetivo principal del programa se está cumpliendo y en qué cantidad, solo sirve como una variable aproximada.

Además, durante el periodo 2020-2021 la CONEVAL (2021) mencionó que hacían falta evaluaciones rigurosas que permitieran apreciar de manera efectiva el funcionamiento del programa PSAH en México.

El análisis de la efectividad del PSA es importante porque la valoración económica de los recursos naturales es una estrategia para su conservación, la cual permite a su vez proteger los ecosistemas y servicios ambientales, sin embargo, la información sobre los verdaderos efectos del programa PSA es limitada sobre todo en la incidencia dentro de la cubierta forestal. Por lo tanto, es indispensable generar información que nos permita evaluar los beneficios de este tipo de programas y con base en ello desarrollar estrategias de mejora del mismo.

La investigación se realizó con la finalidad de conocer la incidencia en la reducción, conservación y/o incremento de las zonas forestales, a partir de la implementación del programa PSAH, específicamente en el municipio de Ocuilan, Estado de México. Esto resulta

de gran relevancia, ya que de acuerdo al H. ayuntamiento de Ocuilan (2003), el uso de suelo forestal es considerado como el más representativo del municipio, abarcando una superficie de 22,625.10 hectáreas, las cuales representan el 65.60 % de la superficie total del municipio.

De acuerdo a los resultados de la convocatoria 2017 del Programa Nacional Forestal de la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR), el municipio de Ocuilan es el municipio con mayor superficie asignada para participar en el programa Pago por Servicios Ambientales Hídricos, por lo que es innovador analizar cómo se ha ido transformando la cobertura forestal durante el periodo 2016 (antes de implementar el programa) y 2022 (después de concluir el programa).

Planteamiento del problema

Una de las principales preocupaciones en torno al problema de la deforestación se relaciona con la pérdida de la biodiversidad y de los servicios ambientales que ofrecen los bosques y las selvas y en las últimas décadas a la influencia de esa pérdida con el calentamiento global (SEMARNAT, 2019).

El área total de bosques en el mundo es de 4,060 millones de hectáreas (ha), que equivale al 31% de la superficie total de la tierra (CEPAL, 2021). Sin embargo, desde principios de este siglo el planeta ha perdido aproximadamente 411 millones de ha de cobertura forestal, lo que equivale a cerca del 10% de la cobertura arbórea que había en 2001. Se sabe que cada región del planeta se enfrenta a problemas específicos pero uno de los problemas mundiales es la pérdida de bosques (Alcalde, 2022).

National Geographic menciona que, en los últimos 13 años, la deforestación ha provocado la eliminación de 43 millones de hectáreas en todo el mundo, por lo que se han ido acabando los bosques y selvas de forma masiva; además, esto ha causado un inmenso daño a la calidad de los suelos (National Geographic, 2021). El problema es sumamente relevante, ya que la deforestación aporta aproximadamente entre 10% y 20% de las emisiones de gases de efecto invernadero a nivel mundial (Monjardín *et al.*, 2017).

En la región de América Latina los bosques y selvas ocupan un 46.4% de la superficie total, de los cuales entre 1990 y 2015 se eliminaron 96.9 millones de hectáreas, provocando un riesgo importante para su supervivencia (Tuchin, 2020). Entre las principales causas destaca la ganadería y la agricultura a gran escala (WWF, 2021).

Se reporta que México se encuentra en uno de los cinco países con mayor biodiversidad; sin embargo, atraviesa por rápidos procesos de cambio de uso de suelo; si la tasa de deforestación continúa al ritmo actual o incrementa, en pocos años México podría quedarse sin bosques y por consiguiente la ecología del país se vería afectada irreversiblemente (Pompa, 2008). Según el informe de estimación de la tasa de deforestación bruta en México, durante el periodo 2001-2018 se perdieron en promedio 212, 070 hectáreas al año (CONAFOR, 2020).

Uno de los municipios del Estado de México en donde la tala clandestina se ha desarrollado desde hace varios años y por lo tanto genera un problema que afecta tanto a los ecosistemas como a las actividades productivas, es el de Ocuilan de Arteaga. En cuanto a su uso de suelo, la mayor parte es forestal; por ello la zona arbórea, los paisajes que se generan, los senderos, lagunas y cascadas resultan ser una de las grandes bellezas que caracterizan al municipio. Sin embargo, no solo por la belleza del lugar y el valor que tienen los bosques para el sustento de varias familias es de gran importancia este ecosistema, sino también porque los bosques de Ocuilan forman la zona de recarga principal de los mantos acuíferos de la microcuenca del río Apatlaco, además constituyen una barrera importante para los fenómenos meteorológicos que amenazan a la zona conurbada de Cuernavaca (Candelaria, 2018).

Durante el año 2005 dentro del territorio administrativo del Área Natural Protegida (ANP) Otomí-Mexica, el cual es parte del municipio de Ocuilan, se anunciaron una serie de incendios forestales que afectaron cientos de hectáreas principalmente bosques de oyamel y pino. Cabe resaltar que los municipios de Ocuilan y Xalatlaco fueron los más afectados porque presentaron las mayores pérdidas ecosistémicas debido al desarrollo de este fenómeno (Gómez & Villegas, 2020). Además, de acuerdo a SEMARNAT (2019), desde hace varios años existe tala clandestina en el municipio de Ocuilan generada principalmente por la demanda de madera de bajo costo, especialmente pino y oyamel. Las regiones que presentan en mayor medida este problema son: la región de Santa Martha, Santa Lucía, San Juan Atzingo, San Miguel Totocuitlapilco y La Esperanza.

Esto nos lleva a la pregunta de investigación ¿La implementación del programa Pago por Servicios Ambientales Hidrológicos (PSAH) es un mecanismo efectivo para la conservación de zonas forestales en el municipio de Ocuilan, Estado de México?

Hipótesis

La implementación del programa de Pago por Servicios Ambientales Hidrológicos (PSAH) en zonas forestales del municipio Ocuilan, Estado de México, se ha convertido en una herramienta efectiva para la conservación e incremento de las zonas forestales.

Objetivo general

Analizar el impacto del programa de Pago Por Servicios Ambientales Hidrológicos en la reducción, conservación y/o incremento de las zonas forestales del municipio Ocuilan, Estado de México.

Objetivos específicos

- ❖ Desarrollar un marco teórico conceptual en torno al programa Pago por Servicios Ambientales
- ❖ Desarrollar una metodología que nos permita identificar si el programa pago por servicios ambientales ha promovido la reducción, conservación y/o el incremento de las zonas forestales de Ocuilan a través de un análisis espacial

-
- ❖ Analizar los resultados obtenidos del incremento, conservación y/o reducción de las zonas forestales del municipio de Ocuilan
 - ❖ Discutir los resultados de la investigación con los resultados de otras investigaciones similares
 - ❖ Generar conclusiones y recomendaciones de mejora para el programa Pago por Servicios Ambientales

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO – CONCEPTUAL



Figura 1. Pájaro carpintero bellotero

Fuente: Elaboración propia.

CAPÍTULO I Marco teórico-conceptual

1.1 El desarrollo sustentable como base del programa de pago por servicios ambientales

De acuerdo a Perevochtchikova y Tamayo (2012) en 1997 dentro del Protocolo de Kyoto, en la Convención Marco sobre el Cambio Climático de la ONU, además de tocar temas relacionados con los problemas del cambio climático, también se plantearon algunos de los mecanismos que abren el mercado a la captura de carbono, entre otros programas, a través del programa de Pago por Servicios Ambientales (PSA). Y en 2002, durante la Cumbre Mundial sobre el Desarrollo Sostenible en Johannesburgo se expusieron las declaratorias sobre el Desarrollo Sustentable y la erradicación de la pobreza tomando como base la protección y conservación de los recursos naturales; además, se incorporaron algunos de los objetivos de disminución de pobreza en los programas de PSA.

El origen del concepto de desarrollo sustentable tal como se enseña actualmente, puede ubicarse en 1983 cuando la Organización de las Naciones Unidas (ONU) creó la Comisión Sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo, dirigida por Gro Harlem Brundtland, quien fue la primera ministra de Noruega. La Comisión Brundtland, efectuó estudios, análisis, debates y consultas públicas, por todo el mundo durante tres años aproximadamente, finalizando en abril de 1987 con la publicación y divulgación del informe llamado Nuestro Futuro Común mejor conocido como “El Informe Brundtland” (Brundtland, 1987). En dicho informe se define el desarrollo sustentable como “el desarrollo que satisface las necesidades de la generación presente, sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades” (Treviño *et al.*, 2004).

Sin embargo, de acuerdo a Bartolo *et at.* (2011) el desarrollo sustentable es:

“El proceso de cambio continuo de aplicación local, regional o global que responde a objetivos y metas universales de transformación social apropiada, para satisfacer las necesidades de bienes y servicios de una población o conjunto de poblaciones, por tiempo indefinido, sin degradar irreversiblemente la capacidad productiva de la tierra, el patrimonio natural y su habilidad para mantener la población de un lugar”.

Para lograr mantener una mejor calidad de vida para todos los habitantes del medio rural y urbano a través del desarrollo sustentable es necesario considerar componentes interdependientes como lo son el crecimiento económico, el desarrollo social y la protección del medio ambiente. La calidad de vida de los seres humanos depende de todos los aspectos del desarrollo, consecuentemente, es fundamental seguir un planteamiento multidimensional e integral. Por consiguiente, la formulación de estrategias, políticas y una adopción de medidas en los planos microregional, nacional, regional e internacional que deben basarse en un enfoque sumamente integral (Espinoza *et al.*, 1999).

El pago de servicios ambientales en las zonas rurales favorece a la mejora de la calidad de vida y a la superación de dos aspectos considerados como limitantes por la Comisión Brundtland en el logro del desarrollo sustentable: 1) al fomento de nuevas formas de organización social en relación a la conservación, el uso y la valoración de los recursos naturales; y 2) al mejoramiento de la capacidad de la biósfera de soportar los efectos de las actividades humanas, por ejemplo, mediante la conservación y el mejoramiento de los sumideros de gases de efecto invernadero (Espinoza *et al.*, 1999).

Es así que el programa Pago por Servicios Ambientales se desarrolló como una estrategia que considera un enfoque integrado. Este instrumento de política pública ambiental ha sido diseñado para incentivar económicamente la conservación ambiental en las zonas forestales del país con el objetivo de garantizar la recarga de agua en las partes altas de las cuencas y al mismo tiempo mejorar la calidad de vida, así como contribuir a la reducción de la pobreza a través de creación de esquemas de pago a los propietarios de los bosques (Perevochtchikova & Vázquez, 2010).

Al implementar el PSA se contribuye con el cumplimiento de algunos objetivos del desarrollo sustentable, principalmente el uno, que hace mención al fin de la pobreza en todas sus formas en todo el mundo, el seis (garantizar la disponibilidad de agua y su ordenación sostenible, así como el derecho al saneamiento para todos), el ocho (promover el crecimiento económico sostenido, inclusivo y sostenible, el empleo pleno y productivo y el trabajo decente para todos), el trece (adoptar medidas urgentes para combatir el cambio climático y sus efectos) y el quince que habla de proteger, restablecer y promover el uso sustentable de los ecosistemas terrestres, además de ejecutar una ordenación sustentable de los bosques, luchar contra la desertificación, detener y revertir la degradación del suelo y poner freno a la pérdida de la diversidad biológica (ONU, 2018).

El programa PSA promueve acciones integrales para la conservación de los ecosistemas forestales, el fortalecimiento del capital social y el desarrollo económico sustentable, mediante la ejecución de actividades productivas amigables con el ambiente, las cuales procuran en el mediano y largo plazo la generación de los servicios ambientales necesarios para el bienestar de la sociedad y favorecen la adaptación y mitigación de los efectos del cambio climático (CONAFOR, 2022).

En México las áreas forestales se caracterizan, entre otras cosas, por formar parte del modelo de tenencia comunal (aproximadamente el 70% del territorio se encuentra en posesión de ejidos y comunidades), por su alta densidad poblacional, por la pobreza extrema y la marginalidad en que vive la mayoría de sus habitantes. Debido a lo anterior, el PSA es un programa que no solamente tiene una gran importancia en materia ambiental frenando el deterioro, sino también en materia de bienestar, calidad de vida y disminución de la pobreza, esto gracias a los incentivos económicos que brinda (Cisneros *et al.*, 2016).

Por otra parte, las reglas de operación establecen un pago por hectárea para aquellos predios que cumplan con las condiciones de los criterios técnicos del programa, considerándose que esta medida contribuirá "al manejo sustentable y al incremento de la calidad y extensión de los recursos forestales" (Merino, *et al*; 2005).

Es así que el pago por servicios ambientales se articula dentro del modelo de desarrollo sustentable, ya que funciona como un instrumento económico que busca gestionar de manera eficiente los recursos y servicios ambientales buscando que los usuarios hagan uso responsable de los mismos y con ello impulsar la conservación de estos ecosistemas a largo plazo (Blanco, 2009).

1.2 Antecedentes del Pago por Servicios Ambientales

1.2.1 Contexto internacional

A nivel internacional Costa Rica fue precursora en el desarrollo de un programa nacional de Pagos por Servicios Ambientales (PSA) implementado por el Fondo Nacional de Financiamiento Forestal (FONAFIFO); bajo la Ley Forestal de Costa Rica de 1996, los propietarios de predios forestales podían recibir incentivos económicos por los servicios ambientales que suministraban, tales como la mitigación de emisiones de gases de efecto invernadero, la protección del agua y de la biodiversidad al igual que la conservación de la belleza escénica natural; el financiamiento para el programa provenía de: 1. Recursos públicos (impuestos sobre la gasolina y los recursos forestales); 2. Acuerdos con empresas privadas (como Energía Global y la Compañía Nacional de Fuerza y Luz) y 3. Proyectos y mecanismos de mercado (como el Proyecto Ecomercados financiado por el Banco Mundial) (OAS, 2005).

El modelo costarricense representaba el esquema de PSA con mayor tamaño respecto a su economía pues incorporó 770,000 hectáreas entre 1997 y 2010, beneficiando a más de 8 500 familias (Ortiz *et al.*, 2015).

1.2.2 Contexto nacional

El programa de PSA en México se guió y tomó como base el modelo del esquema aplicado en Costa Rica, en México comenzó a diseñarse en el año 2001 cuando el Banco mundial brindó un préstamo al Instituto Nacional de Ecología para diseñar un proyecto piloto, el cual se orientó principalmente a la conservación de los bosques (Ortiz *et al.*, 2015).

Para que el gobierno lograra promover el mecanismo de pago por servicios ambientales en México, desarrolló una estrategia la cual consistió en emprender dos iniciativas las cuales eran desarrolladas a través del Gobierno Federal y la Comisión Nacional Forestal, estas consistían en la implementación de dos programas: el Programa de Servicios Ambientales Hidrológicos (PSAH) a partir de 2003 y el Programa para Desarrollar el Mercado de Servicios Ambientales por Captura de Carbono y los Derivados de la Biodiversidad para

Fomentar el Establecimiento y Mejoramiento de Sistemas Agroforestales (PSA-CABSA) desde el año 2004 (CONANP, 2010). A partir de 2006, los dos programas se fusionaron bajo un solo concepto denominado Servicios Ambientales dentro del programa ProArbol. A partir del año 2007 el presupuesto destinado al Programa de Pago por Servicios Ambientales incrementó cinco veces; en el periodo 2003-2010, la CONAFOR asignó 5,289 millones de pesos bajo el esquema de Servicios Ambientales para la ejecución de 4,646 proyectos de conservación, en una superficie de 2,767,000 hectáreas (CONAFOR, 2010). También apoyó la elaboración de 760 documentos para proyectos (2004 a 2009) con una inversión adicional de 85 millones de pesos, beneficiando así a más de 5,400 ejidos, comunidades y pequeños propietarios en todo el país (CONAFOR, 2011).

En la tabla 1 se muestra un comparativo entre el programa PSA en Costa Rica y México.

Tabla 1. Cuadro comparativo del programa de PSAH en Costa Rica y México.

CONCEPTO	COSTA RICA	MÉXICO
Año de inicio	1996	2003
Objetivos	Disminuir la deforestación: Incentivos económicos a los propietarios del bosque por los servicios ambientales que proveen.	Disminuir la deforestación: propietarios del bosque y de plantaciones, reciben incentivos económicos por los servicios ambientales
Institución responsable	Fondo Nacional de Financiamiento Forestal (FONAFFO)	Comisión Nacional Forestal (CONAFOR)
Modalidades	Protección de bosques, reforestación y sistemas agroforestales.	Modalidad de Servicios Ambientales Hidrológicos. 2004 modalidad Captura de Carbono y derivados de la Biodiversidad 2005 modalidad Servicios Ambientales del Bosque 2006. Cuatro modalidades dentro de PROARBOL: hidrológicos, conservación de la biodiversidad, sistemas agroforestales y proyecto de captura de carbono.
Criterios de elegibilidad	Protección de bosque: mínimo 2 ha, máximo 300 ha Sistemas agroforestales: desde 500 hasta 5000 arboles Reforestación: mínimo 1 ha	Ubicación sobre un acuífero sobreexplotado, cobertura forestal de más del 50%, zona con alto índice de marginalidad y población indígena ubicada dentro de ANP's con alto riesgo de deforestación y marginación.
Propietarios	Personas físicas o jurídicas que cuenten con un título de propiedad.	Ejidos, comunidades y propietarios de predios con bosques o selvas.

Fuente: Elaboración propia con base en Perevochtchikova y Tamayo (2012).

El programa de PSA en México se basó en la experiencia de Costa Rica y en ambos lugares el principal objetivo es reducir la deforestación con ayuda de las instituciones responsables de promover y regular el programa, además, los dos brindan incentivos económicos a los propietarios de terrenos que cuenten con cobertura forestal/vegetal que proporcionen servicios ambientales. Sin embargo, en Costa Rica se cuenta solo con tres modalidades de este programa, en cambio en México se han creado alrededor de cinco modalidades a partir del año 2006; esto es de gran relevancia porque debido a la variabilidad con las que cuenta el PSA, se ha generado mayor interés y por ende, demanda del programa por parte de la población.

Es relevante mencionar que el programa de Pago por Servicios Ambientales en Costa Rica se orienta más a la restauración de zonas degradadas, mientras que, en el caso de México, se orienta más a la conservación de las zonas forestales que aún se encuentran en buen estado.

1.3 ¿Qué son los Servicios ambientales?

De acuerdo a SEMARNAT (2021) los servicios ecosistémicos o ambientales son aquellos beneficios intangibles que la naturaleza y ecosistemas junto con sus procesos ecológicos suministran a los seres vivos y al planeta. Además, la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura FAO (1999), considera que son el motor del medio ambiente y encima fundamentales para la vida.

Estos servicios incluyen la captura de bióxido de carbono de la atmósfera, la captación y purificación del agua de lluvia, la regulación del clima, la regeneración de los ecosistemas, la producción del suelo y su fertilidad, así como la conservación de la biodiversidad, de la cual se obtienen las materias primas utilizadas para alimentos, fibras, madera, productos farmacéuticos y en general, abastecer las actividades productivas (CONABIO, 2006).

SEMARNAT (2021) clasifica los servicios ambientales de la siguiente manera:

1. *Abastecimiento*: Son los bienes materiales que los seres vivos obtenemos de los ecosistemas. Un claro ejemplo de estos es: el agua, los alimentos, medicinas y materias primas. Es evidente que para las poblaciones ya sean de humanos o animales, este tipo de servicios representa su forma de subsistencia, por lo que su valor sería el mayor si los comercializaran.
2. *Regulación*: Para la mayoría de las personas estos servicios pasan por desapercibidos, ya que no son tangibles a diferencia de los anteriores. Sin embargo, somos más conscientes de su existencia cuando nos vemos afectados. Entre los servicios de regulación están el clima y la calidad del aire, el secuestro y almacenamiento de carbono, la moderación de fenómenos naturales, el tratamiento de aguas residuales,

la prevención de la erosión y conservación de la fertilidad de suelos, el control de plagas, la polinización y regulación de los flujos del agua. Cuando estos son fuertemente afectados, las consecuencias son significativas y en algunos casos resulta difícil de reparar.

3. *Apoyo*: En estos servicios se consideran aquellas zonas que son de gran importancia para el desarrollo de la vida de plantas y animales. Además de su gran capacidad para conservar las mismas. Un claro ejemplo de estos servicios son los ecosistemas, los cuales cuentan con una diversidad de hábitats que albergan un número excepcionalmente elevado de especies que los hace más diversos que otros desde el punto de vista genético.
4. *Culturales*: son aquellos beneficios no materiales que las personas obtienen de los ecosistemas. Abarcan la inspiración estética, la identidad cultural, el sentimiento de apego al terruño y la experiencia espiritual relacionada con el entorno natural. En este grupo se incluyen las actividades recreativas y de turismo.

De acuerdo con Gretchen (1997) citado en Villavicencio (2014) los servicios ambientales son:

“Las condiciones y procesos a través de los cuales los ecosistemas y las especies que los componen sostienen y proporcionan beneficios para la vida humana, mantienen la biodiversidad y la producción de los bienes de los ecosistemas, tales como; productos del mar, combustibles orgánicos, fibras naturales, productos farmacéuticos e industriales, procesos de limpieza, reciclaje, regeneración además de sus beneficios intangibles, como son los estéticos y culturales”.

Sin embargo, para Montes (2013) los servicios ambientales son aquellos que “prestan los ecosistemas, biodiversidad, recursos naturales y los componentes de la naturaleza, con o sin la intervención humana, que tienen una funcionalidad positiva en el ambiente y permiten la vida sobre el planeta”. Andino *et al.*, (2006) recalcan que estos servicios son el resultado de las funciones de los ecosistemas.

El concepto de servicios ambientales implica una serie de componentes integrales de los ecosistemas que pueden dar algunos beneficios a la población humana de manera demostrable, lo cual abarca todas las funciones de un ecosistema y en general todos los procesos ecológicos que se van desarrollando dentro del mismo (Latorre *et al.*, 2014). Por ello, muchos expertos mantienen que los servicios ambientales son una de las razones más importantes para conservar los bosques o para administrarlos con más cuidado. Se considera que para distinguir entre los regímenes de administración más sustentables y los regímenes que no lo son, el grado y la calidad en que se mantienen los servicios ambientales forestales son unos de los criterios primordiales (Mancilla & Cortés, 2014).

Boyd y Banzhar (2007) citado en Latorre *et al.* (2014), sugieren definir a los servicios ambientales como “los componentes de la naturaleza que son directamente consumidos, disfrutados y/o que contribuyen al bienestar humano”.

Para Abugattas (2005) citado en Rondón & Reyes (2012) estos servicios son:

“Aquellas actividades generadoras de ingresos relacionados con el cumplimiento de la regulación ambiental, evaluación ambiental, análisis, protección y control de la contaminación, manejo de desperdicios, remedio de daño ambiental y la provisión de recursos naturales tales como agua; además, la implementación de actividades para incrementar la eficiencia de recursos y energía, así como el incremento de la productividad y con ello, el desarrollo sustentable”.

Aquellos servicios ambientales que son producidos por los ecosistemas forestales, influyen directamente en el sustento de la vida, proporcionando beneficios y bienestar para la sociedad y seres vivos en general, ya sea a nivel local, regional o global. Sin embargo, conforme han pasado los años, las diferentes actividades humanas se han ido intensificando, esto ha provocado que los ecosistemas del planeta se vayan deteriorando de manera significativa y acelerada; el crecimiento demográfico y la constante presión al cambio de uso de suelo por diversas actividades económicas han desencadenado procesos de deforestación y degradación de los bosques. Como se sabe, los seres humanos y la calidad de vida depende directa e indirectamente de los servicios ambientales, por lo que si se desea seguir adquiriéndolos es fundamental mantener en buenas condiciones los ecosistemas forestales (CONAFOR, 2011). Gracias a la concientización de la importancia de estos servicios, se ha logrado cambiar la percepción respecto al valor de los ecosistemas forestales y como estos deben ser utilizados, además se han implementado propuestas que buscan poder reducir la deforestación (Pérez *et al.*, 2007).

Con ayuda de los conceptos ya antes mencionados, se puede concluir que los servicios ambientales se vinculan social y ambientalmente: con la población, ya sea la manera en cómo administran los ecosistemas, su funcionamiento o su calidad de vida. Esta relación puede ser directa o indirecta y trae consigo beneficios tanto para la naturaleza como para los seres humanos.

1.4 Concepto de Pago por Servicios Ambientales

El Pago por Servicios Ambientales (PSA) se crea como una herramienta de política pública internacional orientada a minimizar el deterioro, así como para conservar y proteger los ecosistemas naturales a través de la asignación de un valor económico; esta herramienta busca crear un vínculo directo entre todas aquellas personas poseedoras de un predio con ecosistemas que brinden servicios ambientales y los usuarios de los mismos, para que de esta manera se genere un incentivo económico dirigido a los dueños, con esto también se pretende que los propietarios no accedan a otros usos de suelo que pudieran resultar más rentables en

ausencia de estos incentivos. Por ello, se han hecho esfuerzos por incorporar los esquemas de PSA como un componente orientado a reducir la situación de pobreza en la que viven los dueños de los ecosistemas (Ortiz *et al.*, 2015).

Actualmente se destacan cuatro tipos de Pago por Servicios Ambientales con base a Wunder (2006):

1. *Secuestro y almacenamiento de carbono*: cuando una empresa les paga a campesinos por plantar y mantener árboles.
2. *Protección de la biodiversidad*: cuando organizaciones o compañías les pagan a los pobladores locales de una localidad por proteger y restaurar áreas para crear infraestructura como un corredor biológico.
3. *Protección de cuencas hidrográficas*: cuando las poblaciones de aguas abajo pagan a los dueños de fincas aguas arriba por adoptar usos de la tierra que limiten la deforestación, la erosión del suelo, riesgos de inundación, etc.
4. *Belleza escénica*: cuando una agencia de viajes o empresas pagan a las comunidades locales por no cazar en un bosque usado para turismo de observación de la vida silvestre.

De acuerdo a Villavicencio (2009) el Pago por Servicios Ambientales (PSA) es una herramienta de política pública que sirve como una estrategia para mejorar la gestión y manejo de los ecosistemas naturales, usada principalmente en los sistemas forestales o productores de servicios ecosistémicos con el fin de garantizar el mantenimiento y la provisión de servicios ambientales, como lo son: los servicios hidrológicos, captura de carbono, biodiversidad y ecoturismo, entre los más frecuentes.

Mayrand y Paquin (2004) definen al PSA como un “mecanismo que favorece las externalidades positivas gracias a los incentivos económicos que reciben los prestadores de servicios o los gestores de recursos ambientales por parte de los beneficiarios de ciertos servicios ecológicos”; el principio fundamental del PSA es que las personas que proporcionan servicios ambientales a través de sus predios, deben recibir una compensación económica por dicho servicio y quienes se benefician de ellos deben pagar, con lo cual se internalizan dichos beneficios. Por lo que, el enfoque de PSA es similar al principio de “el que contamina, paga” al crear incentivos positivos para la protección ambiental y la conservación.

El PSA busca suscitar la conservación ambiental por medio de incentivos económicos, Perevochtchikova y Tamayo (2012) señalan que tiene como finalidad dar a conocer y promover el valor de los servicios ambientales que proporcionan no solo a los ecosistemas forestales y agroforestales, además, impulsar la creación de mercados de estos servicios a través de diversos programas que han ido evolucionando en la presente década. Estos programas apoyan a comunidades, ejidos, asociaciones y propietarios de terrenos forestales (CONAFOR, 2010).

El programa es reconocido por ser una política pública ambiental de carácter económico que promueve las acciones de conservación, restauración y mantenimiento de los ecosistemas, además de ayudar en los procesos de manejo integral del territorio y dar una solución financiera para traer y sumar recursos al sector ambiental (CONAFOR, 2019).

En este trabajo de investigación se tomará en cuenta el concepto propuesto por la CONAFOR, ya que este es el principal órgano regulador en materia forestal y su objetivo principal es *“desarrollar, favorecer e impulsar las actividades productivas, de conservación y restauración en materia forestal, así como participar en la formulación de los planes, programas y en la aplicación de la política de desarrollo forestal sustentable en México”* (CONAFOR, 2001).

De acuerdo con CONAFOR (2010) el programa PSA tiene la finalidad de que los dueños de terrenos forestales, ya sean ejidos, comunidades o pequeños propietarios, reconozcan el valor de los servicios ambientales que proporcionan sus predios; el programa apoya económicamente a los propietarios con el fin de que realicen acciones de conservación y de manejo integral de sus recursos forestales.

Como se mencionó anteriormente, el argumento del programa PSA es que toda persona que tenga un predio y proporcione servicios ambientales debería ser compensado económicamente, mientras que aquellos que los adquieren deberían pagar por ellos; habitualmente los que hacen uso de la tierra no reciben una compensación por los servicios ambientales que sus tierras proporcionan, por esta razón no son considerados al tomar decisiones acerca del uso de la tierra, lo que genera menos probabilidades de que estas personas adopten prácticas agroecologías sustentables que generen beneficios para conservar los ecosistemas. En cambio, al compensarlos por los servicios ambientales que su tierra suministra, es más probable que escojan un uso sustentable de la tierra (OAS, 2005).

1.5 Características y descripción del programa de Pago por Servicios Ambientales (PSA)

El PSA se genera dentro de un acuerdo negociado y voluntario; esto reconoce que los principales proveedores de servicio ambientales (SA) tienen opciones reales de uso de la tierra (Wunder, 2006). De acuerdo con CONAFOR (2011), estos programas se basan en ventajas y acuerdos mutuos de las personas participantes; todos los usuarios de los servicios ambientales (pueden ser comunidades, organismos operadores de agua, industrias, etc.) están dispuestos a pagar para continuar adquiriéndolos, mientras que los proveedores (los dueños de los predios forestales) están dispuestos a realizar las acciones necesarias para mantener, conservar o mejorar su suministro a cambio del incentivo económico recibido.

En la figura 2 se muestra que en los PSA hay tres principales tipos de actores: 1. Beneficiarios (los que reciben recurso monetario por preservar y proveer de SA); 2. Usuarios (los que se

benefician de los SA) y 3. Intermediarios (los que realizan funciones de asistencia técnica, certificación, gestión de fondos y control, entre otras) (Perevochtchikova y Tamayo, 2012).

Figura 2. Tipos de actores

Beneficiarios	Usuarios	Intermediarios
<ul style="list-style-type: none">• Reciben un incentivo económico por preservar y proveer Servicios Ambientales	<ul style="list-style-type: none">• Se benefician de los Servicios Ambientales	<ul style="list-style-type: none">• Realizan algunas funciones de asistencia técnica, certificación, gestión de fondos y control.

Fuente: Elaboración propia con base en Perevochtchikova y Tamayo (2012).

Los beneficiarios pueden ser comunidades, grupos étnicos, propietarios o poseedores de recursos forestales, instituciones públicas (Gómez, 2008) y las asociaciones que se formen entre sí, que reciben los pagos del Programa (SEMARNAT, 2001).

Los usuarios externos del servicio, en ocasiones compensan a los regentes locales (beneficiarios del programa) por el servicio que brindan y para garantizar que los servicios ambientales sigan generándose en el futuro (Sarmiento, 2011). Un ejemplo de esto es cuando se visita un Área Natural Protegida (ANP) en donde se paga por ingresar este tipo de lugares.

Los intermediarios son empresas privadas, conservacionistas o asesores técnicos quienes ofrecen sus servicios a los dueños y poseedores de terrenos forestales (beneficiarios) para que mejoren sus prácticas de manejo y, por ende, la calidad de los servicios que se quieren mantener (Herbert *et al.*, 2010).

Las partes interesadas pueden apoyar a esta política ambiental a través de los siguientes mecanismos: depósito en el Fondo Forestal Mexicano, el pago directo a los proveedores de servicios ambientales o mediante depósito en un fideicomiso local (CONAFOR, 2011).

El Pago por Servicios Ambientales (PSA) fue creado como una herramienta de política pública de carácter económico que apoya en el capital de los propietarios de los terrenos forestales donde se generan servicios ambientales, esto con la finalidad de recompensar por los gastos que generan su conservación y por la realización prácticas de buen manejo del predio, por ejemplo, las reforestaciones, la implementación de brechas corta fuego e incluso el control de plagas (CONAFOR, 2011).

La idea central del PSA es que los beneficiarios externos de los servicios ambientales paguen de manera directa, estipulada y condicionada a los propietarios y usuarios locales por adoptar prácticas que aseguren la conservación, el mantenimiento y la restauración de sistemas naturales (Wunder, 2006).

Actualmente los objetivos del programa de PSA se han actualizado. En primer lugar, se considera el aspecto social y se enfoca en los siguientes aspectos: 1) reducir el índice de pobreza principalmente en zonas forestales a través de la capacitación de un manejo y uso apropiado de los recursos naturales; 2) ayudar a producir el desarrollo y expansión económica, a partir de la valoración, la conservación y el aprovechamiento sustentable de los recursos forestales y 3) impulsar la planeación y organización de gestión forestal para incrementar la producción y productividad de los recursos forestales, su conservación y restauración, así como elevar el nivel de competitividad del sector y con ello contribuir a mejorar la calidad de vida de los mexicanos (Perevochtchikova y Tamayo, 2012). En la tabla 2 se muestran los criterios necesarios para el funcionamiento del mercado de pagos por servicios ambientales.

Tabla 2. Criterios que ha de cumplir un mercado de pagos por servicios ambientales

CRITERIO	OBSERVACIÓN	EJEMPLOS
Transacción voluntaria	Reconocer entre acuerdo voluntariamente negociado y opción impuesta. Posibles altos costes de transacción	Ceder una propiedad forestal de forma voluntaria (cambio de propietario)
Servicio ambiental (o uso del territorio que ofrezca ese servicio) bien definido	Además de bien definido, el servicio ambiental debe ser medible y adicional. Establecer la situación ambiental de partida sobre la que se adiciona el servicio	Mantenimiento de cobertura forestal (restricción de su uso) para protección de cuencas hidrológicas. Plantación forestal dedicada a fijación de carbono (aumento de capital natural).
Comprado por (al menos) un usuario	El comprador es el beneficiario del servicio y debe de monitorear el cumplimiento del acuerdo (servicio)	Pago basado en el área forestal mantenida (zona protegida; canje de deuda por naturaleza). Pago basado en producto (caucho de bosque natural...)
Vendido por (al menos) un proveedor	Necesidad de garantías jurídicas suficientes. Derechos de propiedad bien definidos. Posible riesgo de chantaje ambiental.	Propietario privado que renuncia a opción de deforestar para plantar. Colectivo de pequeños propietarios que se comprometen a mantener setos y bosques de galería.

CRITERIO	OBSERVACIÓN	EJEMPLOS
El proveedor asegura la continuidad del servicio ambiental (cláusula de condicionalidad)	Posibilidad de ruptura del acuerdo bajo condiciones previamente establecidas. Riesgo de fuga (un servicio ambiental ofrecido por una zona puede conllevar la pérdida de un servicio similar en otra zona).	Mantenimiento de la plantación bajo plan de manejo sostenible a largo plazo. Contrato de gestión ambiental de una propiedad a perpetuidad.

Fuente: Elaboración propia con base en Pérez *et al.* (2007).

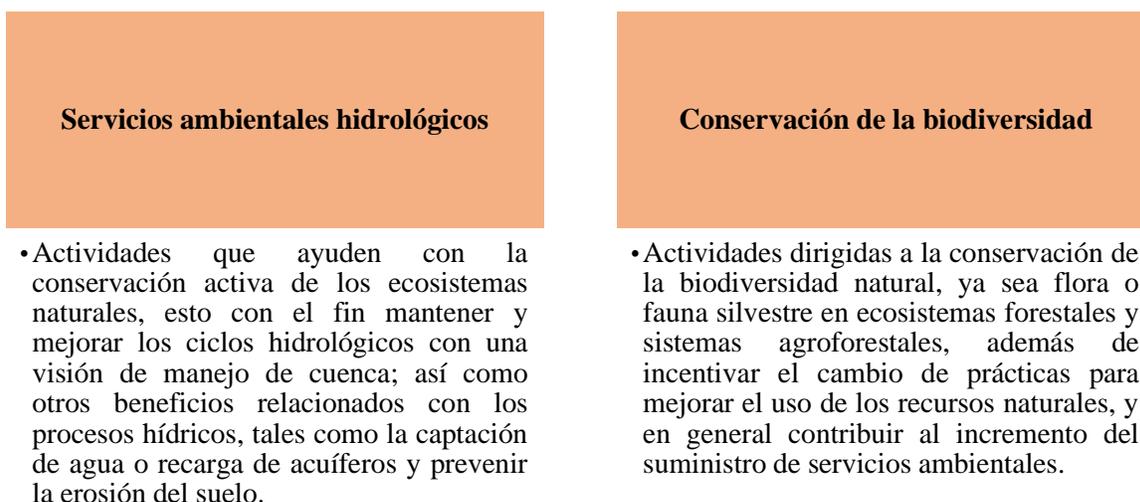
La tabla nos permite visualizar cinco criterios que ha de cumplir un mercado de pago por servicios ambientales de los bosques, así como las dificultades para su expansión y ejemplos de cada criterio. Como se puede observar, las actividades a realizar son muy específicas y de no ser realizadas se pueden tener algunas implicaciones.

1.6 Programa de Pago por servicios ambientales de la CONAFOR

De acuerdo al programa nacional forestal PRONAFOR (2017) el programa Pago por Servicios Ambientales, promete incentivos económicos dirigidos principalmente a la población dueña y poseedora de predios forestales que brindan beneficios a las personas, estos predios reciben el nombre de ecosistemas forestales y dichos beneficios son reconocidos como servicios ambientales, tales como la captación de agua, el mantenimiento y conservación de la biodiversidad, la captura y conservación del carbono, los cuales contribuyen al mejoramiento de la calidad de vida de la población y al desarrollo de actividades productivas.

Dentro de este programa hay dos modalidades, las cuales se pueden observar en la figura 3.

Figura 3. Modalidades del PSA



Fuente: PRONAFOR (2017).

Mecanismos Locales de PSA a través de Fondos Concurrentes

Este concepto tiene por objetivo unir los recursos financieros y operativos de la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR) y de las partes interesadas para incentivar la creación y fortalecimiento de Mecanismos Locales de Pago por Servicios Ambientales (MLPSA), suscitando la contribución de instituciones de los tres órdenes de gobierno, organizaciones del sector privado y la sociedad civil (PRONAFOR, 2017).

Población objetivo

La población objetivo, se divide en aquellas que participan en el PSA o en los Mecanismos Locales de Pago por Servicios Ambientales a través de Fondos Concurrentes (figura 4).

Figura 4. Población objetivo de acuerdo a su participación

POBLACIÓN OBJETIVO

PSA

Son aquellas personas propietarias o poseedoras de terrenos forestales, definidos como elegibles, cuyos predios mantienen una cobertura forestal en buen estado de conservación, incluyendo a los que tienen aprovechamiento forestal autorizado por la SEMARNAT.

Mecanismos Locales de Pago por Servicios Ambientales a través de Fondos Concurrentes

Son aquellas personas consumidoras de los servicios ambientales que están interesadas en participar en la creación o refuerzo de Mecanismos Locales de Pago por Servicios Ambientales, mediante la aportación de recursos económicos y operativos para beneficiar a los dueños o poseedores de predios forestales proveedores de servicios ambientales.

Fuente: PRONAFOR (2017).

La diferencia entre ambas poblaciones es que mientras los participantes del PSA son poseedores de predios que brindan beneficios ecosistémicos, los participantes de los mecanismos locales de PSA son usuarios de estos servicios ambientales y son quienes ayudan económicamente a los propietarios de los predios.

Existe una serie de criterios específicos de selección para el programa Pago por Servicios Ambientales (figura 5).

Figura 5. Criterios específicos de selección para el programa Pago por Servicios Ambientales

a) Cuando se trate de agrupaciones el área mínima debe ser de 20 hectáreas y máximo de 200 hectáreas por integrante; a excepción de personas solicitantes que cuenten con un sistema agroforestal con cultivo bajo sombra, ésta podrá ser menor a las 20 hectáreas.

b) No se aprobarán solicitudes de personas físicas en posesión de fracciones que pertenecen a un mismo título u otro documento legal de propiedad.

c) Para las tierras de uso común pertenecientes a ejidos o comunidades, únicamente podrán ser sujetos de apoyo los núcleos ejidales o comunales.

d) No son susceptibles de apoyo las personas beneficiarias vigentes del Pago por de Servicios Ambientales, que hayan obtenido el o los apoyos por Reglas de Operación, excepto personas beneficiarias de los Mecanismos Locales de Pago por Servicios Ambientales a través de Fondos Concurrentes, siempre y cuando el área propuesta sea diferente.

e) El área propuesta deberá estar formada como máximo por cuatro polígonos, excepto agrupación y sistemas agroforestales.

f) Cumplir los criterios con respecto a la cobertura forestal y estado de conservación.

Fuente: PRONAFOR (2017).

El predio que participe en el programa PSA necesita tener un buen estado de conservación en sus ecosistemas forestales, además las condiciones deben ser de alto nivel ambiental.

Para la región Norte-Centro según la clasificación de áreas elegibles, el polígono propuesto para el pago deberá tener una cobertura forestal arbórea igual o mayor al 50%, que es donde se sitúa la zona de estudio.

Es fundamental mencionar que se realiza una evaluación de las solicitudes, la CONAFOR determina de acuerdo a la ubicación del área propuesta, el área de pago diferenciado y la modalidad de apoyo a la cual pertenece.

Requisitos y formas de pago:

“Se asignará un apoyo por 5 años consecutivos, sujetos a verificaciones anuales”. En la tabla 3 se pueden analizar los procesos que las personas beneficiarias necesitan realizar para obtener los pagos.

Tabla 3. Requisitos para obtener pagos

PARA OBTENER EL PRIMER PAGO DEL APOYO.	PARA OBTENER EL SEGUNDO PAGO DEL APOYO.	PARA OBTENER EL TERCER, CUARTO Y QUINTO PAGO DEL APOYO.
<p>a) Firmar el convenio de concertación en los términos que hacen referencia a las Reglas de Operación y el plano que identifique al área beneficiada. Los pagos son proporcionales al 20% anual durante la vigencia del apoyo</p> <p>b) Con dicho pago debe dar cumplimiento a las condiciones obligatorias y elegibles que hacen referencia su Guía de Mejores Prácticas de Manejo (GMPM) autorizada.</p>	<p>a) Entregar el formato de GMPM, del área de pago aprobada, en un plazo no mayor a cuatro meses a partir de la firma del convenio de concertación. Dicha GMPM puede contener actividades de conservación, protección y restauración; así como de manejo forestal sustentable, industria, proyectos productivos sustentables, etc.</p> <p>b) Es obligación de las personas beneficiarias y asesores técnicos asistir a un taller de orientación que convoca la CONAFOR, a fin de identificar en conjunto las actividades a realizar por medio de la GMPM, mismas que deben cubrir un monto mínimo del recurso total asignado de acuerdo a su área de pago.</p> <p>c) Para el caso de núcleos agrarios, deben entregar copia del acta de asamblea donde manifiesten la cantidad y el uso que le dieron a los recursos por los cuales fueron beneficiados.</p> <p>d) Entregar un Informe anual de las actividades realizadas, este debe ser entregado a más tardar en el mes de julio del año siguiente.</p> <p>e) Contar con una resolución técnica positiva de la</p>	<p>a) Para el caso de núcleos agrarios, se entrega una copia del acta de asamblea donde manifieste la cantidad y el uso que les dieron a los recursos por los cuales fueron beneficiados.</p> <p>b) Entregar a más a tardar en el mes de julio de la anualidad correspondiente, un Informe anual de las actividades.</p> <p>c) Para el tercer pago, las personas que fueron beneficiadas en ejercicios fiscales anteriores y hayan concluido su apoyo en ejecución, deben acreditar algunas de las siguientes condicionantes: autorización de un Programa de Manejo Forestal Maderable (PMFM) o No Maderable (PMFNM); registro de un Área Destinada Voluntariamente a la Conservación (ADVC), destinar un área para reforestación con fines de restauración igual o mayor a 5 hectáreas, proyecto productivo sustentable. Lo anterior no debe contravenir la normatividad vigente en</p>

	<p>supervisión realizada por la CONAFOR.</p> <p>f) El pago de la CONAFOR será a reserva del cumplimiento de la persona beneficiaria y estará sujeto a disponibilidad presupuestal</p>	<p>caso de ubicarse dentro de un ANP</p> <p>d) Contar con una resolución técnica positiva de la supervisión realizada por la CONAFOR.</p> <p>e) El pago de la CONAFOR es a reserva del cumplimiento de la persona beneficiaria y está sujeto a disponibilidad presupuestal.</p>
--	---	---

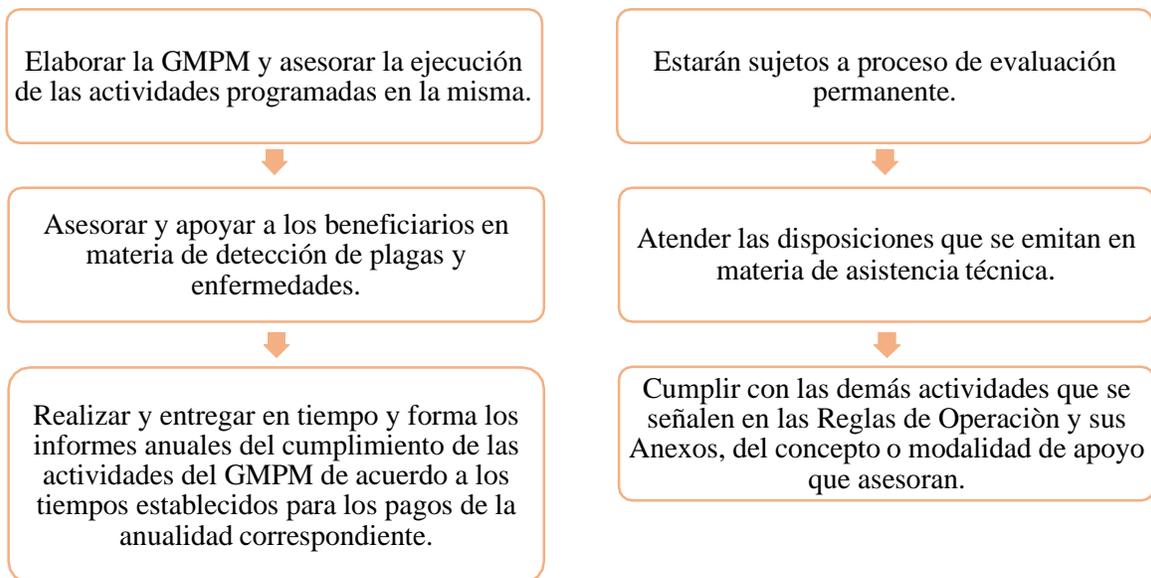
Fuente: PRONAFOR (2017).

Es primordial considerar que durante la participación dentro del programa no se debe realizar un cambio de uso de suelo en el área apoyada, de ser así el beneficiario no obtendrá todos los pagos.

La supervisión del predio es anual mediante visitas de campo o herramientas tecnológicas disponibles, como análisis de imágenes de satélite, esto con el fin de documentar el cumplimiento de los compromisos. Los pagos a las personas proveedoras de los servicios ambientales están sujetos a los resultados de la supervisión la cual es obligación de la CONAFOR.

Cabe resaltar que los asesores técnicos deben cumplir con lo mencionado en la figura 6.

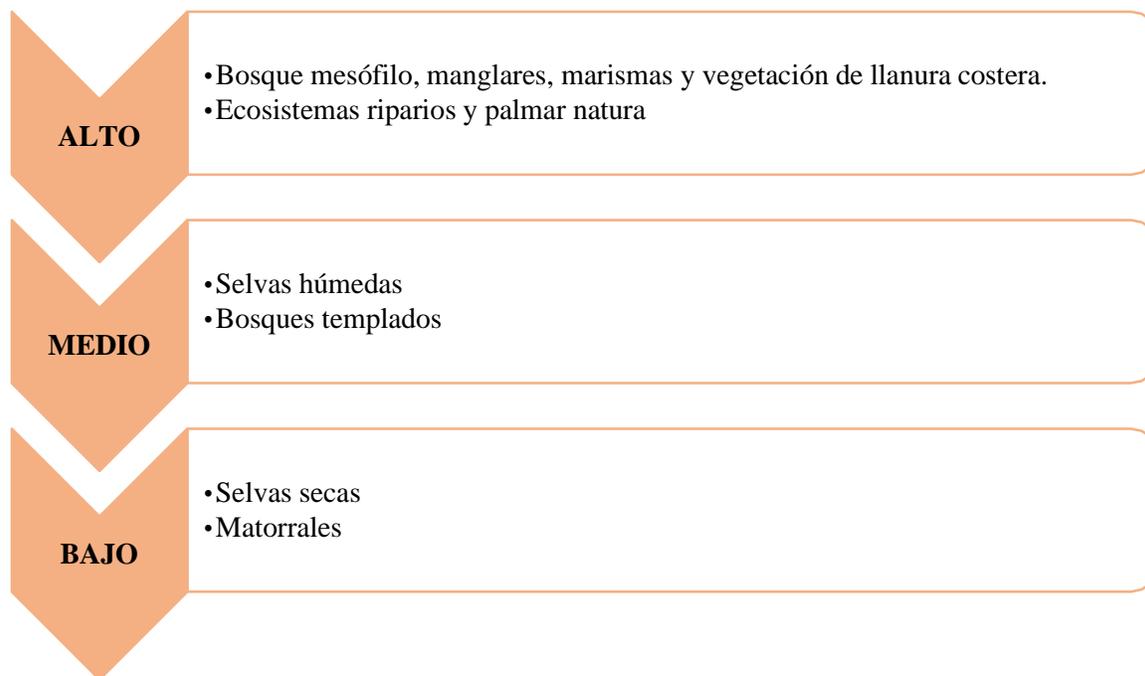
Figura 6. Labores de los asesores



Fuente: PRONAFOR (2017).

La aportación económica de la CONAFOR se determina de acuerdo al tipo de ecosistema en donde se ubique el área propuesta. En la figura 7 se puede identificar nivel del monto a pagar conforme al tipo de ecosistema.

Figura 7. Monto por tipo de ecosistema



Fuente: PRONAFOR (2017).

Se puede identificar que mientras el predio tenga ecosistemas como: bosque mesófilo, manglares, marismas, vegetación de llanura costera o ecosistemas riparios y palmar natural, podrá obtener el monto más alto otorgado por la CONAFOR; sin embargo, si el predio tiene ecosistemas de selvas secas o matorrales, el monto será el más bajo.

1.7 Marco Legal que regula el funcionamiento del programa Pago por Servicios Ambientales

En el marco legal aplicable para el funcionamiento del programa PSA, se tomaron en cuenta tres ámbitos: el ámbito internacional, el ámbito nacional y el ámbito estatal (ver tabla 4). Cabe destacar que los tres ámbitos son importantes para su regulación y funcionamiento.

Dentro del ámbito internacional se pudieron identificar los Objetivos de Desarrollo Sostenible de la Agenda 2030 (ODS), ya que el programa PSA influyen fuertemente en el alcance de cinco de los objetivos planteados, el ODS 1, ODS 6, ODS 8, ODS 10, ODS 15).

También se consideraron otros instrumentos internacionales son el Protocolo de Kioto, el Tratado de Libre Comercio de América del Norte y el Convenio sobre la Diversidad Biológica (CDB).

Para el ámbito nacional se encuentra la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, específicamente el Artículo 27, la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente, la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable y su reglamento, la Ley Agraria, la Ley de Aguas Nacionales y la Ley General de la Vida Silvestre.

En el ámbito Estatal, las Reglas de Operación (RO) del Programa Nacional Forestal (2001-2006) y el Programa Estratégico Forestal para México (2001 -2025).

Tabla 4. Cuadro Marco Legal para el regular el programa Pago por Servicios Ambientales

ÁMBITO	NOMBRE DE LA LEY O REGLAMENTO	VINCULACIÓN CON EL PSA
Internacional	ODS Agenda 2030	Ayuda a alcanzar varias de las metas propuestas en estos ODS.
	Convención Marco sobre el Cambio Climático, Protocolo de Kioto	Compromiso de participar en mejora de factores en la emisión de gases de efecto invernadero. Apoyo para programas de conservación, aprovechamiento sustentable de recursos naturales, y para el Mecanismo de Desarrollo Limpio
	Tratado de Libre Comercio de América del Norte	Provee disposiciones protectoras de los derechos de propiedad necesarios para el pago por biodiversidad.
	Convenio sobre la Diversidad Biológica (CDB)	Compromiso de conservar y utilizar de manera sustentable, la diversidad biológica, desarrollando programas gubernamentales propios.
Nacional	Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, Artículo 27	Protección del patrimonio de recursos naturales y servicios ambientales. Interés público como fundamento de subsidios, incentivos y transferencias financieras (DOF, 2021).
	Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente	En el apartado de instrumentos económicos prevé el pago, los incentivos y la formación de instrumentos de mercado. (Sin embargo, sigue sin reglamentación de lo mismo) (DOF, 2016).

	Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable y su reglamento	Con los programas de manejo, establece las bases de evaluación y monitoreo para el pago de estrategias de PSA. Contiene limitaciones a la posibilidad de canalizar recursos al mejoramiento del bosque. (DOF, 2018) (DOF, 2020)
	Ley Agraria	Posibilita la orientación de inversiones para empresas productoras de servicios ambientales (DOF, 2022).
	Ley de Aguas Nacionales	Contiene la figura de “consejos de cuencas” como espacio de concertación y gestión de PSA en cuencas (DOF, 1992).
	Ley General de la Vida Silvestre	Promueve el aprovechamiento económico de especies de flora y fauna (DOF, 2021).
Local	Reglas de Operación (RO)	Se actualizan anualmente y son lineamientos para cada uno de los conceptos que comprende el programa PROARBOL, entre ellos el Programa de Pago por Servicios Ambientales Hidrológicos (Rosa y Kandel, 2002; Perevochtchikova y Tamayo, 2012).
	2001- 2006 Programa Nacional Forestal y 2001 -2025 Programa Estratégico Forestal para México	Ambos poseen los lineamientos bajo los cuales se desarrolla el programa Pago por Servicios Ambientales en México (Rosa y Kandel, 2002; Perevochtchikova y Tamayo, 2012)

Fuente: Elaboración propia con base en Rosa y Kandel (2002); Perevochtchikova y Tamayo (2012).

Como se puede observar en México existe una gran variedad de instrumentos regulatorios en materia ambiental con gran vinculación al programa PSA; sin embargo, el municipio de Ocuilán no cuenta con un documento interno para la regulación de materia ambiental.

1.8 Casos de estudio

1.8.1 Casos a nivel internacional

Pago por servicios ambientales en el sector del agua: el Fondo para la Protección de Agua

En Ecuador, Chafla y Cerón (2016) mencionan al Fondo de Agua (FONAG) como un caso exitoso de la aplicación de PSA; el FONAG ha contribuido considerablemente a la conservación de los ecosistemas y zonas de recarga de agua de la Ciudad de Quito, lo cual refuerza la importancia del PSA como mecanismo viable para la protección del medio ambiente, y en este caso, de las zonas de recarga de agua. El establecimiento de Fondos de

Agua a través de fondos de inversión (fideicomisos) demostró ser una elección recomendable para la sustentabilidad y el mantenimiento de los programas a largo plazo.

Es importante señalar que la experiencia en Ecuador respecto a la implementación del PSA ha sido positiva, a tal nivel que hasta la fecha han llegado a desarrollarse alrededor de 12 iniciativas. Aunque cada una tiene sus objetivos y metas particulares que dependen de su contexto, tienen en común los elementos significativos del FONAG como invertir en la conservación de cuencas hidrográficas para mejorar o mantener los beneficios proporcionados por el agua y regular los riesgos relacionados con esta.

Figura 8. Pululahua, Cerro el chivo. Ciudad de Quito, Ecuador



Fuente: Blog (2019).

Determinación de la disposición a pagar por el servicio ambiental protección de los recursos hídricos en el estado Táchira, Venezuela

Pérez *et al.* (2009) mencionan que debido a la afectación de las cuencas de Táchira, se buscó valorar los beneficios derivados de la protección del recurso hídrico a través de la aplicación del método de valoración contingente con una encuesta, la muestra tenía un tamaño de 806 individuos de una población de 90,806 personas; esta investigación manifiesta la posibilidad económica del manejo y gestión de servicios ambientales en Venezuela, ya que expone la disposición que tuvieron los usuarios de agua para pagar.

De acuerdo a los resultados obtenidos, se demuestra que la implementación del pago de servicios ambientales podría generar recursos para conservación que varían entre 100,000 a 172,458 bolívares $\text{ha}^{-1}\text{año}^{-1}$, monto muy superior al obtenido actualmente por decreto y al utilizado en otras experiencias en América Latina.

Figura 9. Represa Uribante Caparo



Fuente: Baker80 (2020).

Proyecto de Carbono Suruí. Estados de Rondônia y Mato Grosso, Brasil.

Este territorio se encontraba en gran amenaza por la deforestación debido a la tala ilegal y el acaparamiento de tierra. Por lo que el grupo étnico Suruí decidió buscar la forma de desarrollar actividades de protección, supervisión y mejora de la capacidad local a través de pagos por servicios ambientales, especialmente con la venta de créditos de carbono que surgió como una alternativa nueva, esta tiene como principal objetivo contribuir para la implantación del Plan de Vida del pueblo Paiter Suruí. Algunas de las formas de compensación de carbono en estas tierras indígenas y de gran cobertura forestal son: la reducción de emisiones de carbono evitando la deforestación y la degradación forestal (Santay, 2012).

El proyecto fue implementado por la Asociación Metareilá en representación del Pueblo Paiter Suruí y es apoyado por una serie de organizaciones ambientales e indígenas. Cabe resaltar que el área cubierta por el proyecto es de 247,845 hectáreas (Gálmez, 2013).

Figura 10. Lago del estado de Rondônia



Fuente: Brasil (2022).

1.8.2 Casos a nivel nacional

Secuestro de Carbono y Pago por Servicios Ambientales en la Sierra Gorda, Querétaro

Santay (2012) menciona que la mayoría de la población en la Sierra Gorda de Querétaro vive en pobreza extrema, lo cual ejerce presión sobre los recursos naturales de la Reserva principalmente en los bosques. Con el programa de Compensación y Pago por Servicios Ambientales, Sierra Gorda prueba frenar esa presión al ofrecer incentivos económicos a propietarios de los bosques a cambio de su conservación, intentando alargar la vida de dichas zonas para las generaciones futuras y contribuir al mejoramiento de la calidad de vida.

La Alianza por la Conservación de la Sierra Gorda fue pionera en entrar en el mercado de servicios ambientales, empezando su primer convenio de bonos de carbono con la Fundación Naciones Unidas. La Alianza encabezada por la organización Bosque Sustentable ha registrado y retirado bonos de carbono de parte de más de 12 organizaciones y corporaciones, pagando a más de 60 pequeños propietarios, ejidatarios y comuneros por sus actividades de reforestación para el secuestro de carbono (GESG, s.f.).

CONAFOR (2011) considera a la Reserva de la Biosfera de la Sierra Gorda (RBSG) como un lugar prioritario para la conservación, ya que tiene 11 zonas núcleo y una zona de amortiguamiento. Desde el 2009, con ayuda de PSA se han desarrollado actividades que han ayudado a mejorar la calidad ambiental de los bosques, además de contribuir en la recuperación de cobertura forestal, proveer la captación de agua y secuestro de carbono, también se diseñaron dos protocolos para proyectos de temática forestal: el primero de ellos está reservado para actividades de reforestación, se le conoce con el nombre de “Carbono Premium” y el segundo es para áreas que buscan una regeneración natural, llamado “Carbono Solidario”. La finalidad de estos proyectos es comercializar los créditos de carbono generados y generar un ingreso extra para la población.

Además, Bosque Sustentable ha orientado a propietarios locales para que puedan participar en los programas de pagos por servicios ambientales de la CONAFOR por servicios de biodiversidad y protección hidrológica, dando como resultado la conservación de sus zonas forestales (Santay, 2012).

Figura 11. Vista panorámica de la Reserva de la Biosfera de la Sierra Gorda, Querétaro



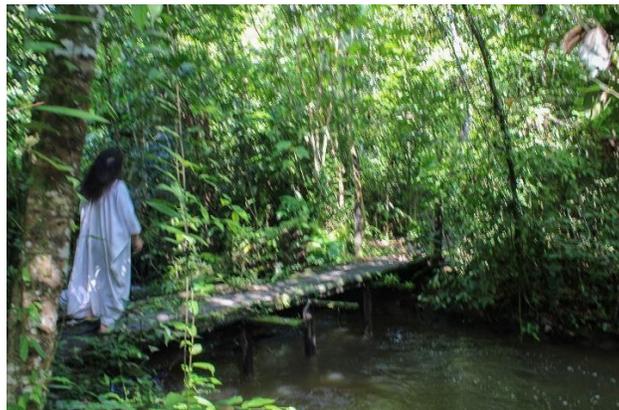
Fuente: MX/CITY (s.f.).

El PSA en Marqués de Comillas

La aplicación de PSA en los ejidos de la región Marqués de Comillas comenzó en el año 2007. Actualmente la mayor parte de la superficie forestal del municipio se encuentra conservada mediante mecanismos de PSA, principalmente porque los apoyos económicos otorgados por la CONAFOR aumentaron debido a que el apoyo inicial era inferior que el de otros apoyos orientados a actividades agropecuarias como PROGAN y PROCAMPO. El PSA ha apoyado en toda la región a más de 15,000.00 hectáreas de selva tropical (AMBIO, s.f.; Cisneros *et al.*, 2016)

El PSA ha contribuido a mejorar la calidad de vida de los propietarios y ha ayudado a detener la degradación y pérdida de vegetación nativa que enfrentaba el municipio. En esta región el PSA ha resultado ser un instrumento efectivo para ralentizar la tasa de deforestación y salvaguardar los recursos naturales.

Figura 12. Selva Lacandona



Fuente: Elaboración propia

Pago por servicios ambientales hidrológicos y dinámica de la cobertura arbórea en la región Iztaccíhuatl-Popocatepetl, Puebla, México

En el estudio de Mora *et al.* (2019) evaluaron el impacto del programa de PSAH en la dinámica de la cobertura arbórea en seis ejidos de la región Iztaccíhuatl-Popocatepetl (Puebla), en dicha región predominan el bosque de pino, bosque de pino-encino y bosque de oyamel. Para la investigación utilizaron imágenes Quickbird y se realizó una clasificación supervisada, donde se analizaron dos años diferentes el 2003 que corresponde al año en que iniciaron con el programa y el 2009 que corresponde a dos años después de que finalizó el programa.

Los resultados indicaron que el Programa PSAH tuvo un efecto positivo parcial sobre la transformación de la cobertura forestal, ya que en cuatro de los seis ejidos analizados se generó un aumento en superficie arbolada. De acuerdo a la investigación, la pérdida de cobertura arbórea en dos ejidos indica que hay factores locales que inciden negativamente en el cumplimiento del objetivo del Programa.

Figura 13. Región Iztaccíhuatl-Popocatepetl, Puebla, México



Fuente: Wikipedia, (2019)

La experiencia en la Reserva de la Biosfera Mariposa Monarca y su fondo patrimonial

De acuerdo a CONAFOR (2011) el mecanismo del Fondo Monarca es un ejemplo de un caso de éxito nacional, ya que ha logrado avanzar como instrumento de política pública financiero preciso, ha logrado unir esfuerzos de organizaciones civiles nacionales y extranjeras, instancias del gobierno federal y estatal, además de poseedores y dueños de importantes zonas forestales.

Entre los años 2000 y 2008 el Fondo Monarca apoyó a los dueños de los bosques con un monto de 23 millones de pesos (SEMARNAT, 2012). Posteriormente de 2009 a 2018, la CONAFOR se unió a este esfuerzo de conservación mediante la creación de mecanismos locales de pago por servicios ambientales a través de fondos concurrentes, lo que implica que el Fondo Monarca aportará un total estimado de 33.9 millones y la CONAFOR 27.9 millones, dando una bolsa total de más de 61 millones de pesos que se destinarán a 38 propietarios de la zona núcleo de manera directa por un periodo de 10 años (CONAFOR, 2011).

Debido a lo mencionado anteriormente, se logró observar una significativa reducción de la deforestación en la zona núcleo, con ello se pudo mantener la existencia de diversas especies de flora y fauna, el mantenimiento de procesos hidrológicos como la captación y recarga de agua en las partes altas del sistema Cutzamala, además de ser el sitio de hibernación de la mariposa monarca.

Figura 14. Santuario de la mariposa Monarca, Michoacán



Fuente: Arnold (2018).

Pago por servicios ambientales hidrológicos en la Cuenca del alto Nazas, Durango.

Este proyecto surge a partir del deterioro de la cuenca Nazas, el cual fue afectando el descenso de los escurrimientos y la calidad del agua para los habitantes de la región. Esta zona (la sierra de Durango) es de gran importancia, ya que es la responsable de la captación y recarga de agua para la satisfacción agropecuaria, doméstica e industrial en la Comarca Lagunera. En esta zona confluyen dos vertientes de los Ríos Nazas y Aguanaval, y se caracteriza por las 13 presas que se localizan dentro de la región (CONAFOR, 2011)

La CONAGUA a través de la Comisión de Cuenca Nazas Aguanaval impulsó la participación ciudadana para resolver esta problemática creando un mecanismo voluntario de pago por servicios ambientales, cabe resaltar que tiempo después la CONAFOR se incorporó al proyecto. Gracias a ello se crearon trabajos de conservación en una superficie de 8,622 hectáreas (SEMARNAT, 2012).

Figura 15. Cuenca alta del rio Nazas



Fuente: TORREÓN (2015).

1.8.3 Casos a nivel local

El pago por servicios ambientales en la Cuenca de Amanalco, Valle de Bravo

Bonfil y Madrid (2006) señalan que el proyecto de Pago por Servicios Ambientales en la Cuenca Amanalco-Valle de Bravo se crea a partir de una asociación civil formada por habitantes y visitantes de fin de semana de Valle de Bravo; el Fondo Pro Cuenca Valle de Bravo, A. C. (FPCVB), mostro principal interés por el deterioro en la economía y la capacidad para generar agua de la cuenca.

El estudio de caso presenta la factibilidad de implementar el PSAH dentro de la Cuenca de Valle de Bravo, concluye que implementar el programa PSA generaría un éxito y sería de gran ayuda para continuar con el historial de la conservación en México; sin embargo, es necesario hacer estudios adicionales a los que ya existen de la zona, por ejemplo, una evaluación de la oferta del servicio ambiental que se quiere pagar debe ser precisa y se tienen que diferenciar los distintos tipos de vegetación y generar una valoración económica adecuada al servicio. Teniendo en cuenta ambos factores, la cantidad y el valor del servicio en los distintos tipos de ecosistemas, se definirá una propuesta inicial del monto a pagar en la cuenca media y alta de Valle de Bravo.

Figura 16. Parque ecoturístico Corral de Piedra, Amanalco, Valle de Bravo



Fuente: MX/CITY (2020).

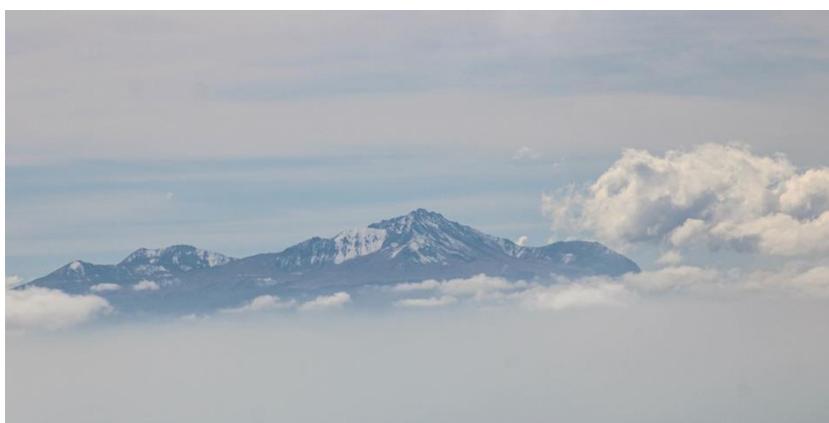
Pago por servicios ambientales hidrológicos: caso de estudio Parque Nacional del Nevado de Toluca, México

En un estudio de Brunett *et al.* (2010) se estimó la disposición a pagar haciendo una encuesta en una muestra de usuarios del Valle de Toluca en el marco de un programa de Pago por Servicios Ambientales Hidrológicos. Los resultados mostraron que los usuarios dispuestos a pagar rebasan el 50%, con cantidades que van entre 30 y 80 pesos mensuales; sin embargo,

hay un sector de los encuestados que no estarían dispuestos a participar, pero realizarían actividades relacionadas al cuidado del ambiente.

Se eligieron 3 colonias con diferentes características socioeconómicas y distinto organismo encargado de la distribución de agua potable dentro de la zona, en cada una se realizaron arriba de 300 encuestas las cuales se respondieron de manera aleatoria. Es importante mencionar que se hizo uso del método de valoración contingente. Se concluye que los habitantes en las colonias de estudio presentaron un alto grado de interés por el ambiente y asignaron un valor alto al agua, reconociendo su valor y lo indispensable que es para satisfacer sus necesidades básicas.

Figura 17. Área de protección de Flora y Fauna Nevado de Toluca, México



Fuente: Elaboración propia

Evaluación del programa de Pago por servicios ambientales hidrológicos en el Parque Nacional Nevado de Toluca.

Aguilar *et al.*, (2014, 2015 y 2017) realizó tres estudios enfocados al programa PSAH aplicado en el Nevado de Toluca durante un periodo del año 2012 al 2017. Los estudios se enfocaron en el programa implementado por la Protectora de Bosques del Estado de México (PROBOSQUE) de cinco comunidades del Área de Protección de Flora y Fauna Nevado de Toluca

Principalmente utilizaron metodologías de conservación forestal para conocer el grado del daño que presentan los bosques; realizaron una evaluación multicriterio, seleccionaron puntos de muestreo aleatorio estratificado y visitas a las comunidades elegidas. En general, los resultados demuestran que los bosques se encuentran en buen estado y que PSAH en el Estado de México cumple con los objetivos, además, es considerado uno de los programas más importantes para el desarrollo de las comunidades, ya que representa un ingreso

económico importante para las familias y tiene impactos positivos en el Área de Protección de Flora y Fauna Nevado de Toluca.

En la tabla 5 se puede observar una breve comparación de los casos de estudio analizados.

Tabla 5. Cuadro comparativo de casos de estudio

ÁMBITO	NOMBRE DEL PROGRAMA	LUGAR	PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS
Internacional	Fondo para la Protección de Agua FONAG	Quito, Ecuador	Caso de éxito: Aplicación del Fondo para la Protección de Agua (FONAG). Ayudo a la conservación de los ecosistemas y zonas de recarga de agua.
	Determinación de la disposición a pagar por el servicio ambiental protección de los recursos hídricos en el estado Táchira	Táchira, Venezuela	Se demuestra la factibilidad económica y la efectividad que tendría la implementación del pago por servicios ambientales.
	Proyecto de Carbono Suruí	Estados de Rondônia y Mato Grosso, Brasil	Apoyó en la conservación y valoración de la cultura Suruí, ayudo en reforestación, la recuperación de áreas degradadas, conservación de la biodiversidad local.
Nacional	Secuestro de Carbono y Pago por servicios en la Sierra Gorda, Querétaro	Sierra Gorda, Querétaro	Caso de éxito: se implementó el PSA y han retirado bonos de carbono de parte de más de 12 organizaciones y corporaciones, además se paga a más de 60 pequeños propietarios, ejidatarios y comuneros. Además, implementar el PSA a través de dos protocolos para proyectos forestales: actividades de reforestación (“Carbono Premium”) y para áreas de regeneración natural (“Carbono Solidario”) ayudo al mejoramiento en la calidad de vida de la población.
	El PSA en Marqués de Comillas	Selva Lacandona	El PSA ha resultado ser un instrumento efectivo: porque lentifico la tasa de deforestación, conservo los recursos naturales, mejoro la calidad de vida de los propietarios y ha contribuido a detener la degradación y pérdida de vegetación nativa

	Pago por servicios ambientales hidrológicos y dinámica de la cobertura arbórea en la región Iztaccíhuatl-Popocatepetl,	Puebla	El Programa PSAH tuvo un efecto positivo parcial sobre la transformación de los predios forestales, ya que en cuatro de seis ejidos se encontró un aumento en superficie arbolada. La pérdida de cobertura forestal en dos ejidos indica que hay factores locales que inciden negativamente en el cumplimiento del objetivo del programa.
	Fondo patrimonial (Fondo Monarca)	México y Michoacán.	Caso de éxito: introducción de PSA a través del mecanismo del Fondo Monarca y a través de fondos concurrentes. Se generó una significativa reducción de la deforestación en la zona núcleo.
	Pago por servicios ambientales hidrológicos	Cuenca del alto Nazas, Durango	Caso de éxito: conservación en una superficie de 8,622 hectáreas. Se fortaleció la provisión de servicios ambientales hidrológicos y beneficio a miles de habitantes en la región.
Local	Fondo Pro Cuenca Valle de Bravo, A. C. (FPCVB)	Cuenca de Amanalco, Valle de Bravo	Se presenta la factibilidad de implementar el PSAH dentro de la Cuenca de Valle de Bravo.
	Pago por servicios ambientales hidrológicos: caso de estudio Parque Nacional del Nevado de Toluca, México	Parque Nacional del Nevado de Toluca, México	Se estimó la disposición a pagar haciendo una encuesta en una muestra de usuarios del Valle de Toluca en el marco de un programa de Pago por Servicios Ambientales Hidrológicos
	Evaluación del programa de Pago por servicios ambientales hidrológicos en el Parque Nacional Nevado de Toluca.	Parque Nacional del Nevado de Toluca, México	La evaluación del programa de Pago por servicios ambientales hidrológicos otorgado por la Protectora de Bosques del Estado de México determinó que el programa es instrumento efectivo tanto para los habitantes como para las zonas forestales.

Fuente: Elaboración propia con base en los casos de estudio presentados.

Durante la búsqueda de información se pudo reconocer que hay pocos casos de estudio a nivel local que evalúen el impacto del PSAH respecto a la cobertura forestal, sin embargo, si

existen a nivel nacional e internacional. Conforme al cuadro presentado se identificó que la mayoría de los casos de éxito son de nivel nacional, el resto en su mayoría son casos locales que se quedan en propuestas para implementar los programas de PSA, por lo que se considera de gran importancia el desarrollo de nuevas investigaciones de lugares donde ya se haya aplicado el programa y se puedan concluir si el programa PSA cumple con su principal objetivo.

Algunos aspectos positivos que se establecen en la mayoría de los casos de estudios presentados son la participación e interés de la población local de cada lugar, además de que muchos de estos lugares ya cuentan con organizaciones no gubernamentales que actúan como líderes de cada zona. Sin embargo, es importante hacer mención de aquellos aspectos negativos, uno de los principales y que está presente en la mayoría de los casos es la tala ilegal.

Los factores que se consideran clave dentro del desarrollo del programa PSA para que los casos de estudio antes presentados hayan tenido éxito son: la atención y respuesta de la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR), la participación de la población, la existencia y apoyo de los organismos no gubernamentales como las asambleas locales.

CAPÍTULO II

Materiales y métodos



Figura 18. Paisaje forestal turístico

Fuente: Elaboración propia.

CAPÍTULO II Materiales y métodos

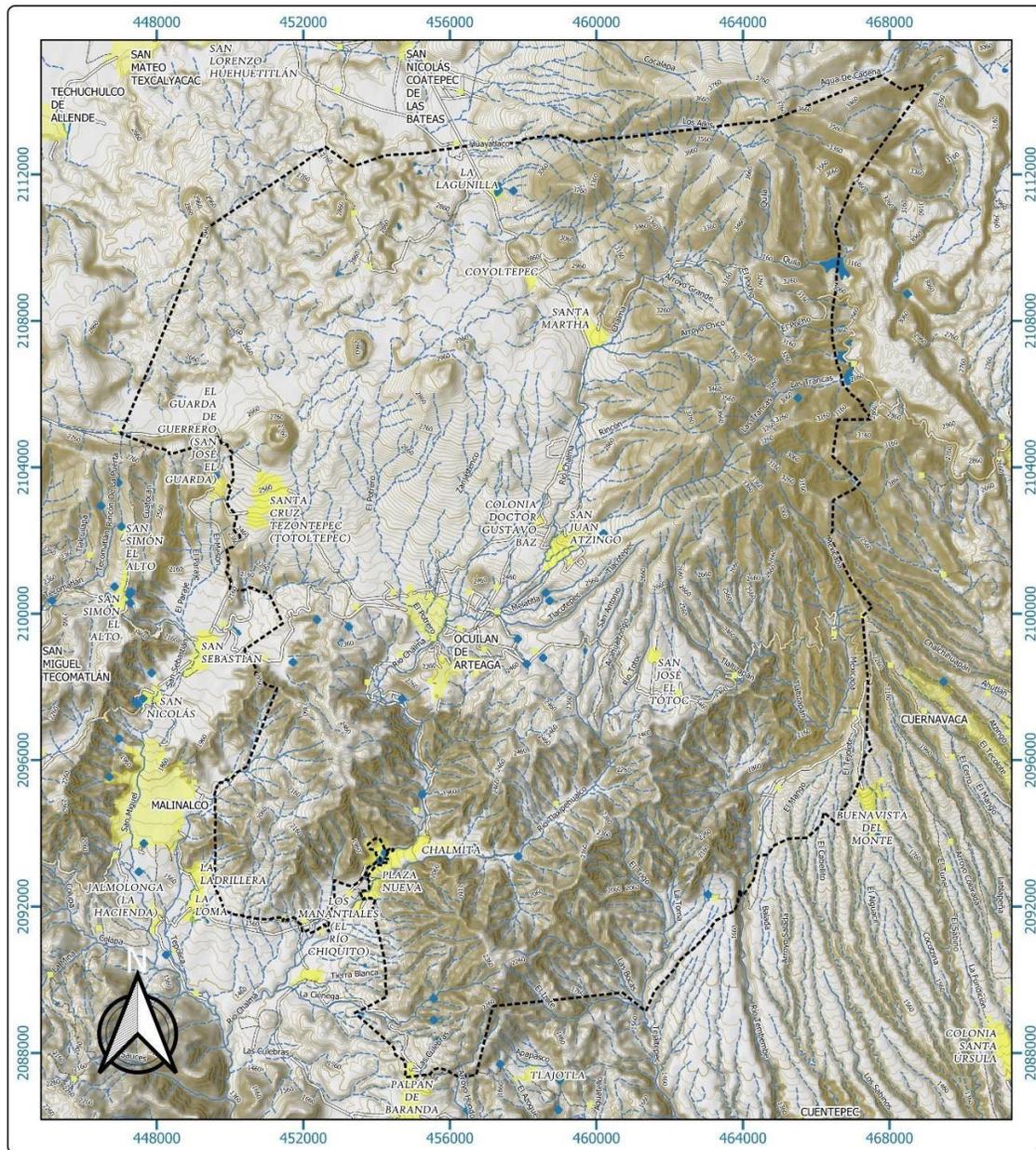
2.1 Zona de estudio

Localización

El municipio de Ocuilan se localiza en la parte sureste del Estado de México, cuyas coordenadas son: del paralelo 18°52'30", al paralelo 19°08'09" de latitud norte; del meridiano 99°16'25" al meridiano y del meridiano 99°30'08" de longitud este (Pérez, s.f.). Colinda con los municipios de: Tianguistenco (Estado de México) al norte, con el municipio de Huitzilac (Estado de Morelos) al sur y al este; y Joquicingo, Tenancingo y Malinalco (Estado de México) al oeste. Cuenta con una superficie de 34,484 hectáreas, siendo su Cabecera Municipal Ocuilan de Arteaga; es importante mencionar que Ocuilan es de los municipios del Estado de México que cuentan con mayor superficie comunal, en este caso está ocupada por bosques de coníferas (H. Ayuntamiento de Ocuilan, 2003).

En la figura 19 se muestra un mapa topográfico con la ubicación del municipio de Ocuilan, Estado de México.

Figura 19. Mapa topográfico, Ocuilan



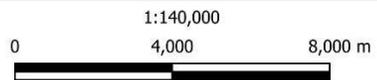
Universidad Autónoma del Estado de México
 Facultad de Planeación Urbana y Regional
 "Análisis del programa de Pago por Servicios Ambientales en zonas forestales del Estado de México, caso de estudio Ocuilan"



Mapa Topográfico Ocuilan

Simbología	
Ocuilan	Manantial
Localidad rural	Corriente de agua
Localidad	Intermittente
Rural	Perenne
Urbana	Cuerpo de agua
Carretera	
Pavimentada	
Terracería	

Proyección: EPSG: 32614 – WGS 84 / UTM zona 14N
 Fuente: Cartas topograficas 1:50000, E14A48, E14A49, E14A58, E14A59 de INEGI 2019, Modelo digital de elevación.
 Elaboró: Sharon Arantza Concepción Alcántara



En el mapa topográfico se pueden observar los cuerpos de agua del municipio de Ocuilan, los numerosos ríos y pocas áreas urbanas en extensiones muy cortas.

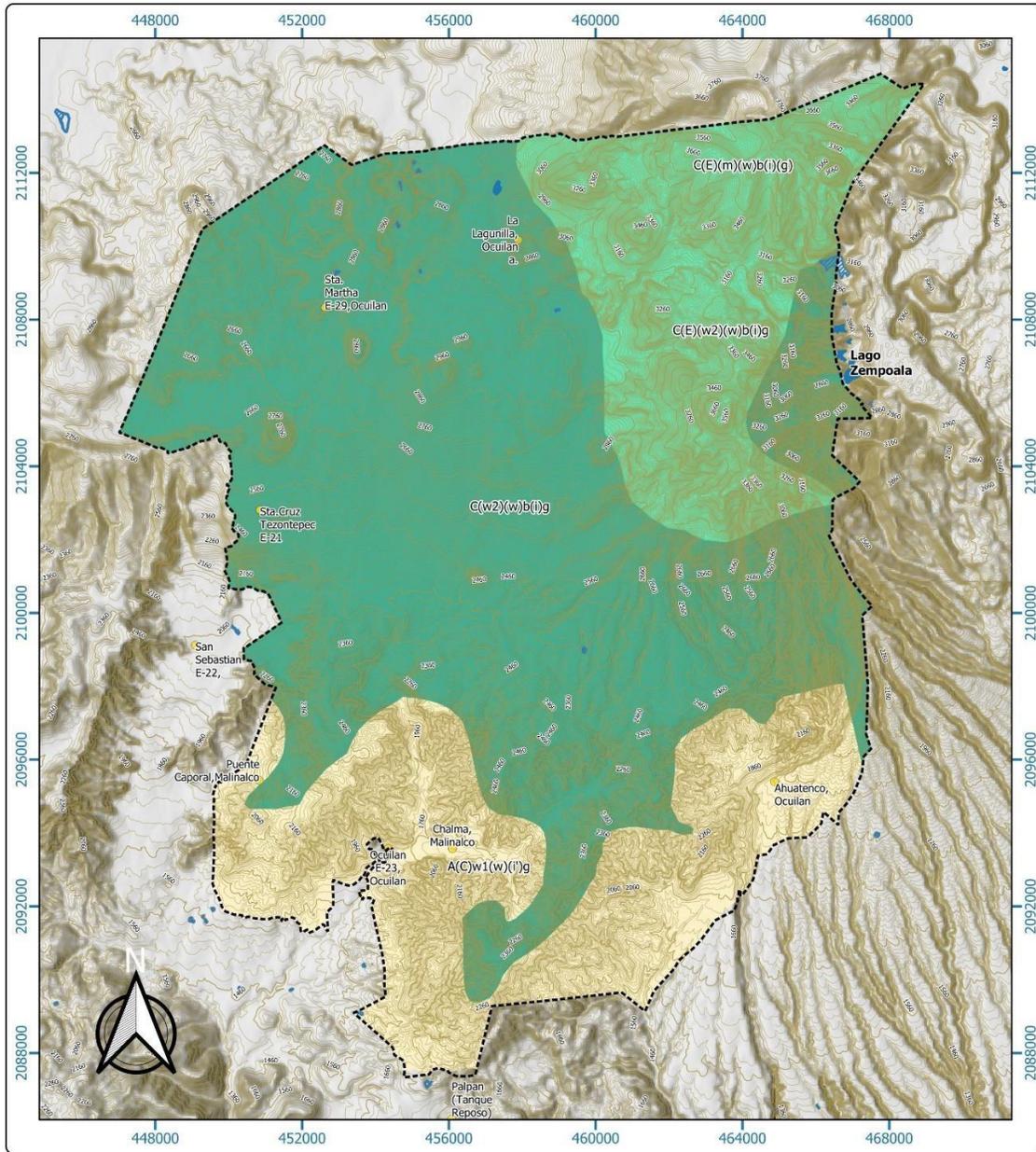
Las carreteras son casi nulas y se pueden identificar principalmente alrededor o cerca de las localidades urbanas. La mayor parte de las elevaciones se ubican en el noreste y este, existen pocas elevaciones en el sur y suroeste.

2.1.1 Descripción ambiental

Clima

De acuerdo al H. Ayuntamiento de Ocuilan (2003), debido a sus características específicas de relieve y altitud dentro del municipio, predominan tres tipos de clima, estos son: semicálido, semifrío y templado. De acuerdo a los grupos climáticos de Köppen, en la cabecera municipal al noroeste y al nornoroeste se presenta un clima templado; en la zona montañosa al norte del municipio, específicamente en los cerros de Zempoala y Olotepec el clima es de tipo semifrío y en el sur predomina el clima semicálido. En la figura 20 se puede observar la distribución climática.

Figura 20. Mapa climático, Ocuilan



Universidad Autónoma del Estado de México
Facultad de Planeación Urbana y Regional

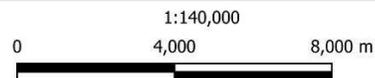
"Análisis del programa de Pago por Servicios Ambientales en zonas forestales del Estado de México, caso de estudio Ocuilan"



Mapa climático, Ocuilan

Simbología	
	Ocuilan
	Curvas ordinarias (10m)
	Curvas maestras (100m)
Cuerpo de agua	
	Intermitente
	Perenne
Clima	
	A(C)w1(w)l'g Semicálido
	C(E)(m)(w)b(i)g Semihúmedo
	C(w2)(w)b(i)g Templado
	Estaciones climatológicas

Proyección: EPSG: 32614 – WGS 84 / UTM zona 14N
Fuente: Cartas topográficas 1:50000, E14A48, E14A49, E14A58, E14A59 de INEGI 2019, SIALT 2022. Climas, koppen, 1:500000, del catálogo de metadatos geográficos de CONABIO, 2001. Modelo digital de elevación.
Elaboró: Sharon Arantza Concepción Alcántara



Geología

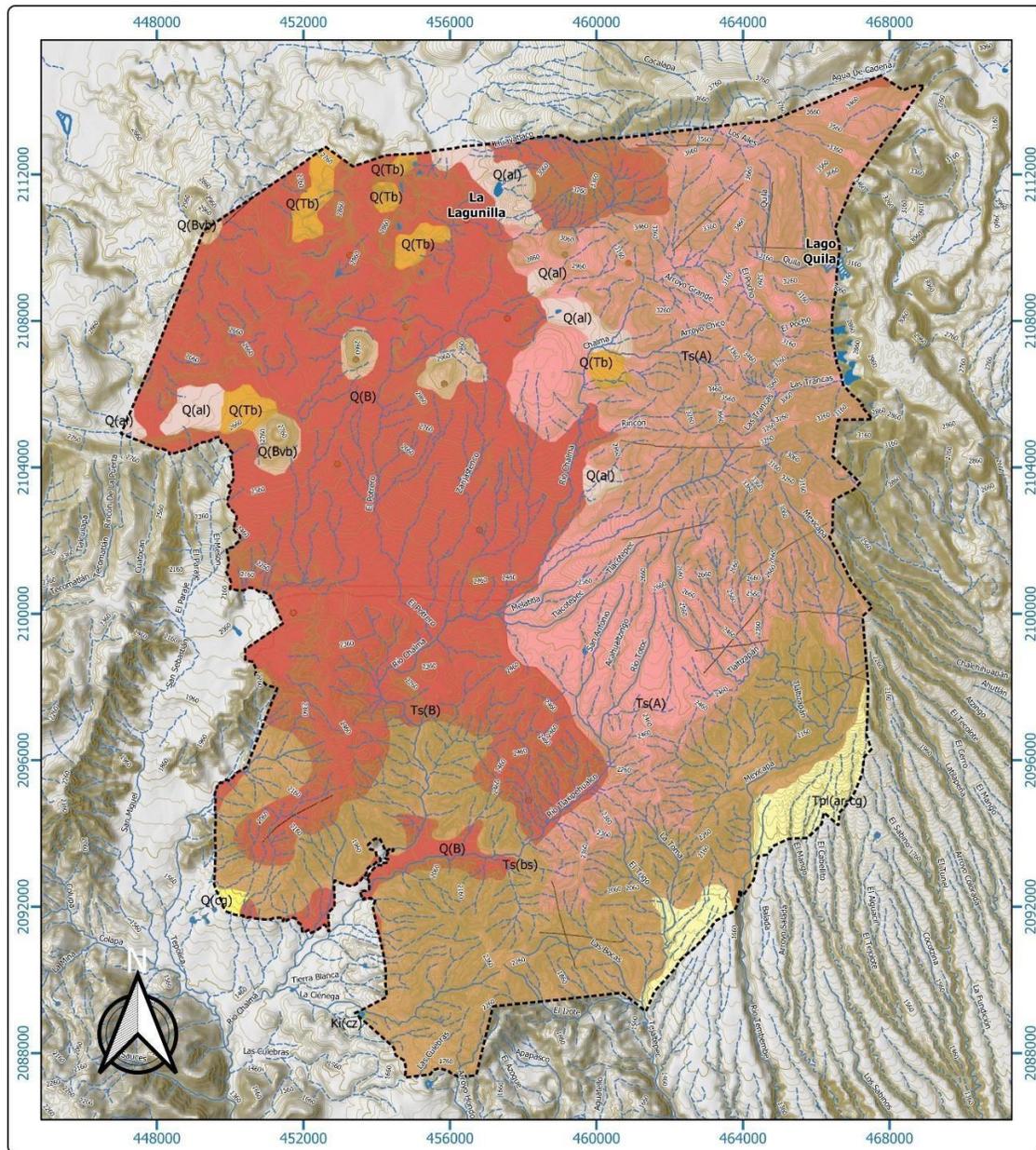
El municipio está conformado por rocas como: arenisca, basalto, brecha sedimentaria, brecha volcánica básica, caliza, conglomerados y toba básica, las cuales están distribuidas en diferentes porciones (figura 21).

En general, las rocas que existen dentro de Ocuilan son ígneas y en menor cantidad sedimentarias. Del primer grupo hay en mayor cantidad basalto y andesita, estas son distribuidas principalmente en el norte, este y oeste. Del segundo grupo antes mencionado, las principales rocas son: arenisca en el sureste y toba básica nornoroeste.

El Servicio Geológico Mexicano (2017), define a las rocas ígneas como todas aquellas “rocas que se han formado por solidificación de un de material rocoso, caliente y móvil denominado magma; este proceso, llamado cristalización resulta del enfriamiento de los minerales y del entrelazamiento de sus partículas”. Este tipo de rocas también son formadas por el depósito y la fijación de lava.

Las rocas sedimentarias, por otra parte, son aquellas que se forman principalmente por la precipitación y el depósito de materia mineral de una solución o por la compactación de restos vegetales y/o animales que se consolidan en rocas duras. Los sedimentos son situados una capa sobre la otra, en la superficie de la litósfera a temperaturas y presiones relativamente bajas y pueden estar integrados por fragmentos de roca preexistentes de diferentes tamaños, minerales resistentes, restos de organismos y productos de reacciones químicas o de evaporación (ICGC, s.f.; Servicio Geológico Mexicano, 2017).

Figura 21. Mapa geológico, Ocuilan



Universidad Autónoma del Estado de México
 Facultad de Planeación Urbana y Regional
 "Análisis del programa de Pago por Servicios Ambientales en zonas forestales del Estado de México, caso de estudio Ocuilan"



Edafología

El suelo que abarca en mayor parte el territorio municipal, pertenece a los andosoles cuya clave es **AN** y se localizan en el centro, oriente, poniente y norte del municipio. En la región sur y noroeste, se encuentra el suelo leptosol **LP**. Parte del oeste y sur tienen suelos denominados regosol **RG**, al sureste hay luvisol **LV** y en mínimas porciones al sureste y suroeste phaeozem **PH** (figura 22), (INEGI, 1983; H. Ayuntamiento de Ocuilan, 2003).

De acuerdo a la FAO (2007), el andosol presente en el territorio tiene un horizonte húmico y por lo regular se desarrollan en eyecciones o vidrios volcánicos bajo casi cualquier clima. Sin embargo, los andosoles también pueden desarrollarse en otros materiales ricos en silicatos bajo meteorización ácida en climas húmedos y per húmedos. Los andosoles tienen un alto potencial para la producción agrícola debido a su gran fertilidad, pero muchos de ellos no se usan hasta su capacidad. Son suelos donde se cultiva principalmente papa (tolerante a bajo nivel de fosfato), vegetales, trigo y cultivos hortícolas; además, tienen buenas propiedades de enraizamiento y almacenamiento de agua; por otra parte, aquellos que están fuertemente hidratados son difíciles de labrar por su baja capacidad de carga y adhesividad. Cabe resaltar que los andosoles en pendientes pronunciadas se mantienen mejor bajo cobertura forestal (Ibáñez & Manríquez, 2011).

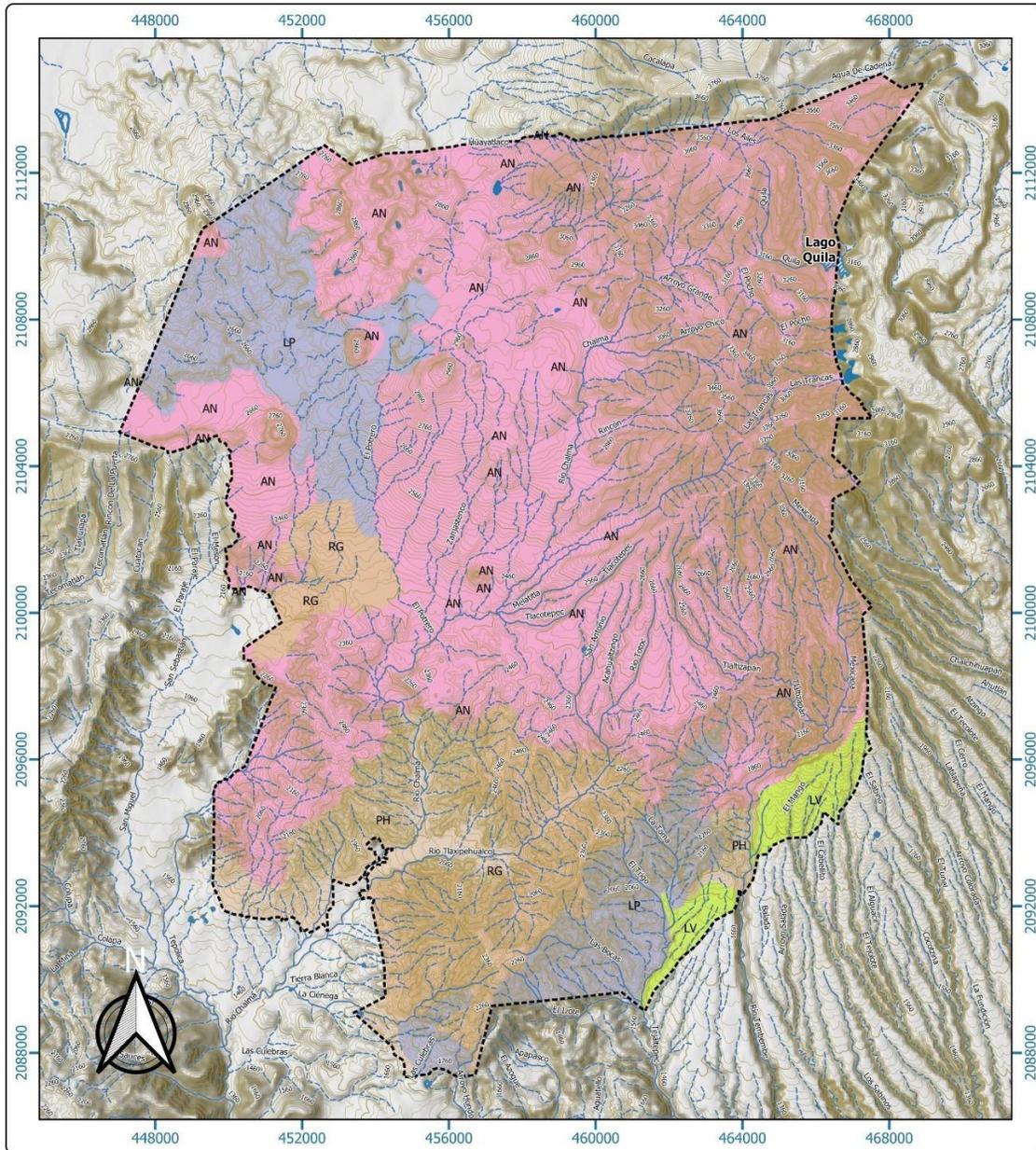
Los suelos phaeozem comprenden suelos de pastizales relativamente húmedos y regiones forestales en clima moderadamente continental. Estos suelos están intensamente lixiviados; consecuentemente, tienen horizonte superficial oscuro, rico en humus; otras características es que son suelos porosos, fértiles y son excelentes tierras agrícolas (FAO, 2007).

Los suelos leptosoles, regularmente son superficiales y pedregosos, generalmente están conformados por roca continúa en o muy cerca de la superficie. Se encuentran en todos los tipos de climas (secos, templados, húmedos) y son particularmente comunes en las zonas montañosas, como es el caso de Ocuilan (H. Ayuntamiento de Ocuilan, 2003; FAO, 2007).

Los luvisoles comúnmente tienen mayor contenido de arcilla en el subsuelo que en el suelo superficial, esto como resultado de procesos principalmente de desplazamiento de arcilla que lleva a un horizonte subsuperficial. Estos suelos tienen arcillas de alta actividad en todo el horizonte árgico y alta saturación a cierta profundidad. La mayoría de los luvisoles son suelos fértiles y regularmente son adecuados para diversos usos agrícolas, sin embargo, también son susceptibles al deterioro de la estructura cuando se labran mojados con maquinaria pesada (FAO, 2007; INEGI, 2007).

Los regosoles son suelos minerales muy débilmente desarrollados en materiales no consolidados que no tienen un horizonte mólico o úmbrico, no son muy someros ni muy ricos en gravas, arenosos o con materiales flúvicos. Muchos regosoles se usan para pastoreo extensivo. Los regosoles en regiones montañosas son delicados y es mejor dejarlos bajo bosque, tal es el caso de Ocuilan (FAO, 2007; INEGI, 2007).

Figura 22. Mapa edafológico, Ocuilan



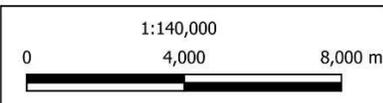
Universidad Autónoma del Estado de México
 Facultad de Planeación Urbana y Regional
 "Análisis del programa de Pago por Servicios Ambientales en zonas forestales del Estado de México, caso de estudio Ocuilan"



Mapa edafológico, Ocuilan

<ul style="list-style-type: none"> Ocuilan Corriente de agua Intermitente Perenne Cuerpo de agua Intermitente 	<p>Simbología</p> <ul style="list-style-type: none"> Perenne Curva Ordinaria (10 mts) Curva Maestra (100 mts) <p>Tipo de suelo</p> <ul style="list-style-type: none"> AN Andosol LP Leptosol 	<ul style="list-style-type: none"> LV Luvisol PH Phaeozem RG Regosol
---	--	--

Proyección: EPSG: 32614 – WGS 84 / UTM zona 14N
 Fuente: Cartas topográficas 1:50000, E14A48, E14A49, E14A58, E14A59 de INEGI 2019, SIALT 2022. Cartas edafológicas 1:250000, E14-2, E14-5 de INEGI 1983. Modelo digital de elevación.
 Elaboró: Sharon Arantza Concepción Alcántara



Geomorfología

La descripción de la geomorfología según el H. Ayuntamiento de Ocuilan (2003), está conformada por algunas elevaciones, en las cuales se hace notorio el Cerro de Zempoala que se encuentra hacia el norte. También tenemos los cerros de Tuxtepec, Metepec, San Andrés, Ahuatepec, Olotepec y El Tezontle. Al sur existen importantes elevaciones propiciadas por plegamientos de la corteza terrestre como los conos La Culebra, El Fraile, Zictepec, Jaltepec y El Volador. Al occidente la tala de bosques ha conformado lugares como La Luna, Tierra Vieja y Loma del Chivo, que son utilizados para el cultivo. Al oriente se encuentran los cerros de menor altura como El Caballito, La Leona, Chapultepec, Tepetzingo El Grande y Loma de La Llovizna. El área donde se ubica la Cabecera Municipal se encuentra rodeada de pequeñas lomas o colinas, siendo estas lomas de Tierra Colorada y La Llovizna hacia el oriente, al poniente lomas de El Panteón y El Calvario; al norte un pequeño cono volcánico denominado Tepetzingo, y hacia el sur el relieve es más escabroso y pronunciado, como producto de la erosión del Río Chalma se ha formado una pequeña cañada que inicia en El Ahuehuate y termina en Chalmita (INEGI, 1983; H. Ayuntamiento de Ocuilan, 2003).

Hidrología

Según el H. Ayuntamiento de Ocuilan (2003), el municipio forma parte de la región hidrológica de la Cuenca del Balsas y dentro de los ríos existentes en el territorio municipal, el de mayor importancia es el Río Chalma que nace en el cerro de Zempoala, y su recorrido es de norte a sur; una gran parte de sus aguas es manipulada para actividades agrícolas y en la época de estiaje es usada para servicio doméstico.

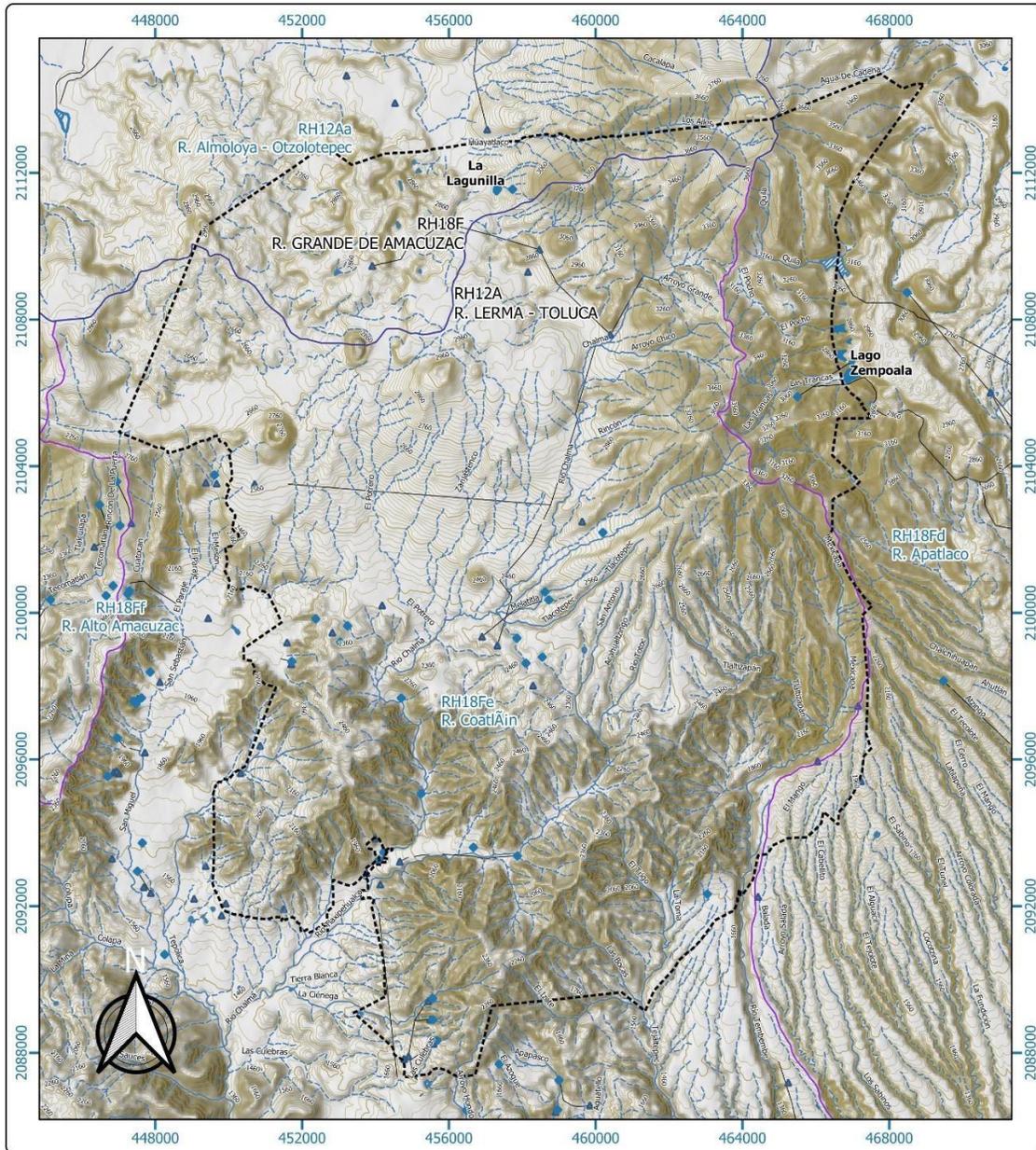
El río Mexicapa se ubica al oriente del municipio, parte de los manantiales donde nace son aprovechados para dotar de agua potable a las Delegaciones de Tlatempa, Ahuatenco y Mexicapa; asimismo, es aprovechado para riego de huertos frutales y para la agricultura. Destaca por su volumen y dimensión el Sistema de Agua Potable Quila-Ocuilan, mismo que se capta de la Laguna de Quila, la cual se encuentra a 30 kilómetros de la Cabecera Municipal; mediante un sistema de bombeo dota de servicio a la Cabecera del Municipio y a las Delegaciones de Santa María, San Sebastián, Santa Ana, Santa Mónica, La Pastoría y Santa Lucía. También se localizan dentro del territorio las Lagunas de Zempoala al costado oriente del Cerro de Zempoala (CONANP, 2022; CONABIO, 2022).

Con ayuda del portal de geoinformación de CONABIO (2022) se logró identificar la cuenca a la que pertenece el municipio de Ocuilan, en este caso es la cuenca del Río Grande de Amacuzac con clave RH18F y una muy pequeña parte a la Cuenca Lerma – Toluca con clave RH18A. Del mismo modo se identificaron las subcuencas presentes en el municipio, las cuales son: subcuenca del Río Coatlan - RH18Fe al sur, la cual es parte de la mayoría del municipio; la subcuenca Río Apatlaco - RH18Fd que cubre solo parte del noreste; estas dos pertenecen a la cuenca Río Grande de Amacuzac. Y en una mina parte al norte – noroeste la subcuenca del Río Almoloya - Otzolotepec con clave RH18Aa, la cual pertenece a la cuenca del Río Lerma-Toluca (figura 23).

En cuanto al agua subterránea, el municipio de Ocuilan pertenece al Acuífero Tenancingo, el cual está actualmente sobreexplotado (CAEM, 2018).

De acuerdo al SIATL (2022) se identificaron 26 puntos de drenaje dentro del municipio principalmente en la parte norte, noroeste y noreste. El tipo de red de drenaje con la que cuenta el municipio es dendrítico. Sin embargo, aproximadamente solo 16 localidades de 48 tienen una disponibilidad de la red de drenaje público, el resto no cuenta con el servicio.

Figura 23. Mapa hidrológico, Ocuilan



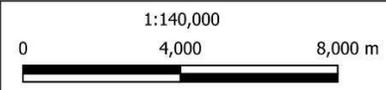
Universidad Autónoma del Estado de México
 Facultad de Planeación Urbana y Regional
 "Análisis del programa de Pago por Servicios Ambientales en zonas forestales del Estado de México, caso de estudio Ocuilan"



Mapa hidrológico, Ocuilan

Simbología	
Ocuilan	Corriente de agua
Manantial	Intermittente
Tanque de agua	Perenne
Acueducto	Cuerpo de agua
	Intermittente
	Perenne

Proyección: EPSG: 32614 – WGS 84 / UTM zona 14N
 Fuente: Cartas topográficas 1:50000, E14A48, E14A49, E14A58, E14A59 de INEGI 2019. Cuencas y subcuencas 1:50000 de SIALT 2022. Modelo digital de elevación.
 Elaboró: Sharon Arantza Concepción Alcántara



Flora y fauna

En la porción norte del municipio existen amplios bosques de coníferas, formados por pinos (*Pinus montezumae*, *P. pseudostrobus* y *P. ocote*) y oyameles (*Abies religiosa*); en el centro y el sur predominan los bosques mixtos compuestos por encinos (*Quercus rugosa* y *Q. laurina*), fresnos (*Fraxinus sp.*), cedros (*Cupressus sp.*), madroños (*Arbutus sp.*), ailes (*Alnus sp.*), casahuates (*Ipomea sp.*) y abundantes matorrales; así mismo, en el centro y sureste podemos encontrar encino blanco y morado (*Quercus rugosa* y *Q. laurina*), madroños (*Arbutus sp.*), laurelillo (*Nectandra salicifolia*) y abundantes matorrales. En la región en la que predomina el clima semicálido, la flora está conformada por árboles como el amate (*Ficus sp.*), huizache (*Vachellia s.p.*), huaje (*Leucaena leucocephala*), nanche (*Byrsonima crassifolia*) y abundante maleza. Existen también una gran cantidad de arbustos como el tepozán (*Buddleja cordata*), cucharilla (*Dasylyrion acrotrichum*) y espesos matorrales de zarza (*Rubus sp.*) y chía (*Salvia hispánica*) (H. Ayuntamiento de Ocuilan, 2003; CONANP, 2011; Quiñones *et al.*, 2021; UNAM, 2022; Zepeda y Justo, s.f.; INIFAP, s.f.)

La fauna silvestre es muy variada en las regiones montañosas, podemos encontrar diversas especies de mamíferos como el coyote (*Canis latrans*), zorro (*Urocyon cinereoargenteus*), conejo (*Silvylagus cunicularis*), comadreja (*Mustela frenata*), tuza (*Geomyidae sp.*), ardilla de tierra (*Sciurus aureogaster*), tlacuache (*Didelphis marsupialis*), cacomixtle (*Bassariscus astutus*) y zorrillo (*Mephitis*). En el orden de las aves figuran el gorrión (*Passer domesticus*), canario (*Serinus canaria*), calandria (*Mimus saturninus*), aguililla (*Buteo albonotatus*), tordo (*Molothrus bonariensis*), golondrina (*Hirundo rustica*), cardenal (*Cardinalis cardinalis*), pájaro carpintero (*Melanerpes formicivorus*), mulato (*Melanotis caerulescens*), jilguero (*Myadestes occidentalis*), primavera (*Turdus grayi*), colibrí (*Trochilidae sp.*), gavilán (*Accipiter nisus*) y ceniztonle (*Mimus polyglottos*) (H. Ayuntamiento de Ocuilan, 2003; CONABIO, 2006; CONABIO, 2012; Velásquez, 2021).

Es fundamental y valioso considerar que dentro del municipio de Ocuilan se encuentra el Cerro Zempoala, en él se desarrollan arroyos permanentes conocidos como Tonatihua y Las Trancas, en los cuales se distribuye el ajolote (*Ambystoma altamirani*) cuya especie se encuentra en peligro de extinción de acuerdo a la NOM-059-SEMARNAT-2001 y además es endémica, del mismo modo esta zona es hábitat de otras especies de riesgo y endémicas, como: cascabel de bandas cruzadas (*Crotalus transversus*), y el colín rabudo (*Dendrotyx macroura*). Además, se encuentran otras especies que, aunque no están consideradas en la norma antes mencionada, son importantes: el gato montés (*Lynx rufus*), el venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*) y de forma estacional el ave migratoria águila pescadora (*Pandion haliaetus*) (CONANP, 2011).

Algunas especies de reptiles que habitan en el municipio son: el mazacuete (*Boa constrictor*), coralillo (*Lampropeltis triangulum*), culebra de agua (*Natrix maura*), culebra ratonera (*Senticolis triaspis*), chintete (*Sceloporus sp.*), escorpión (*Barisia imbricata*), tortugas de río

(*Kinosternon integrum*), sapos (*Bufo spinosus*) y algunos camaleones (*Phrynosoma orbiculare*), este último también considerado en la NOM-059-SEMARNAT-2001 (H. Ayuntamiento de Ocuilan, 2003; CONANP, 2011).

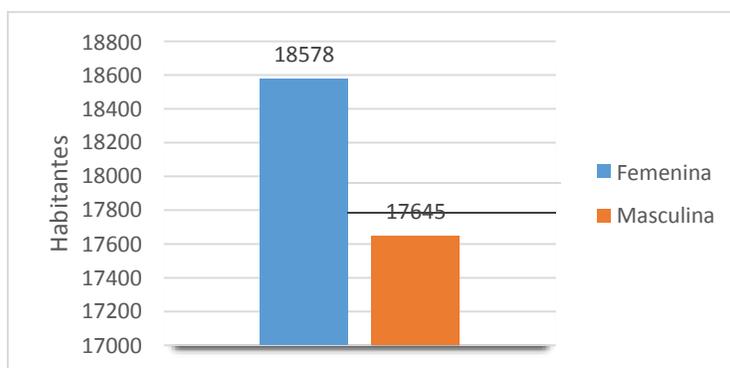
2.1.2 Descripción Social

Demografía

De acuerdo con la información censal disponible, dentro del municipio se identifica la existencia de 11 localidades, incluidas la Cabecera Municipal, cuatro barrios, y 39 Delegaciones (H. Ayuntamiento de Ocuilan, 2003).

Conforme a los censos poblacionales de INEGI, en un período de diez años (2010-2020) la población se incrementó de 31,803 habitantes a 36,223; esto quiere decir que la tasa de crecimiento poblacional es de 0.52%. Es importante destacar que de los 36,223 habitantes 18,578 son mujeres y 17,645 hombres (Figura 24).

Figura 24. Grafica 1, Población masculina y femenina



Fuente: Elaboración propia con base en INEGI (2020).

En 2020 Ocuilan tenía una densidad de población de 105.04 personas por kilómetro cuadrado. Esta población se divide en los siguientes rangos de edades (tabla 6).

Tabla 6. Población por edad

RANGO DE EDAD	POBLACIÓN
Población de 0 a 2 años	2093
Población de 3 a 5 años	2236
Población de 6 a 11 años	2236
Población de 12 a 14 años	2209
Población de 15 a 17 años	2195
Población de 18 a 24 años	4538
Población de 15 a 49 años	9725

Población de 65 y más años	2319
----------------------------	------

Fuente: Elaboración propia con base en INEGI (2020).

En la tabla 7 se puede identificar la población por cada localidad del municipio de Ocuilan. Santa Mónica, es la localidad con mayor número de población tiene 3,138 habitantes.

Tabla 7. Población por localidad

LOCALIDAD	POBLACIÓN
Ocuilan de Arteaga	2,302
Ahuatenco	1,160
El Ahuehuete	291
Ajuchitlán	40
Amola (San Isidro Amola)	258
La Cañada	528
La Ciénega	649
Colonia Doctor Gustavo Baz	1,255
Coyoltepec	478
Chalmita	1,622
La Esperanza (El Arenal)	328
La Lagunita	335
Mexicapa	264
Pastoría (La Pastora)	451
El Picacho (San Antonio el Picacho)	812
Plaza Nueva	1,333
Pueblo Nuevo	164
El Puente	203
San Juan Atzingo	1,119
Santa Ana	1,729
Santa Lucía	1,904
Santa Martha	2,009
Santa Mónica	3,138
Santa Cruz Tezontepec (Totoltepec)	2,234
Tlatempa	251
Tlecuilco	303
San José el Tótoc	550
Reforma Agraria (El Pedregal)	1,163
Tepetzingo (Tepezingo)	795
Santa María Nativitas	552
Las Trojes	228
Acahualzingo	42

La Haciendita	390
Rincón de las Bugambilias	142
Los Manantiales (El Río Chiquito)	1,144
El Capulín	147
Lomas de Teocaltzingo (Loma de Tecalzingo)	841
Cinco Caminos	1,040
Tlaltizapan	54
San Isidro	244
El Cerrito (El Calvario)	319
La Herradura	168
San Sebastián	343
Santa María (Tlacutapa)	329
Puente Ancho	202
La Lagunilla	959
Mumana-Átl	95
Texoconalco	25
San Bartolo del Progreso	1,291
Población total	36,223

Fuente: Elaboración propia con base en INEGI (2020).

Viviendas y hogares

Respecto al número de viviendas de acuerdo al Censo de INEGI (2020) se identificaron dos clasificaciones, aquellos hogares en viviendas particulares habitadas y las viviendas particulares habitadas, deshabitadas, de uso temporal y colectivo.

En los hogares en viviendas particulares habitadas, se considera un hogar en cada vivienda particular; esto quiere decir que se incluye una única casa en el terreno; casa que comparte terreno con otra(s); casa dúplex; departamento en edificio; vivienda en vecindad o cuartería; vivienda en cuarto de azotea de un edificio; local no construido para habitación; vivienda móvil; refugio y no especificado de vivienda particular. En esta categoría hay un total de 8,791 viviendas. Sin embargo, en la clasificación de viviendas particulares habitadas, deshabitadas, de uso temporal y colectivas (incluye las viviendas sin información de ocupantes), hay un total de 11,440 viviendas (INEGI, 2020).

Índice de marginación

El índice de marginación es una medida resumen que permite diferenciar localidades del país según el impacto global de las carencias que padece la población como resultado de la falta de acceso a la educación, la residencia en viviendas inadecuadas y la carencia de bienes (CONAPO, 2010).

El índice de marginación de Ocuilan de acuerdo a las localidades que lo conforman se puede ver en la tabla 8. El índice de marginación dentro de las localidades es de 23 a 23.72.

Tabla 8. Índice de marginación por localidad

ÍNDICE DE MARGINACIÓN A NIVEL LOCALIDAD, 2020	
LOCALIDAD	INDICE
Ocuilan de Arteaga	22.99
Ahuatenco	23.04
El Ahuehuete	22.79
Ajuchitlán	18.65
Amola (San Isidro Amola)	22.70
La Cañada	22.55
La Ciénega	20.77
Colonia Doctor Gustavo Baz	21.48
Coyoltepec	21.74
Chalmita	23.04
La Esperanza (El Arenal)	22.08
La Lagunita	21.59
Mexicapa	22.43
Pastoría (La Pastora)	21.79
El Picacho (San Antonio el Picacho)	21.35
Plaza Nueva	23.08
Pueblo Nuevo	22.37
El Puente	23.32
San Juan Atzingo	21.73
Santa Ana	22.49
Santa Lucía	21.16
Santa Martha	23.13
Santa Mónica	23.36
Santa Cruz Tezontepec (Totoltepec)	21.49
Tlatempa	23.72
Tlecuilco	21.92
San José el Tóto	21.36
Reforma Agraria (El Pedregal)	21.73
Tepetzingo (Tepezingo)	20.52
Santa María Nativitas	21.61
Las Trojes	20.68
Acahualzingo	18.92

La Haciendita	22.20
Rincón de las Bugambilias	22.27
Los Manantiales (El Río Chiquito)	22.33
El Capulín	21.51
Lomas de Teocaltzingo (Loma de Tecalzingo)	20.40
Cinco Caminos	22.25
Tlaltizapan	22.69
San Isidro	21.84
El Cerrito (El Calvario)	23.05
La Herradura	19.47
San Sebastián	21.02
Santa María (Tlacutapa)	22.16
Puente Ancho	19.63
La Lagunilla	22.30
Mumana-Átl	15.73
Texoconalco	18.05
San Bartolo del Progreso	21.97

Fuente: Elaboración propia con base en INEGI (2020).

En la tabla 9 se puede identificar el grado de marginación a nivel localidad. La mayoría de localidades presenta un grado de marginación de nivel bajo.

Tabla 9. Grado de marginación por localidad

GRADO DE MARGINACIÓN A NIVEL LOCALIDAD	
Localidad	Grado
Ocuilan de Arteaga	Bajo
Ahuatenco	Muy bajo
El Ahuehuete	Bajo
Ajuchitlán	Medio
Amola (San Isidro Amola)	Bajo
La Cañada	Bajo
La Ciénega	Medio
Colonia Doctor Gustavo Baz	Bajo
Coyoltepec	Bajo
Chalmita	Muy bajo
La Esperanza (El Arenal)	Bajo
La Lagunita	Bajo
Mexicapa	Bajo
Pastoría (La Pastora)	Bajo

El Picacho (San Antonio el Picacho)	Bajo
Plaza Nueva	Muy bajo
Pueblo Nuevo	Bajo
El Puente	Muy bajo
San Juan Atzingo	Bajo
Santa Ana	Bajo
Santa Lucía	Bajo
Santa Martha	Muy bajo
Santa Mónica	Muy bajo
Santa Cruz Tezontepec (Totoltepec)	Bajo
Tlatempa	Muy bajo
Tlecuilco	Bajo
San José el Tótop	Bajo
Reforma Agraria (El Pedregal)	Bajo
Tepetzingo (Tepezingo)	Medio
Santa María Nativitas	Bajo
Las Trojes	Medio
Acahualzingo	Medio
La Haciendita	Bajo
Rincón de las Bugambilias	Bajo
Los Manantiales (El Río Chiquito)	Bajo
El Capulín	Bajo
Lomas de Teocaltzingo (Loma de Tecalzingo)	Medio
Cinco Caminos	Bajo
Tlaltizapan	Bajo
San Isidro	Bajo
El Cerrito (El Calvario)	Muy bajo
La Herradura	Medio
San Sebastián	Medio
Santa María (Tlacutapa)	Bajo
Puente Ancho	Medio
La Lagunilla	Bajo
Mumana-Átl	Alto
Texoconalco	Alto
San Bartolo del Progreso	Bajo

Fuente: Elaboración propia con base en INEGI (2020).

Ocuilan es uno de los municipios que presenta mayor grado de marginación dentro del Estado de México.

Grupos indígenas

San Juan Atzingo es una localidad del municipio de Ocuilan, es habitada por uno de los grupos étnicos del Estado de México, los tlahuicas, quienes se muestran a sí mismos como pjiakakjoo, que significa “nuestra lengua”. Cabe resaltar que no es la única localidad que se menciona como hablante de esta lengua, pero sí es la única que guarda la esencia como etnia. Los hablantes de esta lengua la reconocen como tlahuica (Ramírez, 2007).

Los tlahuicas principalmente basan su economía en los cultivos de maíz, frijol, chile, zanahoria, chícharos, papa y haba. Se podría decir que comparten los mismos modelos con los mazahuas, otomíes, nahuas y matlatzincas, pero a diferencia de estos, cuentan con el recurso codiciado de los bosques. Ellos manejan los bosques de manera distinta, ya que utilizan la leña que recolectan para cocinar sus alimentos, la construcción de sus casas, aunque cada vez menos, y la producción de tejamanil. En los últimos años, organizaciones de taladores ilegales han disputado el bosque de los indígenas tlahuicas, con consecuencias negativas (Domingo, 2015).

En la tabla 10 se puede observar la población de 3 años y más que habla alguna lengua indígena y español con respecto al municipio de Ocuilan

Tabla 10. Población de 3 años y más que habla alguna lengua indígena y español

LOCALIDAD	POBLACIÓN DE 3 AÑOS Y MÁS QUE HABLA TLAHUICA	POBLACIÓN DE 3 AÑOS Y MÁS QUE HABLA TLAHUICA Y ESPAÑOL
Ocuilan de Arteaga	24	24
Ahuatenco	20	20
El Ahuehuete	2	2
Ajuchitlán	0	0
Amola (San Isidro Amola)	0	0
La Cañada	7	6
La Ciénega	1	1
Colonia Doctor Gustavo Baz	393	381
Coyoltepec	4	4
Chalmita	12	12
La Esperanza (El Arenal)	0	0
La Lagunita	0	0
Mexicapa	0	0
Pastoría (La Pastora)	3	3
El Picacho (San Antonio el Picacho)	0	0

Plaza Nueva	3	3
Pueblo Nuevo	0	0
El Puente	0	0
San Juan Atzingo	588	579
Santa Ana	9	9
Santa Lucía	477	459
Santa Martha	16	16
Santa Mónica	9	9
Santa Cruz Tezontepec (Totoltepec)	6	6
Tlatempa	1	1
Tlecuilco	0	0
San José el Tótop	79	77
Reforma Agraria (El Pedregal)	2	2
Tepetzingo (Tepezingo)	11	11
Santa María Nativitas	235	234
Las Trojes	0	0
Acahualzingo	1	1
La Haciendita	10	9
Rincón de las Bugambilias	1	1
Los Manantiales (El Río Chiquito)	13	13
El Capulín	36	36
Lomas de Teocaltzingo (Loma de Tecalzingo)	298	291
Cinco Caminos	5	5
Tlaltizapan	12	12
Tlaxpehualco	*	*
San Isidro	0	0
El Cerrito (El Calvario)	1	1
La Herradura	1	1
San Sebastián	1	1
Santa María (Tlacutapa)	1	1
Puente Ancho	0	0
La Lagunilla	6	6
Mumana-Átl	2	2
Texoconalco	0	0
San Bartolo del Progreso	14	14
Total del Municipio	2304	2253

Fuente: Elaboración propia con base en INEGI (2020).

Se puede distinguir que de 36,223 habitantes, solo 2,304 hablan tlahuica, esto representa 6.3% de la población. Mientras que 2,253 hablan la lengua indígena tlahuica y el español, representando el 6.2% de la población total.

2.1.3 Descripción Económica

De acuerdo a la información del censo poblacional de INEGI (2020), la población de 12 años y más económicamente activa fue de 17,655 habitantes de los cuales 6,971 eran mujeres y 10,684 hombres (Figura 25). Esto quiere decir que el 48.73% de la población es económicamente activa.

Figura 25. Grafica 2, Población económicamente activa 2020



Fuente: Elaboración propia con base en INEGI (2020).

El total de la PEA es representada en su mayoría por hombres con un 60.5%, mientras que el resto son mujeres, aproximadamente un 39.5%.

Población ocupada y desocupada

En la tabla 11 se puede observar la población ocupada y desocupada a partir de 12 años de edad y género, donde la población ocupada representa más del 98% de la población.

Tabla 11. Población ocupada y desocupada

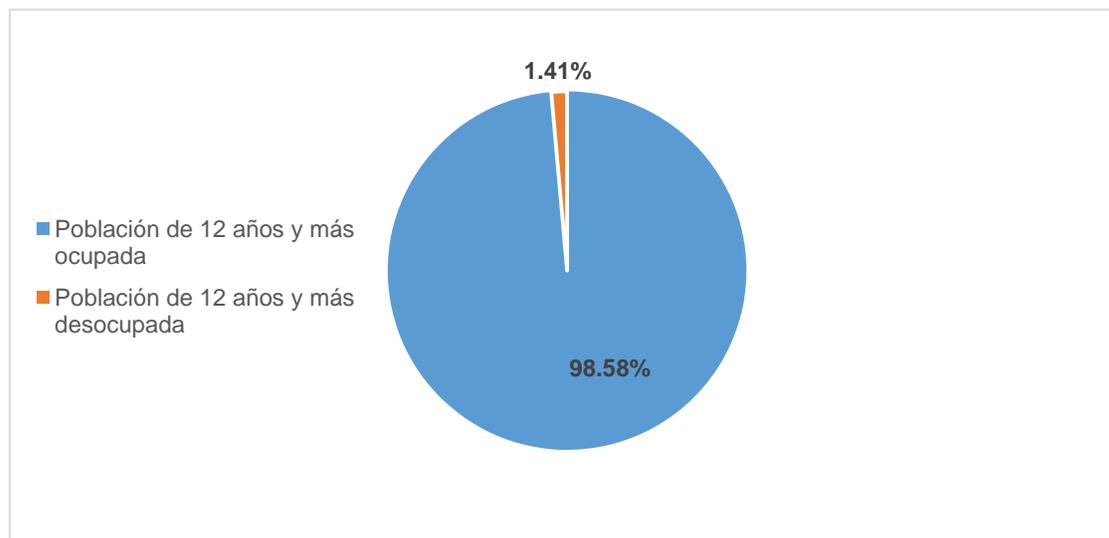
POBLACIÓN OCUPADA	
Población de 12 años y más ocupada	17406
Población femenina de 12 años y más ocupada	6916
Población masculina de 12 años y más ocupada	10490
POBLACIÓN DESOCUPADA	
Población de 12 años y más desocupada	249
Población femenina de 12 años y más desocupada	55
Población masculina de 12 años y más desocupada	194

Fuente: Elaboración propia con base a la información de INEGI (2020).

La población ocupada está conformada por 17,406 habitantes de 12 años a más, mientras que la desocupada solo es de 249 habitantes.

En la gráfica 3 se identifica simple vista que hay un mayor número de población ocupada que desocupada.

Figura 26. Grafica 3, Población ocupada y desocupada



Fuente: Elaboración propia con base en INEGI (2020).

Solo un 1.41% representa la población desocupada, mientras que el 98%, la población ocupada.

Población por sectores

Las actividades económicas más relevantes que se desarrollan en el municipio corresponden al sector primario que comprende las actividades de cultivo, productos agrícolas, crianza de animales y elaboración de artesanías, representando 71.49% de la PEA total. El resto de la PEA se desarrolla en una actividad no especificada (INEGI, 2020). Sin embargo, de acuerdo al Plan municipal de Ocuilan (2003), posterior al sector primario, está el sector terciario el cual corresponde al desarrollo de las actividades del comercio y servicios, y por último se encuentra el sector secundario, refiriéndose a las actividades de transformación.

Tenencia de la tierra

Según la FAO (2003) la tenencia de la tierra “es la relación, definida en forma jurídica o consuetudinaria, entre personas, en cuanto individuos o grupos, con respecto a la tierra (por razones de comodidad, «tierra» se utiliza aquí para englobar otros recursos naturales, como el agua y los árboles)”. En otras palabras, los métodos de tenencia de la tierra establecen quién puede hacer uso de los recursos y cuáles, además, en qué tiempo y bajo qué condiciones.

La ley agraria menciona que las tierras ejidales pueden ser divididas por su destino, en: I. Tierras para el asentamiento humano; II. Tierras de uso común; y III. Tierras parceladas, de acuerdo al Artículo 73 de dicha ley, las tierras ejidales de uso común crean el sustento económico de la vida en comunidad del ejido y están conformadas por aquellas tierras que no hubieren sido especialmente reservadas por la asamblea para el asentamiento del núcleo de población, ni sean tierras parceladas (Ley Agraria, 2022).

En cuanto al municipio de Ocuilan la tenencia de la tierra está dividida de dos tipos de núcleos: los comunales y los ejidales.

Los núcleos ejidales son representados por tres núcleos agrarios: Chalmita, La Cañada y La Lagunita. En la tabla 12, 13 y 14 se pueden observar las características de cada núcleo agrario ejidal.

Tabla 12. Núcleo agrario ejidal Chalmita

Datos generales	
Núcleo agrario	Chalmita
Tipo	Ejido
Clave:	15 063 002
Acción agraria	Dotación
Folio y comunidades:	15063003108011936R
Totales	
Acciones :	1
Sup. Total del Núcleo	708.000000
Grandes áreas	
Sup. Parcelada	
Sup. Asent. Hum. Delimitado al interior	
Sup. Uso común	
Beneficiarios	
Ejidarios	
Avecindados	
Posesionarios	

Fuente: Elaboración propia con base a (PHINA, 2022)

Chamilita cuenta con un total de 708.00 hectáreas y la acción agraria de este lugar es “dotación”, de acuerdo al RAN (2014), esto quiere decir que se pueden conceder tierras a los núcleos de población que carezcan de ella a través de una resolución presidencial o de una sentencia del Tribunal Superior Agrario.

Tabla 13. Núcleo agrario ejidal La cañada

Datos generales	
Núcleo agrario	La cañada
Tipo	Ejido
Clave:	15 063 006
Acción agraria	Dotación
Folio y comunidades:	15063002106011936R
Totales	
Acciones :	1
Sup. Total del Núcleo	171.075207
Grandes áreas	
Sup. Parcelada	116.103546
Sup. Asent. Hum. Delimitado al interior	16.646738
Sup. Uso común	54.971661
Beneficiarios	
Ejidarios	52
Avecindados	4
Posesionarios	27

Fuente: Elaboración propia con base a (PHINA, 2022)

La Cañada cuenta con una superficie menor que Chalmita, está conformada por 171.075207 hectáreas, este núcleo también cuenta con la acción de dotación. De este núcleo agrario ejidal existen más datos, por ejemplo, tiene una superficie de plano interno de 187.721945 hectáreas la cual se divide en la superficie parcelada de 116.103546 hectáreas, la superficie de asentamientos humanos delimitados al interior de 16.646738 hectáreas y la superficie de uso común de 54.971661 hectáreas. Cabe resaltar que los beneficiarios están conformados por 52 ejidatarios, 4 avecindados y 27 posesionarios.

Tabla 14. Núcleo agrario ejidal La Lagunita

Datos generales	
Núcleo agrario	La Lagunita
Tipo	Ejido
Clave:	15 063 014
Acción agraria	Dotación
Folio y comunidades:	15063001130121935R
Totales	
Acciones :	1
Sup. Total del Núcleo	388.032998

Grandes áreas	
Sup. Parcelada	185.803891
Sup. Asent. Hum. Delimitado al interior	
Sup. Uso común	214.440472
Beneficiarios	
Ejidarios	52
Avecindados	4
Posesionarios	53

Fuente: Elaboración propia con base a (PHINA, 2022)

La Lagunita cuenta con una superficie de 388.032998 hectáreas, este núcleo también cuenta con la acción de dotación. Este núcleo agrario ejidal tiene una superficie de plano interno de 400.244363 hectáreas, la cual se divide en la superficie parcelada de 185.803891 hectáreas y la superficie de uso común de 214.440472 hectáreas. Es necesario mencionar que los beneficiarios están conformados por 52 ejidarios, 4 avecindados y 53 posesionarios.

En cuanto a la categoría de núcleo agrario comunal, en la tabla 15 se pueden observar las características del Núcleo agrario comunal San Juan Atzingo.

Tabla 15. Núcleo agrario comunal San Juan Atzingo

Datos generales	
Núcleo agrario	San Juan Atzingo
Tipo	Comunidad
Clave:	15 063 016
Acción agraria	RTBC
Folio y comunidades:	15063005220062007S
Totales	
Acciones :	1
Sup. Total del Núcleo	18,858.272024
Grandes áreas	
Sup. Parcelada	
Sup. Asent. Hum. Delimitado al interior	
Sup. Uso común	
Beneficiarios	
Ejidarios o comuneros	
Avecindados	
Posesionarios	

Fuente: Elaboración propia con base a (PHINA, 2022)

San Juan Atzingo cuenta con un total de 18,858.272024 hectáreas y la acción agraria de este lugar es Reconocimiento y titulación de bienes comunales (RTBC) de acuerdo al RAN (2014), es “el procedimiento mediante el cual un núcleo de población que posee títulos auténticos pero no primordiales de sus tierras, o que está en posesión de las mismas y no tiene conflictos de linderos con otras comunidades, ejidos o con particulares, puede solicitar que se le confirme dicha posesión comprobada como calificada y se le titule o reconozcan sus títulos y sus bienes comunales”.

Para esta investigación es fundamental recalcar que la superficie que participa en el programa PSAH de CONAFOR está dentro de los Bienes Comunales de San Juan Atzingo el cual representa el 54.6% del territorio total del municipio.

Áreas Naturales Protegidas

Dentro de la superficie total que participa en el programa PSA del municipio de Ocuilan, se encuentran tres áreas naturales protegidas. Dos de ellas son estatales y una es nacional.

Una de las ANP's es el Parque Estatal Nahuatlaca Matlazinca (figura 27), el cual fue decretado el 20 de septiembre de 1977. Su extensión es de 27,878 hectáreas y abarca los municipios de: Joquicingo, Texcalyacac, Malinalco, Ocuilan, Tenango del Valle y Santiago Tianguisteco, todos del Estado de México (Naturalista, 2017).

Figura 27. Parque Estatal Nahuatlaca Matlazinca



Fuente: AllTrails, (s.f.)

La vegetación más representativa de esta zona es bosque mixto de pino y encino, dentro de estos las especies dominantes son *Pinus teocote*, *P. montezumae*, *P. leiophilla* (conocidas comúnmente como Ocotes); y *Quercus sp.* (Encinos) (Naturalista, 2017).

El lugar fue decretado Parque Estatal con la finalidad de “promover de forma intensiva la forestación y reforestación, el control de corrientes pluviales, la prevención de inundaciones y erosiones, la generación y mejoramiento del suelo, de las aguas y de la atmósfera”, además de implementar prohibiciones de construcciones y asentamientos humanos, que de alguna manera lesionen o impidan el buen funcionamiento del parque o el quebrantamiento

ecológico del lugar (CEPANAF, 1977; GACETA, 2011). En la tabla 16 se puede observar la zonificación del ANP.

Tabla 16. Zonificación del Parque natural Estatal Nahuatlaca Matlazinca

ZONA	CARACTERÍSTICAS
Protección	Tiene un carácter preventivo, ya que se pretende la garantía de la zona con vegetación representativa. Se pueden realizar actividades productivas relacionadas con la conservación, como silvicultura y ecoturismo, investigación científica y acciones que propicien su mantenimiento, asimismo aquellas que incentivan la protección del ANP.
Conservación	Se mantiene la vegetación natural en estado de conservación, sin embargo, se pueden llevar a cabo acciones productivas sustentables que estén condicionadas a no rebasar la capacidad de carga, degradar el ambiente o reducir la provisión de los servicios ambientales.
Aprovechamiento o sustentable	No tiene vegetación nativa original y el suministro de servicios ambientales es limitado. Se permite el aprovechamiento sustentable e intensivo con base en las limitantes y lineamientos que impone el programa de manejo. Igualmente, las acciones a desarrollar están sujetas a la normatividad vigente y a lo establecido en los planes municipales de desarrollo urbano.
Restauración	La modalidad de uso es fundamentalmente con actividades que coadyuven a la recuperación ecológico-productiva, como plantaciones forestales, protección de taludes, propagación de especies vegetales pioneras y plantación de arbustos compatibles con las condiciones del suelo, con el fin de estabilizar taludes; construcción de estructuras de contención de sedimentos y azolves. De acuerdo al nivel de recuperación que se genere, se podrán establecer posteriormente actividades compatibles con objetivos de conservación y recuperación ambiental para favorecer la retención de agua pluvial y la recarga de los niveles freáticos, convirtiéndose en nuevos espacios que favorezcan la realización de actividades ecológicas educativas de carácter sustentable. Los grupos y organizaciones civiles y sociales pueden hacer trabajos y aportaciones generosas para la recuperación ambiental de dichas zonas.
Urbanizables	Estas zonas son recomendables para el establecimiento de asentamientos humanos, ya que actualmente se encuentran en proceso de ocupación y crecimiento de la población. Aquí no se aportan servicios ambientales porque no cuentan con coberturas forestales ni cuerpos de agua; las normas de ocupación de uso de suelo (en actividades permitidas y condicionadas) serán establecidas por el dictamen técnico de Desarrollo Urbano Municipal y/o el Plan Municipal de Desarrollo Urbano.

Fuente: Elaboración propia con base en CEPANAF (1977) y GACETA (2011).

La segunda ANP es el Parque Estatal Ecológico, Turístico y Recreativo, Otomí Mexica (figura 28), este fue decretado el 8 de enero de 1980 y abarca los municipios de Ocuilán, Tianguistenco, Capulhuac, Xalatlaco, Ocoyoacac, Lerma, Huixquilucan, Naulcalpan,

Otzolotepec, Xonacatlán, Isidro Fabela, Temoaya, Jiquipilco, Jilotzingo, Villa Nicolás Romero, Villa del Carbón y Morelos, ocupando un territorio de 105,875 hectáreas (GACETA, 1980; DOF, 2016)

Figura 28. Parque Estatal Ecológico, Turístico y Recreativo, Otomí Mexica



Fuente: CEPANAF (s.f.).

Dentro de su vegetación predominan el bosque de oyamel, bosque de pino, bosque de encino y bosque mixto con una distribución tanto concentrada como dispersa. También hay pastizal natural y pastizal inducido (Pérez, 2017).

Las razones que orillaron a decretar la zona como un parque estatal se basan en la implementación de forestación y reforestación, el control de corrientes pluviales, la absorción de aguas, la prevención de inundaciones y erosiones, el mejoramiento y conservación de suelos, el desarrollo de programas silvícolas, saneamiento y aprovechamiento forestal, agrícolas y ganaderos de montaña, la infraestructura turística, además de la prohibición de construcciones que dificulten un buen funcionamiento, así como la restricción de asentamientos humanos. (GACETA, 1980; DOF, 2016). En la tabla 17 se puede ver la zonificación que presenta el parque estatal.

Tabla 17. Zonificación Parque Estatal Ecológico, Turístico y Recreativo, Otomí Mexica

ZONA	Subzona	CARACTERÍSTICAS
Núcleo	Protección	Contiene ecosistemas importantes debido a los procesos naturales que se pueden desarrollar en ellos. La superficie total de estas zonas es de 48573.98 hectáreas. El principal propósito es proteger los ambientes de cañadas, cuerpos de agua, áreas de recarga de manantiales o zonas de vegetación con alta densidad, hábitats frágiles de biodiversidad silvestre prioritaria y la adecuada provisión de servicios ambientales. Se permiten realizar actividades de monitoreo del ambiente, de investigación científica no invasiva, (que no implique la extracción o el traslado de especímenes, ni la modificación del hábitat), desarrollo de la educación ambiental y cultura ecológica, actividades productivas sin afectar la integridad ecológica, control de plagas y enfermedades forestales, fomentar la protección de la cubierta forestal y coadyuvar a que los propietarios generen bienestar económico. El desarrollo de actividades en estas zonas requiere de Manifestación de Impacto Ambiental y consultar normas técnicas ambientales del Estado de México.
Amortiguamiento	Conservación	Contiene vegetación natural en buen estado que contribuye de forma significativa al suministro de servicios ambientales. Esta zona tiene un total aproximado de 13138.12 hectáreas, aquí se pueden realizar acciones productivas sustentables que no excedan los límites de capacidad de carga ni provoquen la degradación del ecosistema o disminuyan la provisión de los servicios ambientales. Si se realizan acciones de manejo de plagas y enfermedades forestales deben ejecutarse bajo estricta asesoría de especialistas en ingeniería forestal. Las actividades permitidas no deben provocar impactos ambientales y sociales negativos, además, deben estar encaminadas a la conservación. Cualquier obra, plan o proyecto que se pretenda realizar en estas zonas debe presentar Manifestación de Impacto Ambiental y sustentarse en las políticas de los Modelos de Ordenamiento Ecológico y Planes Municipales de Desarrollo Urbano.
	Restauración	Comprende una superficie aproximada de 20883.36 hectáreas. Estas zonas son espacios degradados o en proceso de degradación, contienen partes de la diversidad biológica original, generalmente no contribuyen a la provisión de recursos ambientales o esta es muy limitada. En este espacio es primordial y necesario realizar actividades de restauración y rehabilitación para evitar y disminuir la degradación, contribuyendo de esta manera a la prevención de afectaciones a ecosistemas.

	Aprovechamiento	Tienen una superficie de 20703.03 hectáreas, las cuales son las siguientes: “a) No contienen vegetación original de la región, b) El estado en que se encuentran los ecosistemas contribuye de manera limitada a la provisión de servicios ecosistémicos, c) Áreas con cubierta forestal dispersa (bosque mixto no original), d) Existen asentamientos humanos dispersos no consolidados entre áreas de bosque no nativo, e) Se practica la agricultura tradicional o convencional de manera intensiva y extensiva, f) Áreas en donde se realizan actividades turísticas, recreativas y de esparcimiento, g) Espacios con infraestructura de agricultura tecnificada controlada (invernaderos), así como establecimientos comerciales e industriales”. Aquí se pueden realizar obras públicas o privadas para el manejo y gestión de recursos naturales que generen beneficios a los habitantes locales y usuarios, que guarden armonía con el paisaje, que no provoquen impactos ambientales permanentes y que estén sujetos a regulaciones de manejo sustentable de los recursos naturales, con apego estricto a los Programas de Manejo emitidos y aprobados por las dependencias.
--	-----------------	---

Fuente: Elaboración propia con base en GACETA (1980) y DOF (2016).

Respecto al Parque Nacional Lagunas de Zempoala (figura 29) cuenta con un área de 4,790 hectáreas, esta zona fue decretada Parque Nacional el 30 de septiembre de 1936 y su ubicación está comprendida en los límites de los Estados de Morelos y México (DOF, 1936; DOF, 2011).

Figura 29. Parque Nacional Lagunas de Zempoala



Fuente: Enríquez, (2021)

Conforme a Naturalista (s.f.), la flora que se halla en las lagunas se identifica por la abundancia de varios tipos de algas que conviven en un espacio reducido a semejante altura. Esto causa que sea uno de los sitios más importantes de México en cuestión de biodiversidad. En cuanto a la flora circundante, hay presencia del bosque de pino, siendo las principales especies *Pinus montezumae* y *Pinus teocote*, en las partes altas *Pinus hartwegii*. El bosque de *Abies religiosa*, restringido a zonas elevadas (de alta montaña), forma un bosque de

mayores extensiones y presencia en el lugar que el anterior, y se conserva como poco perturbado.

Este Parque Nacional se decretó debido a que constituye una región de gran relevancia, no solo por los recursos forestales que han logrado conservarse y que se encuentran en forma de tupidos bosques de coníferas, sino al mismo tiempo, porque sus terrenos de gran inclinación requieren una amplia protección para evitar erosiones y deslaves que perjudiquen a las lagunas tras el posible azolvamiento y modificación de disminución u agotamiento de los manantiales que les dan origen (DOF, 1936; DOF, 2011). En la tabla 18 se puede observar la zonificación del ANP.

Tabla 18. Zonificación del Parque Nacional Lagunas de Zempoala

SUBZONA	CARACTERÍSTICAS
Preservación “El Tabaquillo”	<p>Esta subzona es formada por una superficie de 2,881 hectáreas, tiene ecosistemas importantes en buena calidad, por lo que el desarrollo de actividades requiere de un manejo específico para lograr su adecuada protección.</p> <p>Prácticamente esta rodea la subzona de Uso Público Zempoala. La topografía es irregular y una de las mayores elevaciones es el Cerro Zempoala con una altitud de 3,200 m y en este cerro nacen los arroyos permanentes Tonatiahua y Las Trancas.</p>
Uso Público “Zempoala”	<p>Tiene una superficie de 142 hectáreas, por sus características particulares cuenta con diversos atractivos naturales donde se pueden realizar actividades recreativas y de esparcimiento, se ubica por arriba de los 2,800 m.s.n.m., la cual corresponde a los municipios de Ocuilan de Arteaga y Huitzilac en los Estados de México y Morelos, respectivamente.</p> <p>En esta subzona se ubican las lagunas Tonatiahua, Zempoala y Compila. Cuenta con infraestructura de apoyo para la realización de actividades recreativas y ecoturísticas constituidas por juegos infantiles, comedores, estacionamiento, senderos interpretativos, miradores, salón de eventos, baños públicos convencionales y secos, oficinas administrativas y señalización. También es importante mencionar que el parque (especialmente esta subzona) cuenta con un equipo de guarda parques que realizan actividades de vigilancia.</p>
Recuperación “El Varal y Portezuelos-Hueyapan”	<p>Esta subzona se integra por dos polígonos denominados: El Varal y Portezuelos-Hueyapan respectivamente, con una superficie total de 1,767 hectáreas, en las que los recursos naturales han resultado severamente alterados y que serán objeto de programas de recuperación y rehabilitación.</p> <p>El Varal tiene un área de 1,030 hectáreas y predomina la topografía irregular. En este polígono se encuentra un lecho del Lago Quila el cual se suministra agua al poblado de Tres Marías mediante bombeo.</p>

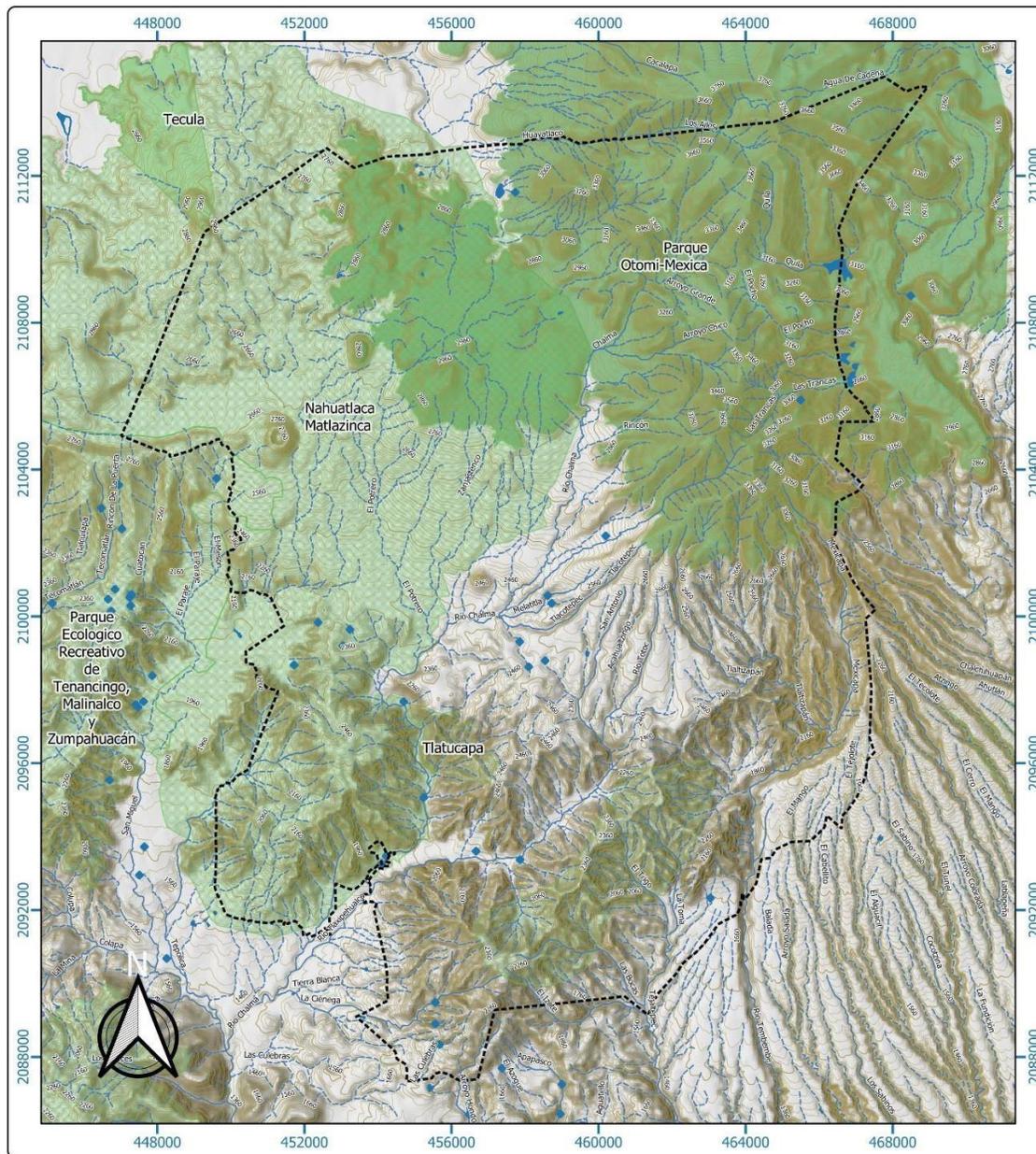


	Portesuelos-Hueyapan, está constituida por una superficie de 737 hectáreas que en su totalidad corresponden al Municipio de Huitzilac, en el Estado de Morelos.
--	---

Fuente: Elaboración propia con base en (DOF, 1936; DOF, 2011).

En la figura 30 se pueden observar un mapa de las Áreas Naturales Protegidas Estatales, en la figura 31 las Áreas Naturales Protegidas Federales. Y en la figura 32 se ilustran las Áreas Naturales Protegidas Estatales, Federales y los polígonos beneficiarios del programa Pago por Servicios Ambientales Hidrológicos (PSAH) otorgado por la CONAFOR.

Figura 30. Mapa, Áreas Naturales Protegidas Estatales.



Universidad Autónoma del Estado de México
 Facultad de Planeación Urbana y Regional
 "Análisis del programa de Pago por Servicios Ambientales en zonas forestales del Estado de México, caso de estudio Ocuilán"



Mapa de Áreas Naturales Protegidas Estatales

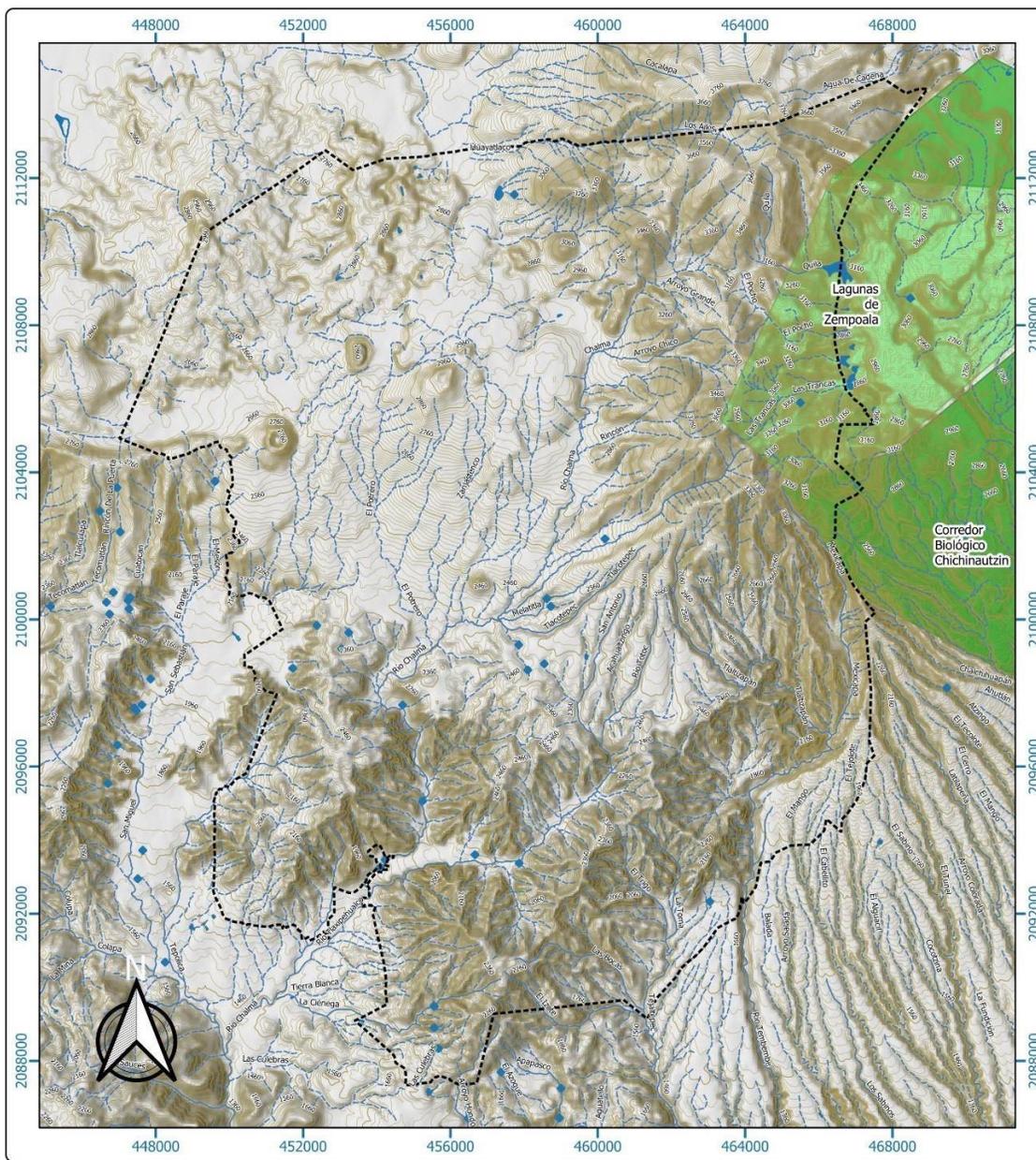
1:140,000

0 4,000 8,000 m

Simbología	
--- Ocuilán	■ Cuerpo de Agua
— Curva maestra (100 mts)	● Manantial
— Curva ordinarias (10mts)	ANP-estatales
— Corriente de agua	■ Barrancas urbanas de Cuernavaca
- - Intermitente	■ Cerro La Cruz Tejaltepec
— Perenne	■ Nahuatlaca Matlazinca
	■ Tecula
	■ Tlatucapa
	■ Parque Ecologico Recreativo de Tenancingo, Malinalco y Zumpahuacán
	■ Parque Otomi-Mexica

Proyección: EPSG: 32614 – WGS 84 / UTM zona 14N
 Fuente: Cartas topograficas 1:50000, E14A48, E14A49, E14A58, E14A59 de INEGI 2019, Modelo digital de elevación, Conabio 2022
 Elaboró: Sharon Arantza Concepción Alcántara

Figura 31. Mapa, Áreas Naturales Protegidas Federales.

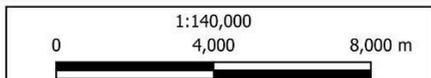




 Universidad Autónoma del Estado de México
 Facultad de Planeación Urbana y Regional
 "Análisis del programa de Pago por Servicios Ambientales en zonas forestales del Estado de México, caso de estudio Ocuilán"



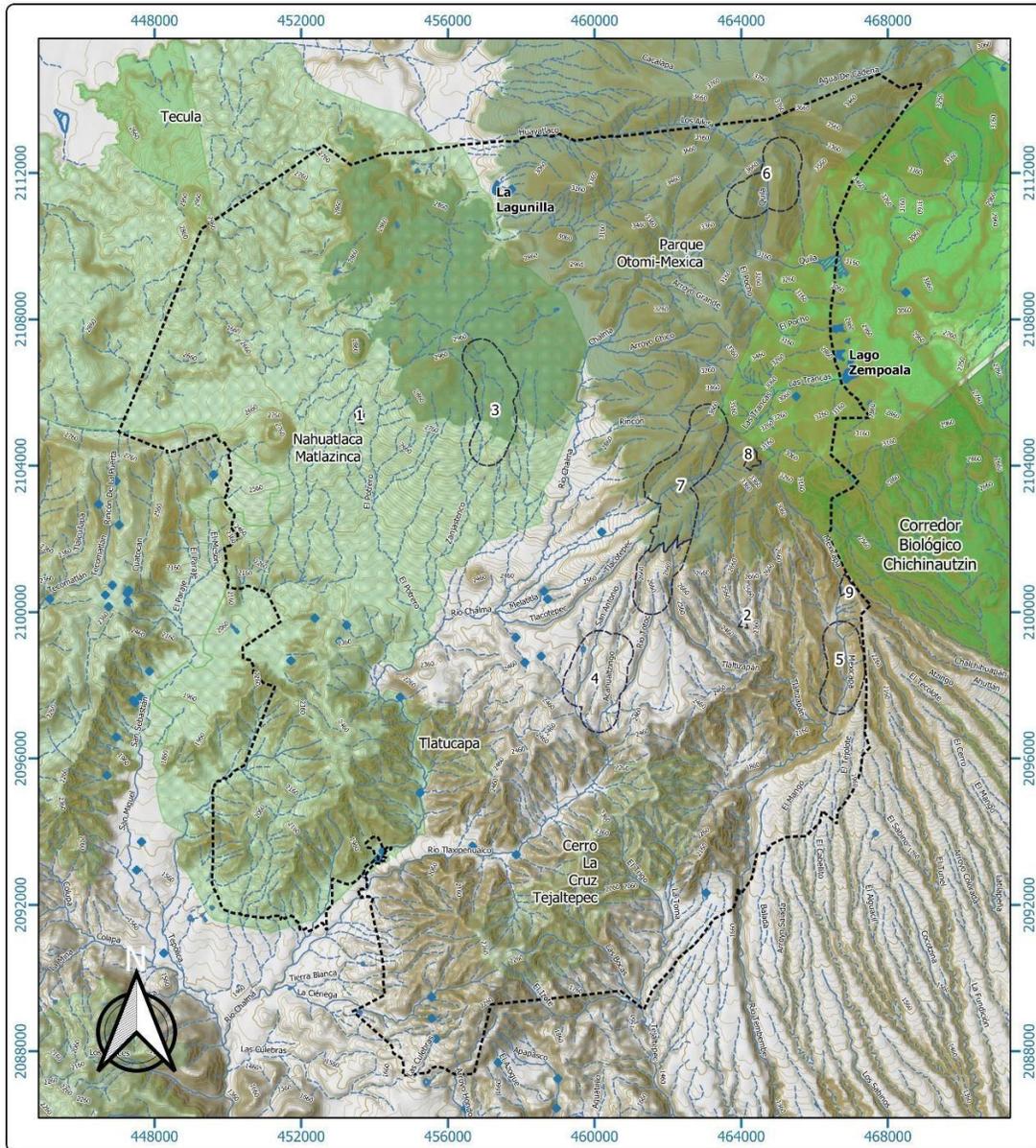
Mapa de Áreas Naturales Protegidas Federales



Simbología		
<ul style="list-style-type: none"> Ocuilán Curva maestra (100 mts) Curva ordinarias (10mts) Cuerpo de Agua 	<p style="text-align: center;">Corriente de agua</p> <ul style="list-style-type: none"> Intermitente Perenne ◆ Manantial 	<p style="text-align: center;">ANP Federal</p> <ul style="list-style-type: none"> Corredor Biológico Chichinautzin Parque Nacional Lagunas de Zempoala

Proyección: EPSG: 32614 – WGS 84 / UTM zona 14N
 Fuente: Cartas topográficas 1:50000, E14A48, E14A49, E14A58, E14A59 de INEGI 2019, Modelo digital de elevación, Conabio 2022
 Elaboró: Sharon Arantza Concepción Alcántara

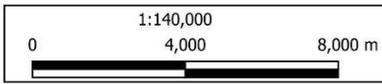
Figura 32. Mapa, Áreas Naturales Protegidas Estatales, Federales y beneficiarios del programa PSAH.




 Universidad Autónoma del Estado de México
 Facultad de Planeación Urbana y Regional
 "Análisis del programa de Pago por Servicios Ambientales en zonas forestales del Estado de México, caso de estudio Ocuilán"
 

Mapa de Áreas Naturales Protegidas y polígonos beneficiarios

Simbología	
Ocuilán	Cuerpo de Agua
Polígonos beneficiarios	INTERMITENTE
Curvas maestras (100 mts)	PERENNE
Curvas ordinarias (10mts)	Manantial ANP Estatal
Corriente de agua	Barrancas urbanas de Cuernavaca
Intermitente	Cerro La Cruz Tejaltepec
Perenne	Nahuatlaca Matlazincin
	Tecula
	Tlatucapa
	Parque Ecológico Recreativo de Tenancingo, Malinalco y Zumpahuacán
	Parque Otomi-Mexica ANP Federal
	Corredor Biológico Chichinautzin
	Parque Nacional Lagunas de Zempoala



Proyección: EPSG: 32614 – WGS 84 / UTM zona 14N
 Fuente: Cartas topograficas 1:50000, E14A48, E14A49, E14A58, E14A59 de INEGI 2019, Modelo digital de elevación, Conabio 2022, CONAFOR 2017, SJATL 2022.
 Elaboró: Sharon Arantza Concepción Alcántara

2.1.5 Metodología

Con la finalidad de efectuar el análisis del programa de Pago por Servicios Ambientales Hidrológicos en las zonas forestales del municipio de Ocuilan, Estado de México, se diseñó la siguiente metodología con el objetivo de identificar la ganancia, conservación y/o pérdida de cobertura forestal en superficie beneficiada por el PSAH tanto al interior como la exterior de las Áreas Naturales Protegidas presentes en el municipio. Esta metodología se desarrolló en dos etapas: 1) la investigación documental y 2) análisis espacial.

1) Investigación Documental

Respecto a la etapa de investigación documental fue necesaria la búsqueda, identificación, acopio y análisis de información documental contenida en diversas fuentes como libros, revistas, artículos científicos, programas de manejo, instrumentos jurídicos, bases de datos, fuentes electrónicas y otros documentos oficiales.

Para la investigación se usó un marco teórico donde se partió del desarrollo sustentable como base del programa PSA; el desarrollo sustentable tiene como objetivo mejorar la vida de la población a través de tres ejes, el crecimiento económico, el desarrollo social y la protección del ambiente, para ello es fundamental considerar que estos ejes son interdependientes, a fin de cumplir con dicho fin se implementan estrategias y políticas dentro de las cuales nace el programa PSA.

Para relacionar e interpretar el desarrollo sustentable como modelo del pago por servicios ambientales se hizo uso de diferentes artículos de revistas científicas y libros (Bartolo *et al.*, 2011; Espinoza *et al.*, 1999; Treviño *et al.*, 2004), en el cual mencionan algunas estrategias basadas en un enfoque integral para llegar a dicho desarrollo.

Posteriormente, se elaboró un marco conceptual con el fin de establecer los conceptos generales del programa PSA, conocer sus antecedentes, bajo qué condiciones se ha desarrollado, identificar cuáles son sus beneficios y consecuencias, analizar su operación y conocer quiénes son los principales beneficiarios y/o involucrados en su implementación.

Los antecedentes del Pago por Servicios Ambientales de contexto internacional se identificaron a través del documento oficial de la “oficina de desarrollo sostenible y medio ambiente de la Organización de los Estados Americanos” (OAS, 2005); sin embargo, para los antecedentes del contexto nacional se hizo uso de la sección “Pago por Servicios Ambientales del libro conservación y desarrollo sustentable en la Selva Lacandona” (Ortiz *et al.*, 2015), un documento de “Servicios Ambientales y Cambio Climático” de CONAFOR (2011); además, el artículo “Avances y limitantes del programa de pago de servicios ambientales hidrológicos en México de la revista mexicana de ciencias forestales” (Perevochtchikova y Tamayo 2012).

Para determinar que son los servicios ambientales se consultaron informes de diferentes sitios oficiales como: “servicios ambientales o ecosistémicos, esenciales para la vida y situación” (SEMARNAT 2021), “perspectivas de la conservación y desarrollo de los bosques” de la FAO (1999), también documentos de sitios web como “Capital natural y bienestar social” (CONABIO, 2006); además, se retomó el documento “Servicios Ambientales y Cambio Climático” de CONAFOR (2011) y el informe “Pagos por servicios ambientales: Principios básicos esenciales” (Wunder, S. 2006).

Una vez definidos los servicios ambientales, se determinó el concepto Pago por Servicios Ambientales por lo que se retomó el libro “conservación y desarrollo sustentable en la Selva Lacandona” (Ortiz *et al.*, 2015); además, diferentes definiciones utilizadas autores como: Villavicencio (2009) en su artículo “propuesta metodológica para un sistema de pago por servicios ambientales”, Mayrand y Paquin (2004) con el informe “Pago por servicios ambientales: Estudio y evaluación de esquemas vigentes” Perevochtchikova y Tamayo, (2012) con el artículo de la “Revista mexicana de ciencias forestales, Avances y limitantes del programa de pago de servicios ambientales hidrológicos en México”; además, informes de CONAFOR (2010 y 2019), también se recuperó el documento oficial de la “oficina de desarrollo sostenible y medio ambiente de la organización de los estados americanos” (OAS, 2005).

Por otro lado, las características y descripción del programa PSA se adquirieron primeramente del informe “Pagos por servicios ambientales: Principios básicos esenciales”. (Wunder, 2006), de sitios oficiales como CONAFOR (2011), además, se retomaron artículos como el de la “Revista mexicana de ciencias forestales Avances y limitantes del programa de pago de servicios ambientales hidrológicos en México” (Perevochtchikova y Tamayo, 2012), algunos documentos de internet: “oferta y demanda de PSA: actores y sus roles” (Gómez, 2008), las “Reglas de Operación para el otorgamiento de pagos del Programa de Servicios Ambientales Hidrológicos” (SEMARNAT, 2001), documentos oficiales de universidades como la universidad de Huelva “Pagos por servicios ambientales - Conceptos y pasos para la implementación de esquemas de PSA” (Sarmiento, 2011) y la Universidad Autónoma del Estado de México UAMEX con “análisis socioespacial, geográfico, ambiental y ecológico del parque otomí – mexicana, estado de México” (Pérez *et al.*, 2007); también del libro de “Fondos Ambientales y Pagos por Servicios Ambientales” (Herbert *et al.*, 2010). Asimismo, se mencionó de forma más específica la descripción y las características del programa PSAH que aparecen en las “reglas de operación del programa PRONAFOR” de la CONAFOR (2017), ya que las zonas analizadas fueron beneficiarias del programa otorgado por esta institución.

Con la finalidad de tener una mayor familiarización con el tema, se indagaron diversos artículos de revistas, donde se reconocieron diferentes casos de estudios a los de nivel Internacional, nacional y local. A nivel internacional se mencionó: “Pago por servicios ambientales en el sector del agua: el Fondo para la Protección de Agua” (Chafla y Cerón

2016), “Determinación de la disposición a pagar por el servicio ambiental protección de los recursos hídricos en el estado Táchira, Venezuela” (Pérez *et al.*, 2009) y “Proyecto de Carbono Suruí” (Gálmez, 2013; Santay, 2012). A nivel nacional: “Secuestro de Carbono y Pago por servicios ambientales en la Sierra Gorda (CONAFOR, 2011; Santay, 2012), “El PSA en Marquès de Comillas” (AMBIO, s.f.; Cisneros *et al.*, 2016), “Pago por servicios ambientales hidrológicos y dinámica de la cobertura arbórea en la región Iztaccíhuatl-Popocatepetl, Puebla, México” (Mora *et al.*, 2019), “La experiencia en la Reserva de la Biosfera Mariposa Monarca y su fondo patrimonial” (CONAFOR, 2011) y “Pago por servicios ambientales hidrológicos en la Cuenca del alto Nazas, Durango.” (CONAFOR, 2011; SEMARNAT, 2012). Por último, a nivel local: “El pago por servicios ambientales en la Cuenca de Amanalco, Valle de Bravo” (Bonfil y Madrid, 2006), “Pago por servicios ambientales hidrológicos: caso de estudio Parque Nacional del Nevado de Toluca, México” (Brunett *et al.*, 2010) y “Evaluación del programa de Pago por servicios ambientales hidrológicos en el Parque Nacional Nevado de Toluca” (Aguilar *et al.*, 2014, 2015 y 2017).

Para el marco legal se hizo uso principalmente del informe sobre la “Propuesta de Pago por Servicios Ambientales en México” (Rosa y Kandel, 2002) y el artículo de la “Revista mexicana de ciencias forestales, avances y limitantes del programa de pago de servicios ambientales hidrológicos en México” (Perevochtchikova y Tamayo, 2012). Sin embargo, también se indagó el libro “Pagos por servicios ambientales y objetivos de desarrollo sostenible en América Latina ¿hacia dónde deben orientarse?” (Moros *et al.*, 2020), y documentos oficiales como: “la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos” (DOF, 2021), “la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente” (DOF, 2016), “la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable” (DOF, 2018) y su reglamento (DOF, 2020), la “Ley Agraria” (DOF, 2022), “la Ley de Aguas Nacionales” (DOF, 1992) y la “Ley General de la Vida Silvestre” (DOF, 2021).

Por último, la caracterización fue orientada a aspectos físicos, ambientales, sociales y económicos del municipio de Ocuilan. Para el diagnóstico ambiental y socioeconómico se hicieron uso de diversas fuentes; en la localización fue necesario indagar en la “Enciclopedia de los municipios y delegaciones de México” (Pérez, s.f.); además, el “Plan de desarrollo urbano de Ocuilan” (H. Ayuntamiento de Ocuilan, 2003). En este apartado para tener un mayor alcance de las características físicas generales del municipio se desarrolló un mapa topográfico del municipio donde se hicieron uso de los siguientes insumos: cartas topográficas 1:50000 E14A48, E14A58, E14A49, E14A59 y el modelo digital de elevación, todos ellos obtenidos de INEGI (2019; 2020).

Para la descripción ambiental se recuperó el “Plan de desarrollo urbano de Ocuilan” (H. Ayuntamiento de Ocuilan, 2003), el “Programa Hídrico Integral Del Estado De México 2017-2023” (CAEM., 2018); además, las cartas geológicas y edafológicas (INEGI, 1975; INEGI, 1983), documentos de sitios oficiales como el Servicio Geológico Mexicano (2017) y la FAO (2007), incluso sitios de internet como el portal de geoinformación de CONABIO

(2022) y *SIATL* (2022). Con el fin de dar mayor sustento a la caracterización ambiental, se desarrolló un mapa de hidrología en el que fue necesaria la recopilación de capas geográficas de las cartas topográficas E14A48, E14A58, E14A49, E14A59 de INEGI (2019) y cartas de las cuencas y subcuencas que conforman el municipio, estas últimas obtenidas de *SIATL*, todas a escala 1:50000; también se elaboró un mapa de edafología y geología, estos a escala 1:250000, el primero del año 2007 y el segundo de 1983, ambos conseguidos de la plataforma de INEGI; además, un mapa de los climas que predominan en el municipio, los shapes utilizados para su elaboración se descargaron del geoportal de CONABIO, escala 1:50000, año 2001. Para determinar los nombres de la flora y fauna se indagaron diferentes libros y artículos (CONABIO, 2006; CONANP, 2011; CONABIO, 2012; Quiñones *et al.*, 2021; VELÁSQUEZ, 2021; UNAM, 2022; Zepeda y Justo, s.f.; INIFAP, s.f.).

De acuerdo con la información censal disponible de INEGI 2020-2010 y con el “Plan de desarrollo municipal de Ocuilan” (H. Ayuntamiento de Ocuilan 2013) se pudo hacer un diagnóstico de la población y sus características económicas; también se utilizó el “Índice de marginación por localidad” (CONAPO, 2010), el informe “Tlahuicas ocuiltecos del Estado de México” (Ramírez, 2007) y el artículo de revista “Procesos migratorios indígenas en el Estado de México” (Domingo, 2015).

El Registro Agrario nacional (RAN 2014) y el Padrón e Historial de Núcleos Agrarios (PHINA, 2022) ayudaron a identificar los tipos de núcleos agrarios que conforman el municipio de Ocuilan y las características generales de cada uno.

Cada ANP se describió con ayuda de diferentes fuentes de información. El Parque Estatal Nahuatlaca Matlazinca, hizo uso del documento que lo decretó (CEPANAF, 1977) y el “resumen del programa de conservación y manejo del parque” (GACETA, 2011); para el Parque Estatal Otomí Mexica se usó el decreto (GACETA, 1980), el “resumen del programa de conservación y manejo del parque” (DOF, 2016) y el artículo “Análisis socioespacial, geográfico, ambiental y ecológico del parque Otomí – Mexica, Estado de México” (Pérez, 2017). Por último, el Parque Nacional Lagunas de Zempoala, el decreto (DOF, 1936), el “resumen del programa de conservación y manejo del parque” (DOF, 2011) y el sitio de internet Naturalista (Naturalist s.f.).

2) Análisis Espacial

En cuanto a la etapa de análisis espacial, con el apoyo del portal de geoinformación de CONABIO (2022) se identificaron las áreas naturales protegidas estatales y federales que están dentro del territorio de Ocuilan, estas mismas fueron descargadas en archivo shape para la elaboración de un mapa en el sistema de información geográfica QGis.

Fue esencial la indagación, recopilación y análisis de información cartográfica englobada en diversos sitios de internet, como: el Instituto Nacional de Estadística, Geografía y Estadística (INEGI 2019, 2020), el geoportal de la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO 2022), el Simulador de Flujos de Agua de Cuencas

Hidrográficas (SIATL 2022), Earth explorer (Explorer, 2022), el Continuo de Elevaciones Mexicano (INEGI, CEM, 2022) y “Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas” (INEGI-DENUE, 2022). El procedimiento realizado fue:

1. Primero se obtuvieron los resultados del Programa de Pago por Servicios Ambientales a nivel Estado de México, correspondientes a la anualidad 2017 (CONAFOR, 2017) y se identificaron los datos del municipio de Ocuilan. Posteriormente se obtuvo el shape de las zonas específicas participantes del programa PSAH (CONAFOR, 2017) del municipio de Ocuilan y mediante el sistema de información geográfica QGis se asignó un número a cada polígono para tener un mayor control e identificarlos fácilmente; además, para cada polígono se determinó el área total, el área que estaba dentro de ANP y el área fuera de ANP con ayuda de la herramienta “calculadora de campos” y la creación de un nuevo campo denominado “área”. Cabe resaltar que los shapes de las ANP’s estatales y federales se retomaron del geoportal de CONABIO (2022). Es importante señalar que el documento de los resultados del programa mencionaba que el área total participante del programa PSAH del municipio de Ocuilan era de 2,540.83 hectáreas, mientras que la superficie total de los shapes fue de 1,912.29 hectáreas, por lo tanto, para el desarrollo de la investigación se determinó usar la superficie obtenida de los shapes al ser una fuente de consulta primaria.
2. El shape de las zonas participantes en el programa PSAH, se dividió en 9 polígonos, en cada uno se identificó el tipo de actividad de conservación implementada por el programa.
3. Se descargaron imágenes de satélites Sentinel2 de la plataforma Earth explorer y se cortaron al tamaño del municipio de Ocuilan. Las imágenes seleccionadas fueron del mes de abril del 2016 (época anterior a la implementación del programa) y mayo 2022 (época posterior a la implementación del programa), con un tamaño de píxel de 10 metros x 10 metros. Dichos meses se seleccionaron con la finalidad de que ambas imágenes fueran de la época de estiaje con mínima o nula nubosidad y de esta manera poder hacer una comparación lo más equitativa posible entre periodos.
4. A través del Sistema de Información Geográfica QGis se realizó una clasificación supervisada por cada imagen Sentinel2, por lo que se desarrolló el siguiente procedimiento para cada una:
 - a. Se cargaron las bandas (2, 3, 4 y 8) y se creó un raster virtual y raster de juego de bandas a través del “juego de bandas” con la herramienta SCP
 - b. Al raster generado se le implementó una combinación RGB con un color natural para poder identificar una imagen más “real” de las zonas a examinar.
 - c. A través del panel SCP dock se realizó una clasificación supervisada por cada polígono donde se consideró lo siguiente: se implementaron 4 categorías de zonas; la número 1 represento zonas urbanas, la 2 zonas

agrícolas, la 3 zonas de vegetación dispersa y la 4 zonas forestales, para cada categoría se produjeron 8 polígonos, (al terminar la clasificación se genera un ráster).

Con la finalidad de conocer la precisión de las clasificaciones supervisadas, posterior a su elaboración, se creó una matriz de confusión para cada una. De la siguiente manera:

1. Primero se calculó el tamaño de la muestra con ayuda una calculadora estadística online, SuverMonkey (SurveyMonkey, s.f.); para esto fue necesario saber la cantidad de píxeles de la imagen, que equivalen al tamaño de la población, (se multiplicó el alto por el ancho), en este caso (2192*2736), las imágenes dieron un resultado de 5997312 píxeles. Una vez que se introdujo el tamaño de población en la calculadora, está automáticamente dio el tamaño de muestra, dicho valor es el mínimo que se debe de usar, para este caso fueron 521.
2. Con ayuda de Qgis se creó un shape de puntos aleatorios dentro de la imagen de Ocuilan. A la capa de los puntos aleatorios (muestras) se creó un nuevo campo en la tabla de atributos, llamado clase; posteriormente, a cada punto se le designó un valor de acuerdo a la imagen satelital y los valores de la clasificación supervisada antes mencionada. Es decir, si el punto 1 cayo dentro de un cultivo (tomando como referencia la imagen satelital) se pondrá el valor 2. Así por cada punto, hasta terminar los 521.
3. Teniendo todas las muestras con un valor de clase, el archivo shape se convirtió a ráster tomando en cuenta el tamaño de píxel (10 x 10) y el campo “clase”, con la finalidad de que estas muestras se convirtieran a píxeles del tamaño de las imágenes satelitales; luego se volvieron a convertir a shape para poder cargarlos en SAGA GIS, la plataforma donde se creó la matriz.
4. Por último, en la aplicación SAGA (SAGA GIS, s.f.), se subieron: la capa generada de la clasificación supervisada y el shape de las muestras para generar la matriz de confusión, a través de la herramienta *Geoprocessing*.

Es relevante mencionar que la clasificación supervisada se realizó cinco veces por cada año y para cada una se desarrolló una matriz de confusión con la finalidad de obtener resultados más preciosos. La matriz que se utilizó fue aquella que tuvo mayor índice de exactitud en el tema forestal, ya que este tipo de suelo es el que se analiza en la presente investigación.

Una vez obtenida la clasificación supervisada con mayor porcentaje de exactitud, esta fue recortada al nivel de cada polígono de las zonas participantes dentro del programa PSAH. Y se continuó con el siguiente proceso:

- a. Cada polígono generado del ráster, se convirtió a un shape vector y se dio un color de acuerdo a las 4 categorías mencionadas con anterioridad. Se definió el área forestal de cada polígono en hectáreas con la herramienta de la calculadora virtual de QGis.

-
- b. Ya que se realizó el procedimiento, para cada polígono se determinó la tasa de deforestación, con la siguiente fórmula:

$$Tc = A2 - A1$$

Donde:

Tc= Tasa de cambio de cobertura forestal

A1 = Área de bosque inicial 2016 (ha)

A2 = Área de bosque final 2022 (ha)

Finalmente, se crearon diferentes tablas. Primero aquella que menciona de manera detallada la superficie de las ANP's ocupada por los polígonos, el nombre del ANP y la superficie del territorio que cae fuera de las ANP; además, el porcentaje que representan respecto al total de la superficie participante en el programa.

La segunda tabla muestra de manera más específica cada polígono, en esta se consideraron las siguientes variables: si el polígono cae dentro o fuera de ANP, la superficie total del polígono, la superficie de cobertura forestal de cada año (2016 y 2022), la tasa de cambio de cobertura forestal y la identificación de la pérdida o ganancia de dicha cobertura forestal.

La tercera tabla presenta por cada polígono, el tipo de superficie (si está dentro o fuera de un ANP), la actividad de conservación que se aplicó, la superficie y la descripción de la actividad

Con la finalidad de visualizar las imágenes Sentinel de forma minuciosa y sin la clasificación supervisada, se elaboraron tablas comparativas donde se muestran los polígonos de ambos años y las observaciones.

Para la elaboración de los mapas finales se extrajo polígono por polígono (estos ya tenían aplicada la clasificación supervisada) para poder visualizar de forma más detallada como fue el cambio en la cobertura forestal, en cada mapa se muestra el mismo polígono en los dos años analizados. Se usó una imagen de Google Satélite (2022) (para el fondo) y los shapes de las Áreas Naturales Protegidas estatales y federales (CONABIO, 2022).

CAPÍTULO III

Resultados



Figura 33. Laguna en medio de una zona forestal.

Fuente: Elaboración propia.

CAPÍTULO III Resultados

3.1 Resultados

En la tabla 19 se pueden analizar las superficies del programa PSAH por categorías: aquellas que están dentro y fuera de ANP's. También se menciona el porcentaje que representa cada una respecto al área total de PSAH. Es importante mencionar que en esta investigación se tomó en cuenta la superficie total PSAH de los shapes de CONAFOR (2017), cuya área representa solo el 5.5% del municipio de Ocuilan.

Tabla 19. Superficies pertenecientes al programa PSAH

OCUILAN- COMUNIDAD SAN JUAN ATZINGO		PORCENTAJE
Superficie total del PSA	1912.29 has	100%
Superficie de PSAH dentro del ANP 1 (Parque natural Estatal, Nahuatlaca Matlazinca)	360.45 has	18.84%
Superficie de PSAH dentro del ANP 2 (Parque Estatal Ecológico, Turístico y Recreativo Estatal, Parque Otomí Mexica)	733.8 has	38.37%
Superficie de PSAH dentro del ANP 3 (Parque Nacional Lagunas de Zempoala)	4.49 has	.23%
Superficie de PSAH fuera de ANP	813.55 has	42.54%

Fuente: Elaboración propia.

Del área total que participo en el programa PSAH, 1,098.74 hectáreas estaban ubicadas dentro de un ANP, estas representaban el 57%. Mientras que el resto de la superficie (813.55 hectáreas) estaba fuera de un ANP, representando el 42%.

Para obtener resultados más precisos, en total se realizaron 10 procesos de “clasificación supervisada” (5 por cada año) y por cada una se generó una matriz de confusión. Para la presente investigación se utilizó la clasificación supervisada que dio mayor índice de precisión en la matriz de confusión, específicamente en la clase 4 la cual representa la cobertura forestal, puesto que es la que se analiza. A continuación, se muestran las matrices de confusión de cada año, de la clasificación supervisada elegida.

En la tabla 20 se observa la matriz de confusión del año 2016.

Tabla 20. Matriz de confusión, año 2016

Matriz de confusión, año 2016				
CLASE	1	2	3	4
1 (Zona urbana)	4	0	0	0
2 (Zona agrícola)	6	87	21	2
3 (Zona con vegetación dispersa)	0	22	91	12
4 (Zona forestal)	0	2	56	218

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 21 se puede observar la precisión en porcentaje obtenida de la matriz de confusión de cada clase del año 2016, donde la de interés es la de cobertura forestal representada por la clase 4 con un 93%, por lo que el margen de error en la clasificación supervisada fue mínimo.

Tabla 21. Precisión por clase y general, año 2016

Clase	Total de muestras (100%)	Muestras registradas correctamente	Precisión
1	10	4	40%
2	111	87	78%
3	168	91	54%
4	232	218	93%
Total	521	400	76%

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 22 se observa la matriz de confusión del año 2022.

Tabla 22. Matriz de confusión, año 2022

Matriz de confusión, año 2016				
CLASE	1	2	3	4
1 (Zona urbana)	8	2	2	1
2 (Zona agrícola)	5	68	19	3
3 (Zona con vegetación dispersa)	0	25	127	12
4 (Zona forestal)	0	2	35	212

Fuente: Elaboración propia.

La tabla 23 muestra la precisión en porcentaje obtenida de la matriz de confusión de cada clase del año 2022, donde la de interés es la de cobertura forestal representada por la clase 4 con un 92%, por lo que el margen de error en la clasificación supervisada fue mínimo.

Tabla 23. Precisión por clase y general, año 2022

Clase	Total de muestras (100%)	Muestras registradas correctamente	Precision
1	13	8	61%
2	97	68	70%
3	183	127	69%
4	228	212	92%
Total	521	415	79%

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 24 se pueden visualizar los 9 polígonos, cada uno representa características específicas, por ejemplo: la superficie total, la superficie forestal que presentaba durante el año 2016 (antes del PSA), la superficie forestal 2022 (después del PSA), incluso si están dentro o fuera de ANP y la tasa de cambio de cobertura forestal.

Tabla 24. Superficies del programa PSA por polígono

No. Pol.	Tipo de superficie (dentro o fuera de un ANP)	Sup. total	Superficie forestal 2016	Superficie forestal 2022	Tasa de cambio de cobertura forestal.	Resultado
1	Parque Estatal, Nahuatlaca Matlazinca	8.78 ha	7.68	8.65	0.97	Ganancia
2	Fuera de ANP	3.52 ha	2.86	3.10	0.24	Ganancia
3	Parque Estatal, Nahuatlaca Matlazinca y Parque Estatal Otomí Mexica	351.67 ha	138.67	186.68	48.01	Ganancia
4	Fuera de ANP	365.31 ha	199.18	199.41	0.23	Ganancia
5	Fuera de ANP	238.45 ha	199.03	161.54	-37.49	Perdida
6	Parque Estatal Otomí Mexica	278.28 ha	170.25	206.75	36.5	Ganancia

7	Fuera y dentro. Parque Estatal Otomí Mexica y Parque Nacional Lagunas de Zempoala	Total 640.11 ha Dentro : 446.59 has Fuera: 193.52 ha	596.75	575.11	-21.64	Perdida
8	Parque Estatal Otomí Mexica	13.42 has	12.62	13.18	0.56	Ganancia
9	Fuera de ANP	12.75 has	12.69	8.47	-4.22	Perdida

Fuente: Elaboración propia.

Cabe señalar que la mayoría de los polígonos tuvieron una ganancia de cobertura forestal, sin embargo, el polígono número 5, 7 y 9 perdieron superficie forestal durante la vigencia del programa. Es primordial mencionar que solo uno de los polígonos antes mencionados era parte de dos ANP.

En el año 2016 los 9 polígonos tenían una cobertura forestal aproximadamente de 1,339.73 hectáreas, en cambio, para el 2022 presentaron 1,362.89 hectáreas. En general, hubo un incremento total de cobertura forestal de 23.16 ha.

En la tabla 25 se identifica el tipo de superficie, la actividad de conservación y número de hectáreas; además, la descripción de cada actividad realizada en cada uno de los 9 polígonos.

Tabla 25. Características de cada polígono

No. Polígono	Tipo de superficie	Actividad de Conservación	Superficie del polígono	Descripción De La Actividad
1	Dentro de ANP (Parque Estatal, Nahuatlaca Matlazinca)	Restauración complementaria	8.78 has	La restauración complementaria consiste en actividades de restauración de suelos y reforestación (CONAFOR, 2017)
2	Fuera de ANP	Restauración complementaria	3.52 has	
3	Dentro de ANP (Parque Estatal, Nahuatlaca Matlazinca)	Sanidad	351.67 has	La sanidad se refiere a la regulación y el manejo de algunas especies referidas como plagas y enfermedades que afectan la salud de los
4	Fuera de ANP	Sanidad	365.31 has	
5	Fuera de ANP	Sanidad	238.45 has	

6	Dentro de ANP (Parque Estatal Parque Otomí Mexica)	Sanidad	278.28 has	ecosistemas forestales (CONAFOR, 2017).
7	Dentro y fuera de ANP (Parque Estatal Otomí Mexica y Parque Nacional Lagunas de Zempoala)	Sanidad, Vivero y restauración complementaria	640.11 has	<p>La sanidad se refiere a la regulación y el manejo de algunas especies referidas como plagas y enfermedades que afectan la salud de los ecosistemas forestales.</p> <p>El vivero se refiere a la capacidad instalada para la producción de planta forestal en el cual hay mecanismos de producción identificados como tecnológicamente avanzados según el conocimiento técnico aceptado actualmente</p> <p>La restauración complementaria consiste en actividades de restauración de suelos y reforestación (CONAFOR, 2017)</p>
8	Dentro de ANP (Parque Estatal Otomí Mexica)	Restauración complementaria	13.42 has	La restauración complementaria consiste en actividades de restauración de suelos y reforestación (CONAFOR, 2017)
9	Fuera de ANP	Restauración complementaria	12.75 has	

Fuente: Elaboración propia.

Con base a la tabla 25 se muestra que, de los 9 polígonos, en cuatro de ellos la única actividad que se aplicó fue restauración complementaria, de estos, dos estaban dentro de un ANP y los otros fuera. Para otros cuatro polígonos, solo se aplicó sanidad forestal, del mismo modo dos de ellos estaban dentro y dos fuera del ANP. Es importante mencionar que solo uno de los nueve polígonos realizó tres actividades de conservación: restauración complementaria, sanidad forestal y un vivero forestal, parte de este polígono estaba dentro de dos ANP; además, es el polígono con mayor extensión de todos.

En general, se identifica que en los polígonos con menor extensión son aquellos que implementaron la restauración complementaria y aquellos de mayor extensión, sanidad forestal.

De los 6 polígonos que ganaron cobertura forestal, tres realizaron la actividad de restauración complementaria y los otros tres realizaron sanidad.

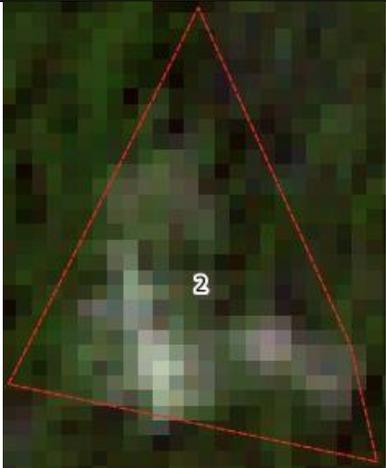
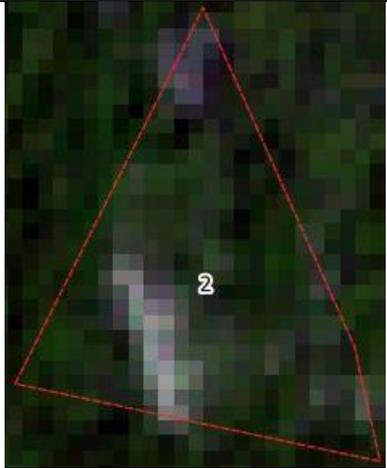
Para generar un mayor análisis se muestran 9 tablas (tabla 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33 y 34) donde cada una tiene las observaciones por polígono basándose en las imágenes Sentinel de los dos diferentes años estudiados.

Tabla 26. Polígono 1 comparación de imágenes Sentinel

POLÍGONO 1		
2016	2022	Observaciones
		La imagen del año 2022 por la tonalidad se ve más densa. Es claro que la cobertura forestal aumento debido a reforestaciones, ya que como se mencionó en la tabla 21 se realizaron actividades de restauración complementaria. Este polígono aumento .97 ha.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 27. Polígono 2 comparación de imágenes Sentinel

POLÍGONO 2		
2016	2022	Observaciones
		En el primer polígono se pueden observar “manchas” que se reducen un poco en el año 2022. El aumento fue de .24 ha por lo que la actividad de conservación realizada fue positiva (restauración complementaria).

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 28 Polígono 3 comparación de imágenes Sentinel

POLÍGONO 3		
2016	2022	Observaciones
		<p>En el polígono 3 se identificó ganancia de la cubierta forestal en algunas áreas y pérdida en otras. Por ejemplo, en el “circulo” de la parte de alta es mayor durante 2016; sin embargo, en la parte baja hay pequeñas zonas que se muestran un poco más densas en la imagen 2022. Este polígono tuvo un aumento significativo, fueron 48.01 ha. La actividad de conservación resulto dar efectos positivos, esta fue sanidad forestal.</p>

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 29. Polígono 4 comparación de imágenes Sentinel

POLÍGONO 4		
2016	2022	Observaciones
		<p>En este polígono se puede observar un aumento de cobertura forestal en el oeste de la imagen 2022, sin embargo, en el centro, sur, sureste y este disminuyo la cobertura, la actividad de conservación realizada fue sanidad. De acuerdo a los resultados obtenidos, su aumento no fue tan relevante, pues solo se generaron 0.23 ha más de las que ya estaban.</p>

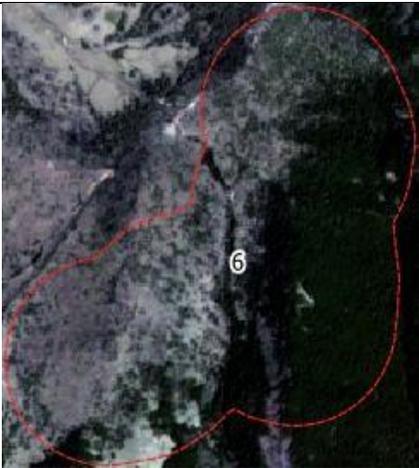
Fuente: Elaboración propia.

Tabla 30. Polígono 5 comparación de imágenes Sentinel

POLÍGONO 5		
2016	2022	Observaciones
		<p>En esta imagen es muy evidente la pérdida forestal en algunas zonas dentro del polígono. Se digiere que la actividad de conservación realizada (sanidad), no influyó de manera positiva ya que se perdieron aproximadamente 37.49 ha.</p>

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 31. Polígono 6 comparación de imágenes Sentinel

POLÍGONO 6		
2016	2022	Observaciones
		<p>Se observan en la mayoría de las zonas un aumento de cobertura forestal en el 2022. Los resultados arrojan una ganancia forestal de 36.5 ha., por lo que la actividad de conservación (sanidad) influyo de manera positiva en el territorio.</p>

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 32. Polígono 7 comparación de imágenes Sentinel

POLÍGONO 7		
2016	2022	Observaciones
		Se observa pérdida de cobertura forestal en el año 2022, principalmente de la parte baja del ANP para el sur. Debido a la pérdida de 21.64 ha, se determinó que en esta zona las tres actividades de conservación implementadas (sanidad, vivero y restauración complementaria) no ayudaron en la conservación de cubierta forestal.

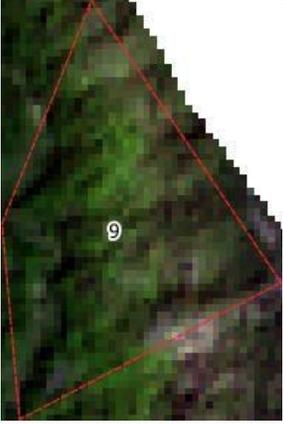
Fuente: Elaboración propia.

Tabla 33. Polígono 8 comparación de imágenes Sentinel

POLÍGONO 8		
2016	2022	Observaciones
		Esta imagen a simple vista se observa que se ganó cobertura forestal en el año 2022. La actividad de restauración complementaria influyó de forma positiva, ya que acuerdo a los resultados se obtuvo un incremento forestal de 0.56 ha.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 34. Polígono 9 comparación de imágenes Sentinel

POLÍGONO 9		
2016	2022	Observaciones
		En el polígono 2022 se muestra una pequeña mancha en la parte baja; en cambio, en el polígono del 2016 no se ve. De acuerdo a la clasificación supervisada, este polígono tuvo una pérdida de cobertura forestal de 4.22 ha., por lo que la actividad de restauración complementaria no influyo de manera positiva.

Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo con las tablas 26-34 se pudo identificar que al ver las imágenes *Sentinel* de ambos años se pueden causar confusiones debido a la calidad de cada imagen. Sin embargo, al verlas con detalle la mayoría coincide en los resultados observados en la clasificación supervisada.

A continuación, se muestran los mapas de la clasificación supervisada los dos años analizados 2016 - 2022 de cada uno de los polígonos, realizados con las imágenes *Sentinel*.

Figura 101. Mapa polígono 1, año 2016 y 2022

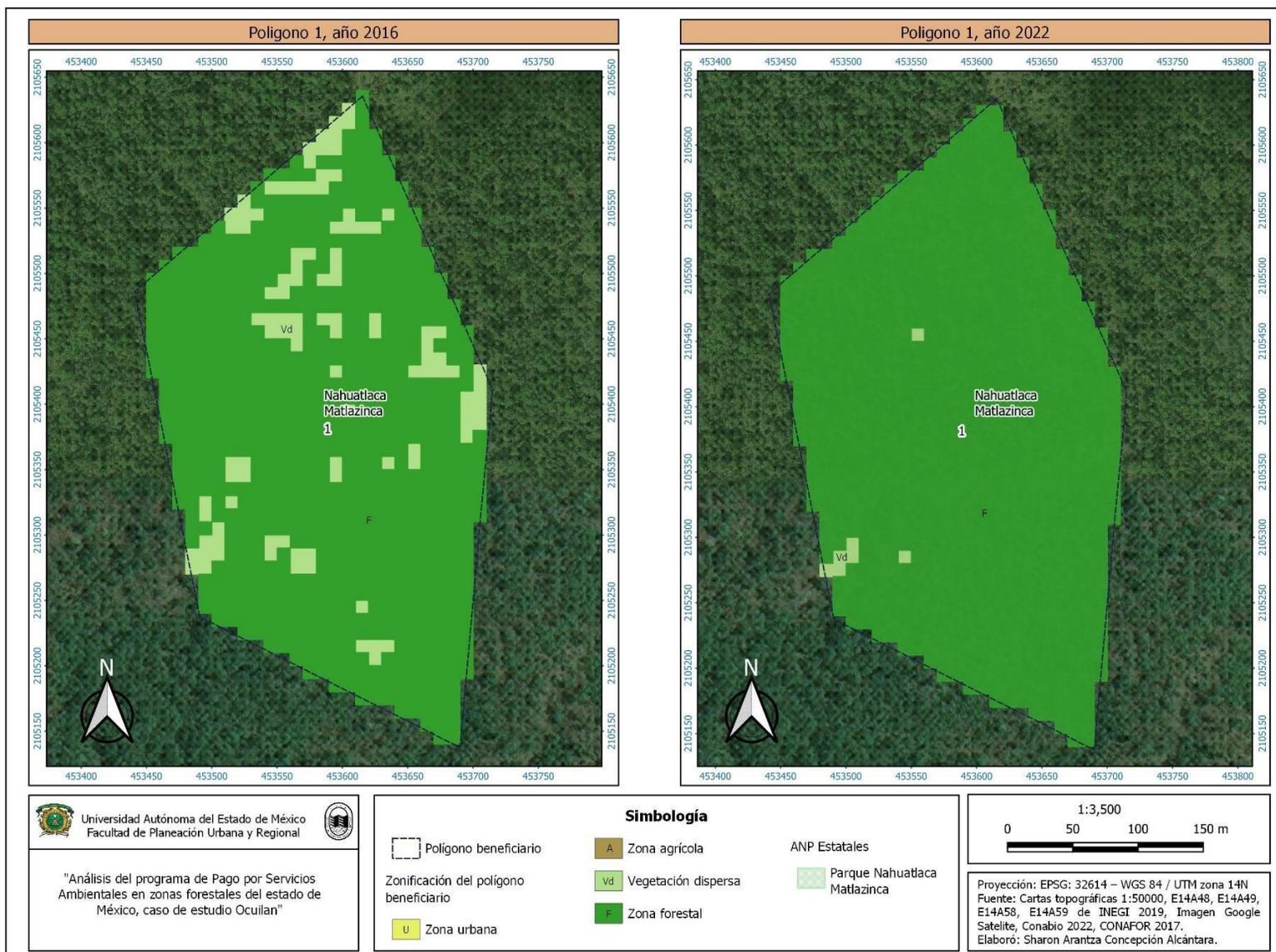


Figura 102. Mapa polígono 2, año 2016 y 2022

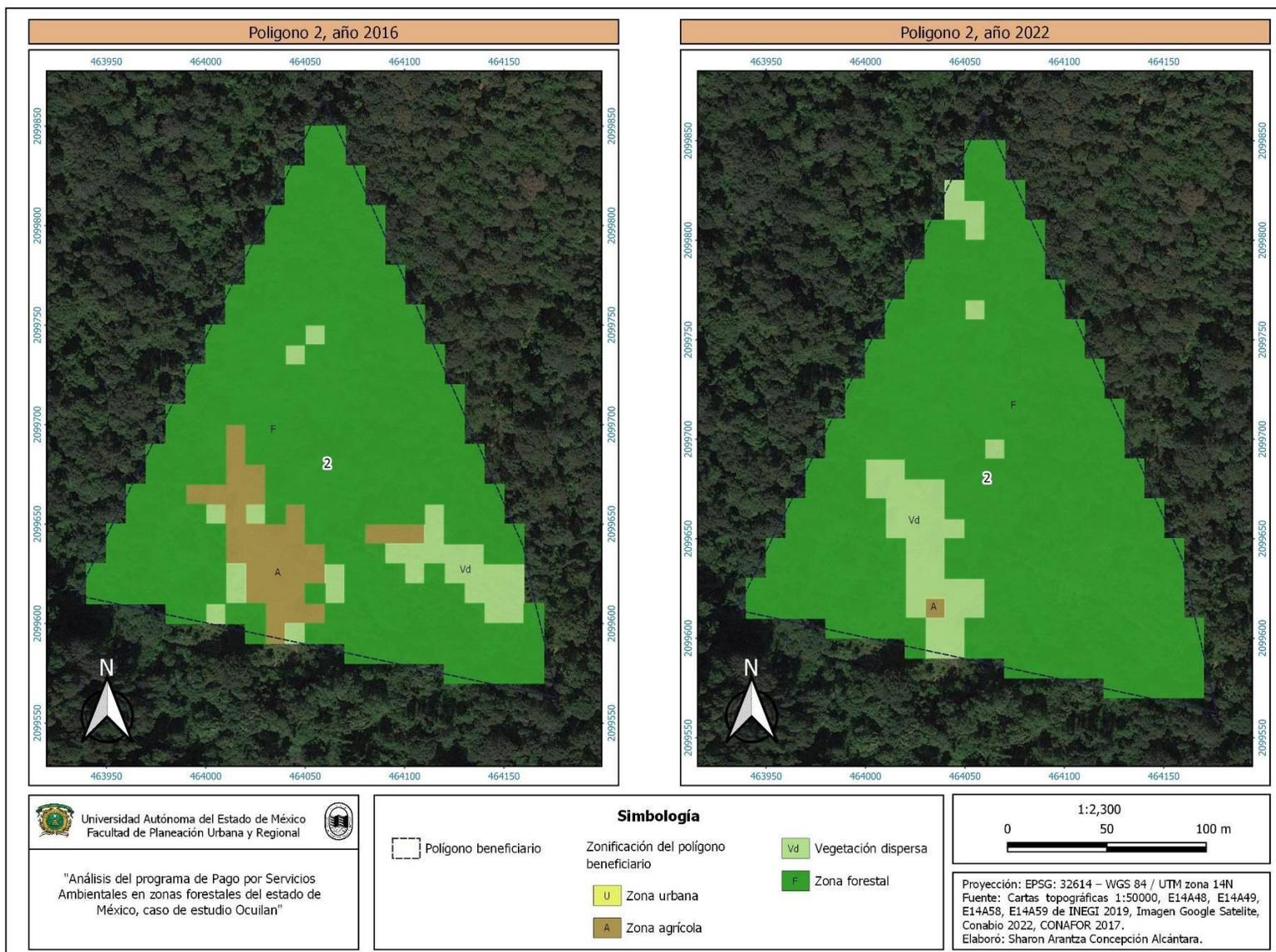


Figura 103. Mapa polígono 3, año 2016 y 2022

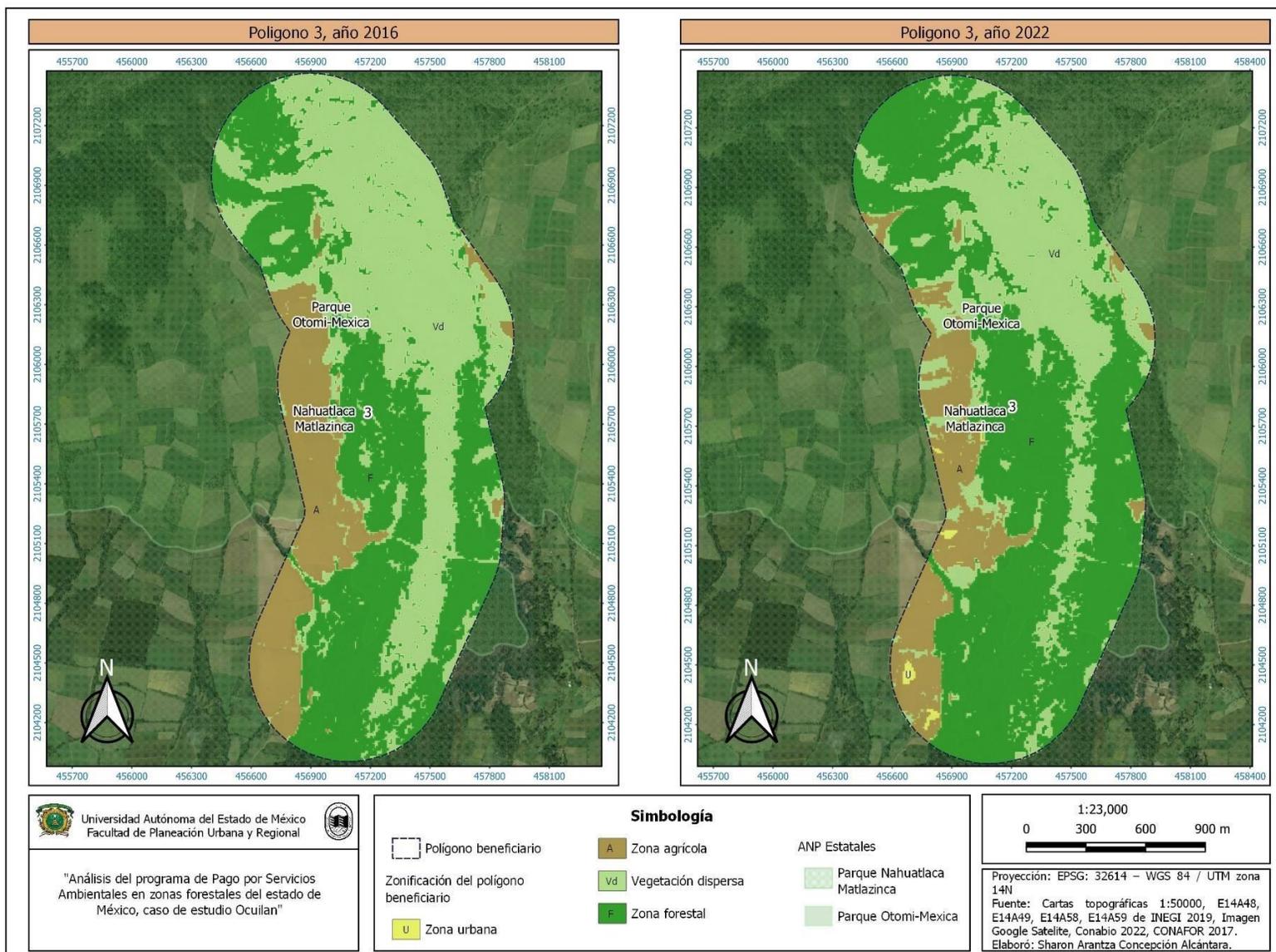


Figura 104. Mapa polígono 4, año 2016 y 2022

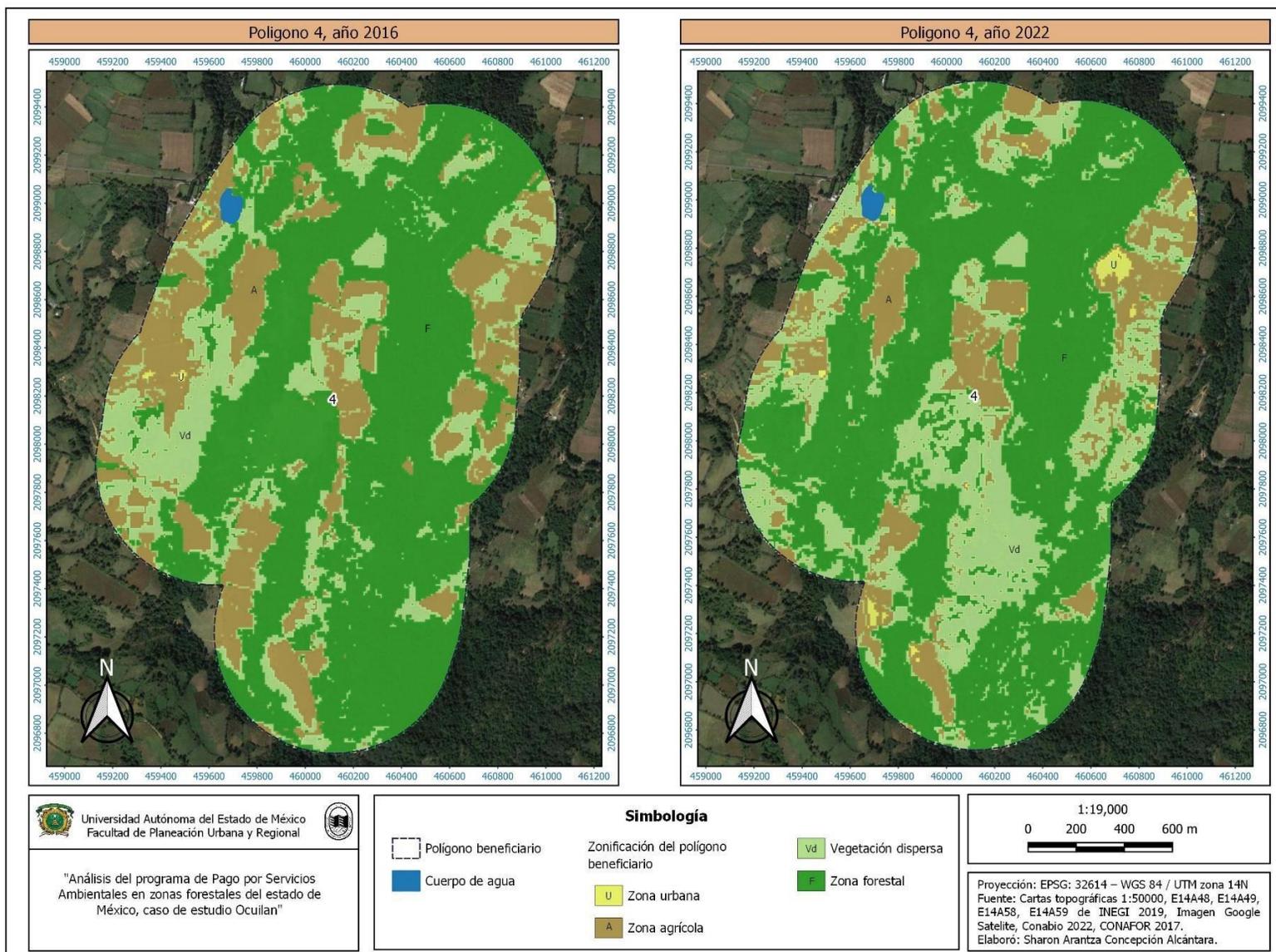


Figura 105. Mapa polígono 5, año 2016 y 2022

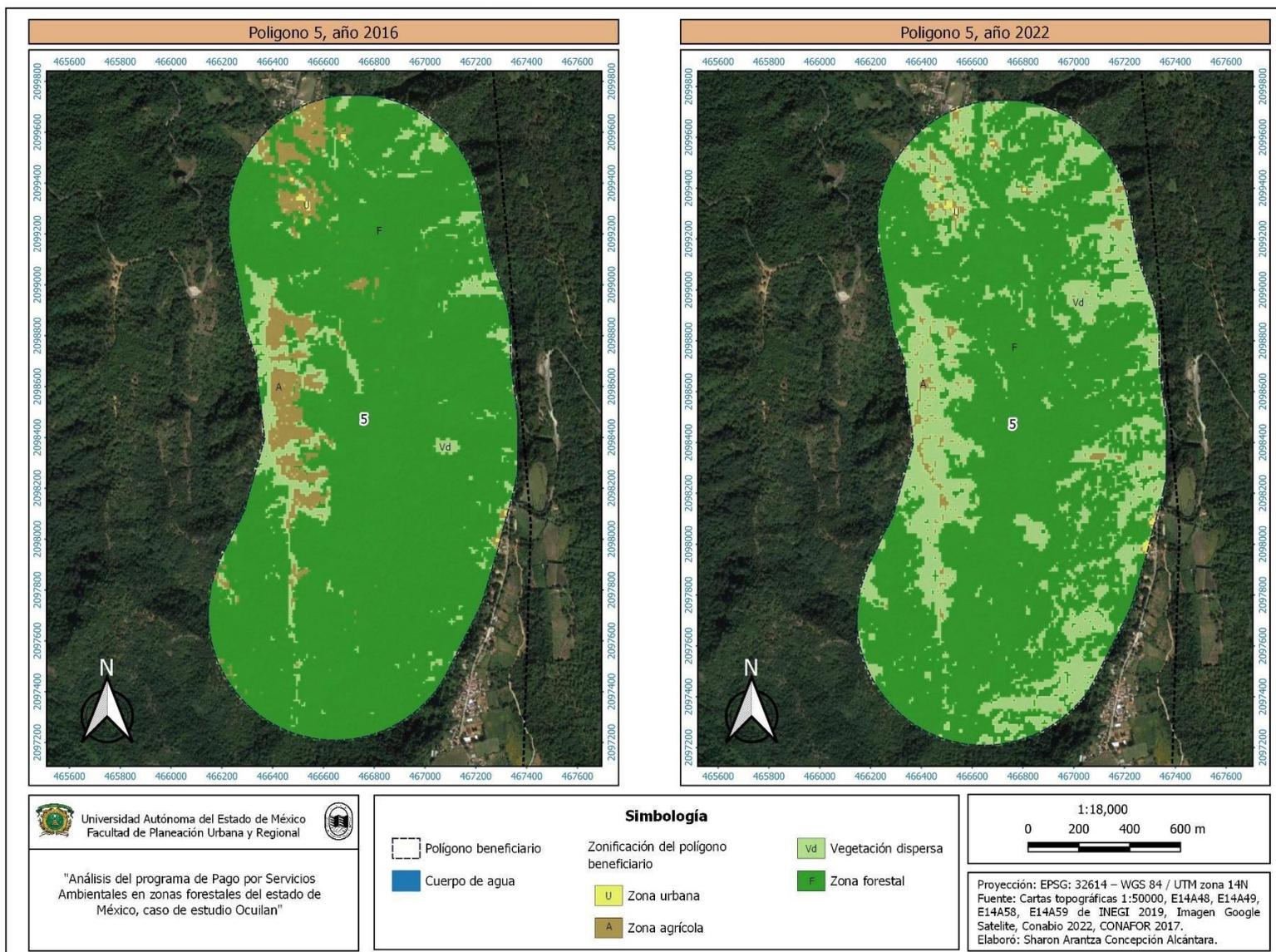


Figura 106. Mapa polígono 6, año 2016 y 2022

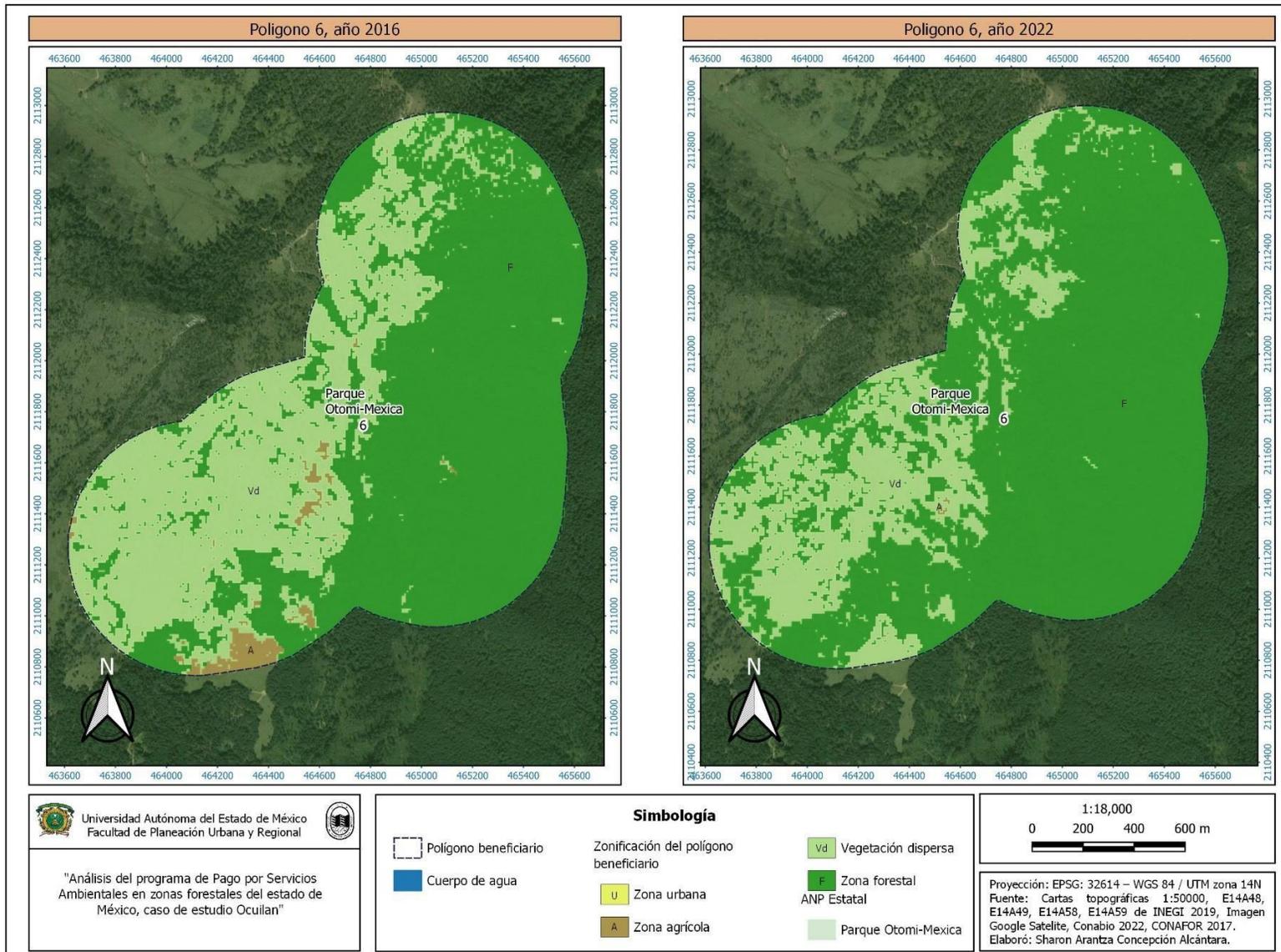


Figura 107. Mapa polígono 7, año 2016 y 2022

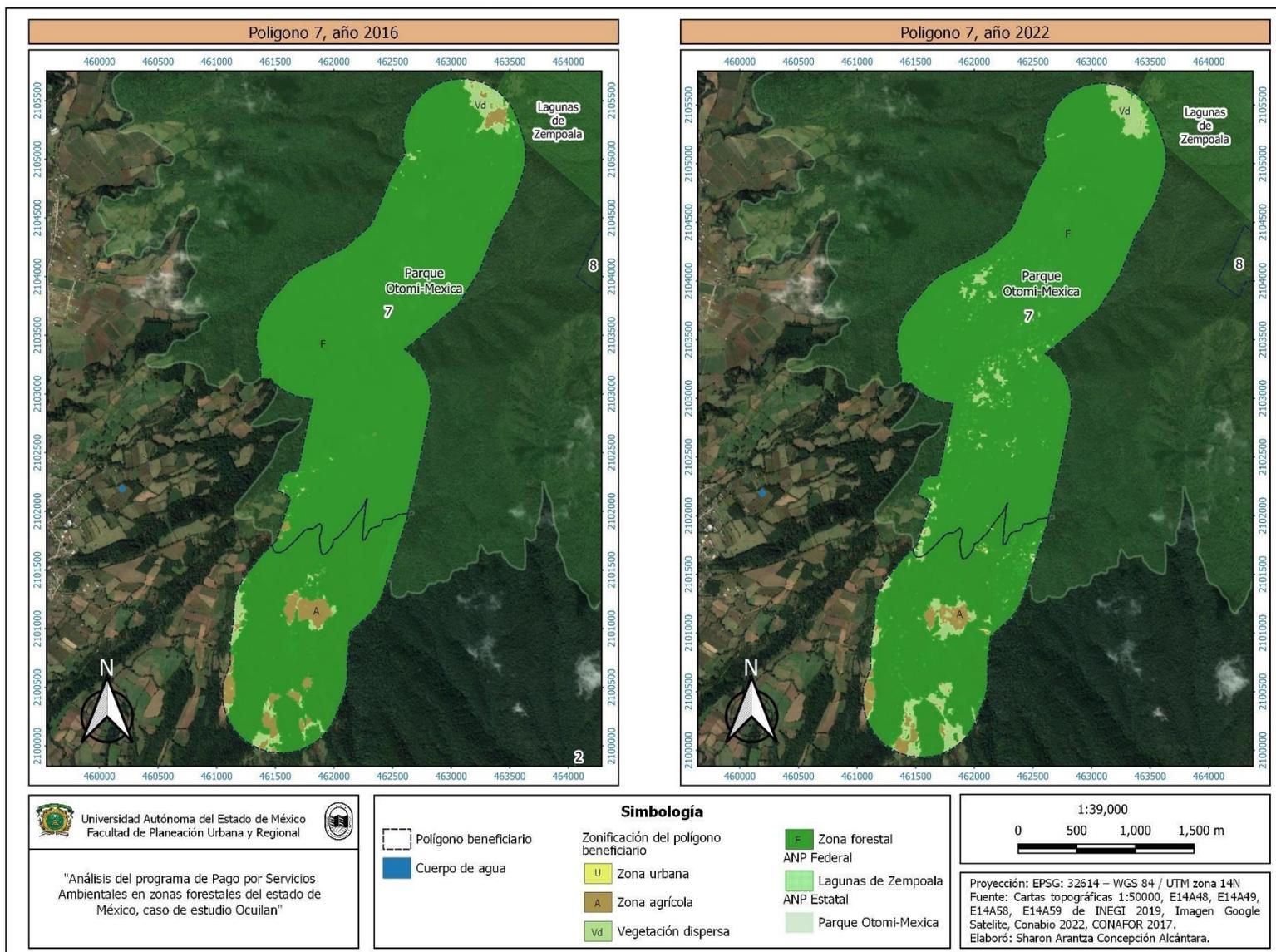


Figura 108. Mapa polígono 8, año 2016 y 2022

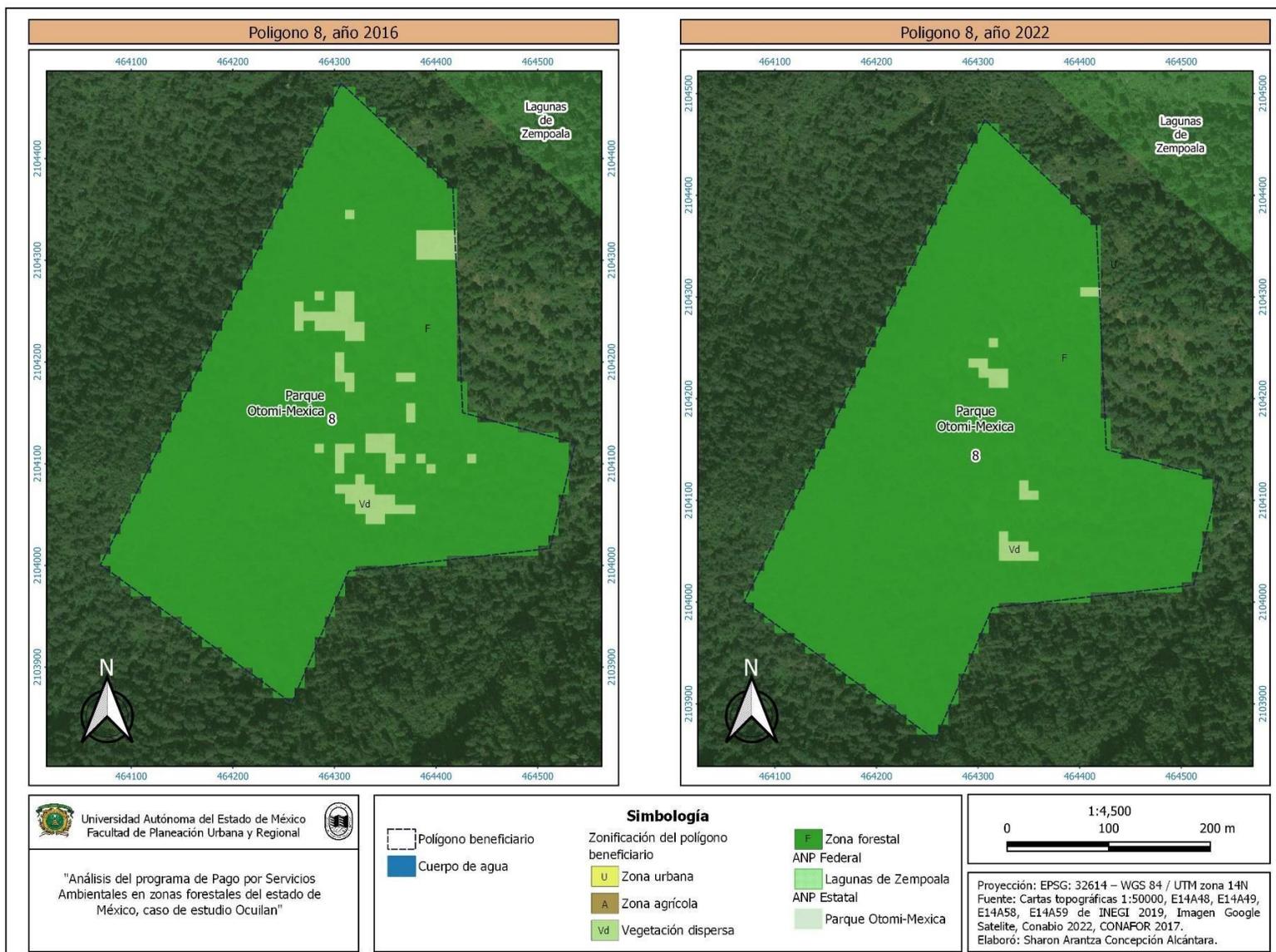
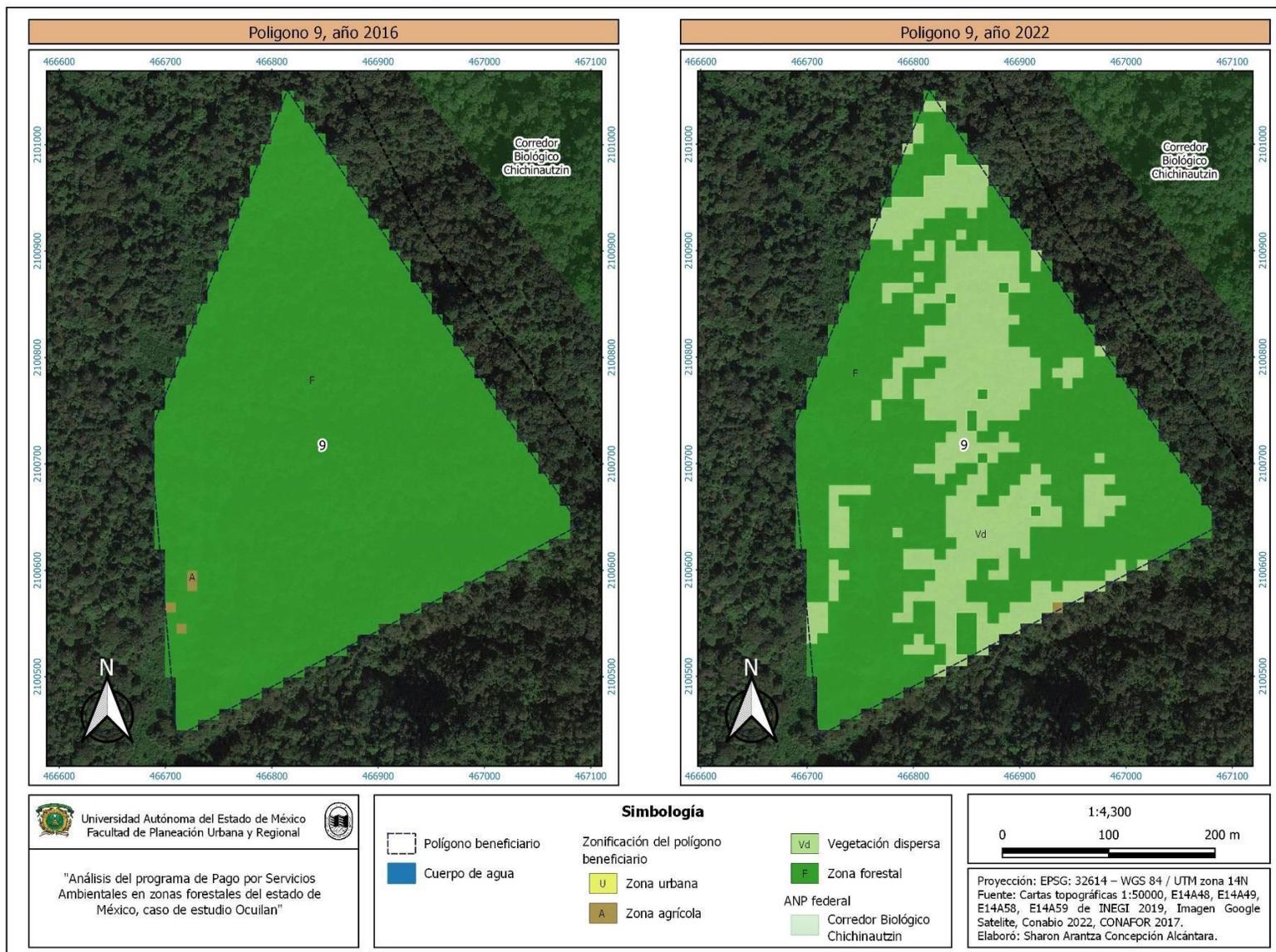


Figura 42. Mapa polígono 9, año 2016 y 2022



De nueve polígonos participantes dentro del programa, seis resultaron tener un incremento en su cobertura forestal. Los seis polígonos que obtuvieron una ganancia después de la implementación del programa PSA fueron: el polígono 1 que está dentro del Parque Estatal Nahuatlaca Matlazinca, en el 2016 presentaba una cobertura forestal de 7.68 hectáreas y para el 2022, 8.65 hectáreas aproximadamente; el polígono 2, el cual no está dentro de ningún área natural protegida, en el 2016 tenía 2.9 hectáreas y para el 2022, 3.1 hectáreas; el polígono 3 que es parte de dos áreas naturales protegidas estatales (el parque N. Matlazinca y Otomí Mexica), en el 2016 tenía una superficie forestal de 138.6 hectáreas y en el 2022 186.68 hectáreas; el polígono 4 tuvo un incremento no tan significativo, ya que en el 2016 se contaba con 199.18 hectáreas y en el 2016 199.41 hectáreas, este polígono no era parte de ningún ANP; el polígono 6 para el 2016 tenía 170.25 hectáreas y para el 2022 206.75 hectáreas, este polígono es parte del parque estatal Otomí Mexica; y por último el polígono 8, en el 2016 tenía 12.62 hectáreas y en el 2022 13.18 hectáreas. De estos 6 polígonos en 3 implementaron la restauración complementaria y en los demás fue sanidad.

Los tres polígonos restantes sumaban para el 2016 una cobertura forestal aproximada de 808.47 ha; sin embargo, para el 2022 ya solo tenían 745.12 ha. Es fundamental mencionar que en dos de estos polígonos la actividad de conservación fue sanidad forestal, por lo que se podría deducir que tal vez los predios tenían plagas forestales y por tal motivo se generó una pérdida de cobertura forestal. Además, de estos tres polígonos solo uno era parte de territorio que pertenecía a dos áreas naturales protegidas, en una pequeña parte el Parque Nacional Lagunas de Zempoala y en mayor extensión el Parque Estatal Otomí-Mexica.

La pérdida de cobertura forestal en algunos de los polígonos pudo deberse al desarrollo de plagas forestales y la tala ilegal, ya que, en términos generales, los resultados de la investigación demuestran que las actividades del PSAH influyeron exitosamente en incremento de cobertura forestal.

CAPÍTULO IV

Discusión



Figura 43. Paisaje forestal

Fuente: Elaboración propia.

CAPÍTULO IV Discusión

4.1 Discusión

Con la finalidad de tener un mayor alcance de análisis se compararon los resultados obtenidos con los de otros autores. Mora *et al.* (2019) llevaron a cabo una investigación del impacto del programa de PSAH en la evolución de la cobertura arbórea en seis ejidos de la región Iztaccíhuatl-Popocatepetl en Puebla. En esta investigación se utilizaron imágenes multiespectrales del satélite Quickbird para posteriormente realizar una clasificación supervisada y además determinaron la exactitud de la clasificación, para esto realizaron una matriz de confusión y el Índice Kappa (de acuerdo a los resultados, si hubo concordancia en todo momento). En dicha investigación los resultados mostraron que el Programa PSAH cumplió con su objetivo en cuatro de los seis núcleos agrarios analizados, esto debido a la deforestación, la tala ilegal, la extracción intensiva de recursos forestales como resina de pino y troncos de encino para la producción de carbón por las comunidades locales, para quienes el bosque era la principal fuente de ingresos y la única fuente de energía.

Los resultados de Mora *et al.* (2019) son similares a los de la presente investigación porque en ambos estudios se encontró un aumento de cobertura forestal en la mayoría de los predios analizados. Sin embargo; se prevé que dentro de los resultados también influyen las características específicas de cada zona de estudio. Durante el desarrollo de la investigación se pudo observar que existía cierto aumento de cobertura forestal en algunas zonas de Ocuilan; sin embargo, esto se notaba tanto en zonas que pertenecían al programa PSAH como en aquellas que no pertenecían.

Un estudio de caso realizado por Díaz y Perevochtchikova (2017) se centró en la comunidad de San Miguel y Santo Tomás Ajusco, ubicada en la periferia de la Ciudad de México y se analizó el PSAH durante el periodo de 2003 a 2012. Estos autores utilizaron la metodología basada en la construcción de perfiles longitudinales (a los que se les agregaron capas temáticas de información geográfica), con la finalidad de analizar el potencial de los Servicios Ecosistémicos en las zonas inscritas en el programa; además, se buscó identificar deforestación en la zona. Para este último punto, se realizó un análisis de la deforestación histórica, por lo que desplegaron individualmente capas de cubierta forestal para los periodos de 1986-2010 y 2006- 2014. Posterior a ello, identificaron las zonas donde se había presentado la mayor pérdida forestal y se corroboró con un análisis visual con imágenes satelitales *Quickbird* del 2007-2008 las cuales fueron cortadas al tamaño de polígonos y se convirtieron a archivo *kml*, luego se visualizaron en la plataforma Google Earth con imágenes de otros años, además estos autores hicieron uso de información de dos estudios disponibles de la misma zona, con la finalidad de identificar si el programa de PSAH ha contribuido a detener el problema de la deforestación. Los autores determinaron que por algunos periodos se detuvo la pérdida de cubierta forestal e incluso llegó a aumentar la superficie vegetal, pero

finalmente, se notó una gran disminución arbórea a partir de los años 2006 y 2014 sobre todo en las zonas que participaban en el PSAH.

Es relevante mencionar que en la investigación de Díaz y Perevochtchikova (2017), pueden existir algunos sesgos, ya que no aplicaron un análisis del PSAH por año, por lo que existe la posibilidad de que la deforestación en estos sitios se haya dado una vez que el programa concluyó su vigencia. Sin embargo, causa incertidumbre que la mayor pérdida forestal sea en las zonas participantes del PSAH.

Díaz y Perevochtchikova (2017) concluyen que el programa de PSAH no pudo frenar la deforestación, por tal motivo la presente investigación no coincide con los resultados, ya que en el caso de estudio Ocuilan, los resultados obtenidos arrojan que el programa PSA si ayuda en la mayoría de los predios a reducir la deforestación.

Se considera que una de las principales causas de la pérdida de la cobertura forestal es la falta de protección en las zonas participantes, ya que de acuerdo con datos de la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA) la tala ilegal es un problema que se extiende a todo el país (PROFEPA, 2020). Sin embargo, con ayuda de las imágenes satelitales y los mapas generados, se pudo observar que más allá de la tala ilegal, la mayor amenaza de los bosques de Ocuilan es el cambio uso de suelo, de uso forestal a uso de suelo agropecuario.

Zúñiga *et al.* (2018) realizaron una investigación en el ejido La Ciudad, Pueblo Nuevo, Durango, México, la cual tuvo como objetivo realizar una caracterización ecológica del área de PSAH a siete años de la asignación del apoyo PSAH para generar información y establecer un protocolo base para evaluaciones futuras. Enfocándolo a la cobertura forestal, dicho artículo menciona que se utilizó una imagen del satélite Landsat 8 con resolución de 30 m en sus bandas y una resolución de 15 m en la banda pancromática, a esta imagen le realizaron una clasificación supervisada, donde se hicieron 6 clases; además, se llevó a cabo un análisis de matrices de confusión, con la que se evaluó la precisión de la clasificación. Se utilizó el valor del coeficiente kappa (κ) y para completar se calculó el Índice Diferencial de Vegetación Normalizado (NDVI). En dicho análisis no se encontraban tantos valores negativos en el área, lo que indico que la mayoría de la cobertura de vegetación permaneció, y se determinó que el ejido La ciudad contaba con una cobertura forestal considerable a siete años de la asignación del apoyo PSAH.

En este estudio se concluye que participar en el PSAH es eficiente para el mantenimiento e incluso aumento de la cobertura forestal; sin embargo, es importante mencionar que dicho estudio no hace comparaciones de diferentes años antes, y posterior al programa, solo es un análisis de la cobertura forestal y vegetal de la zona mientras participo en el programa, de acuerdo a los estudios de cobertura forestal, se determinó que durante el programa PSAH se tuvo una cobertura forestal considerable, lo cual es positivo y servirá como base para analizar el comportamiento de la misma zona durante los próximos años. Se debe considerar que

también pudieron influir otras acciones para que se generara una cobertura forestal considerable.

El proceso del análisis espacial es similar al que se llevó a cabo, la diferencia es que en el estudio de Zúñiga *et al.* (2018) solo se enfocan en identificar si se mantiene o se pierde la cobertura arbórea y no mencionan las hectáreas, sin embargo, los resultados son positivos al igual que en la presente investigación, ya que en ambas el programa PSA resulta ser una herramienta efectiva para la conservación o incluso incremento de las zonas forestales.

En el trabajo realizado por Uscanga & Perevochtchikova (2020) se analizó la percepción social de los actores vinculados con la aplicación los programas PSAH y Mecanismos Locales de Pago por Servicios Ambientales a través de Fondos Concurrentes (MLPSA-FC) en San Antonio del Barrio, perteneciente al municipio de San Felipe Usila ubicado en la Sierra Juárez de Oaxaca, México. Respecto al tema de la cobertura forestal, el artículo menciona resultados obtenidos a través de tres percepciones sociales, en primer lugar, los proveedores, quienes indicaron que la comunidad valora cultural y socialmente sus recursos forestales e hídricos, y determinaron que ambos programas han impulsado las actividades de vigilancia ambiental, obteniéndose beneficios sobre la diversidad biológica de la región. Posteriormente, los usuarios quienes indicaron que ambos programas han sido fundamentales en la conservación forestal del país y de esta comunidad en particular; incluyendo la contribución al control de incendios y la restauración de la biodiversidad vinculada a la vigilancia ambiental. En tercer lugar, los intermediarios mencionaron que la conservación de los bosques es una práctica que ha pasado de generación en generación con independencia de los programas gubernamentales. En esta zona de acuerdo a la investigación realizada se concluye que los mecanismos de incentivos económicos contribuyeron a mantener la cubierta forestal en un buen estado a través de prácticas como: la delimitación de áreas de alta fragilidad, la prevención y control de incendios forestales, cambios en el manejo del bosque, reducción de la caza, monitoreo de especies animales, entre otras.

Es importante señalar que el estado de conservación de los bosques de la comunidad, es debido a las acciones que esta realizaba incluso desde antes de la llegada de los esquemas de pago por los servicios ambientales, sin embargo, se deduce que ambos programas ayudan a mejorar o mantener la cobertura forestal. En este lugar los objetivos del programa PSAH se han cumplido gracias a los antecedentes que la población tiene antecedentes, por lo que se considera importante profundizar en las perspectivas de la población de Ocuilan.

Si bien el trabajo realizado por Uscanga & Perevochtchikova (2020) utiliza una metodología diferente a la de la presente investigación, este ayuda a reconocer la importancia de considerar aún más los aspectos sociales del municipio estudiado. En el caso de la población de Ocuilan, se identificó que el grupo étnico tlahuica es de los principales defensores de los bosques de dicha zona, sin embargo, también hay organizaciones de taladores ilegales, lo cual dificulta que las zonas forestales se conserven por completo.

En el estudio de caso realizado por Perevochtchikova y Vázquez (2010) combinaron prácticas del trabajo de gabinete y de campo, por medio de aplicación de diversas técnicas cuantitativas y cualitativas. Básicamente a través de revisión documental de distintos sitios, entrevistas a funcionarios y encuestas a beneficiarios, se obtuvieron resultados desfavorables, ya que se determinó que el programa de PSAH en la Ciudad de México no ha podido lograr sus objetivos establecidos en materia ambiental y social, tales como: la reducción de la pérdida de la cobertura forestal, la reducción de los índices de la pobreza por medio de protección de los bosques y formación de un mercado local de SA autosuficiente.

Se considera que el trabajo de campo como entrevistas y encuestas a la población son de gran importancia dentro de los resultados, pero también el análisis espacial, en este caso para identificar la magnitud del impacto del programa PSAH, es necesario realizar dicho análisis. Por otro lado, en la investigación se considera fundamental tomar en cuenta las opiniones y respuestas de la población de Ocuilan, ya que de esta forma se pueden obtener las posibles razones del porqué el programa ha tenido impactos negativos o positivos; además de sus puntos débiles o fuertes. Los resultados de Perevochtchikova y Vázquez (2010) no coinciden con los de la presente investigación, sin embargo, se debe tomar en cuenta que la metodología es diferente, ya que ellos no trabajan con un análisis espacial que compruebe la ineficiencia del programa dentro de la cobertura forestal. En cambio, en esta investigación, aunque no se llevó a cabo trabajo de campo debido a la inseguridad que se presenta en la zona, se realizó trabajo de gabinete respecto a la población de la zona y como tal la transformación de las zonas que participaron en el programa PSAH.

Se entiende que si el territorio participante en el programa PSA pertenece o es parte de un área natural protegida es más sencillo poder asegurar que la cobertura forestal será conservada y en algunos casos hasta incrementará. Esto se puede observar en los resultados obtenidos, ya que de los 6 polígonos que ganaron cobertura forestal, cuatro están dentro o pertenecen a una. Y de los tres polígonos que perdieron cobertura forestal, solo uno tiene una parte dentro de dos áreas naturales protegidas, una de carácter estatal y otra de carácter federal.

Si bien las metodologías de cada estudio son diferentes hay algunos aspectos que coinciden y nos llevan a conocer la influencia del programa PSAH en las zonas forestales de los diferentes sitios estudiados; sin embargo, los análisis de la efectividad del programa PSA son determinados desde distintas percepciones e indicadores. En las investigaciones mencionadas, no hay ni una que mencione la superficie aproximada que se ganado o perdido en los predios participantes del programa PSA.

Respecto con la metodología espacial implementada debido al alcance de las herramientas e insumos, la calidad de las imágenes satelitales Sentinel2 de 10 x10 pixeles genero errores de precisión por distorsiones geométricas y radiométricas, como: las sombras, el relieve, textura, el brillo, los colores y nubes. Lo anterior provoco que del mismo modo se generaran errores en la clasificación supervisada porque la calidad de las imágenes impedía discernir mayores

detalles, a esto se suma que el tamaño de los polígonos de entrenamiento eran pequeños ya que la superficie de los polígonos participantes era poca; por lo que en los resultados de las matrices de confusión se pudo observar que los resultados no son 100% precisos, la clasificación del año 2016 se generó un 93% de precisión y en la clasificación del año 2022 la precisión fue de 92%, esto quiere decir que en algunos polígonos podría existir un error asociado con la precisión de la clasificación supervisada. Es primordial mencionar que solo se consideró la precisión de la clasificación de la cubierta forestal, ya que este es elemento analizado en la presente investigación. También se debe tomar en cuenta que para realizar la matriz de confusión fue necesario definir el tamaño de muestra, esta depende del número de píxeles de la imagen satelital; uno de los problemas de este proceso es que: si la muestra es muy grande, el proceso se vuelve muy tedioso y difícil de realizar dependiendo de la calidad de la imagen satelital.

Asimismo, es fundamental considerar el tipo atmosférico de ambas imágenes satelitales. La imagen Sentinel del año 2016 fue tomada en el mes de abril, en cambio la imagen del año 2022 fue tomada en el mes de mayo. Se escogieron esas fechas porque eran las que no presentaban nubosidad y coincidían con la época de estiaje.

Es indispensable recordar que el estudio fue realizado con resultados del PSAH 2017 otorgado por la CONAFOR que es una dependencia de gobierno federal, sin embargo, durante el 2017 el municipio de Ocuilan también fue beneficiario del programa PSAH otorgado por la Protectora de Bosques del Estado de México (PROBOSQUE), es elemental nombrar que las superficies de apoyo de ambas dependencias son diferentes.

En el periodo del año 2017-2021 CONAFOR realizó una inversión de \$7, 058,171 pesos en el municipio de Ocuilan por la participación de 2,540.83 hectáreas del programa PSAH. De acuerdo a las reglas de operación y a los resultados de la convocatoria, la dependencia federal apoyo aproximadamente con \$555 pesos por hectárea al año, lo que equivale a una inversión anual de \$1,411, 634 pesos. El monto económico se estableció de acuerdo al tipo de área de pago y la ejecución de trabajos de sanidad forestal (PRONAFOR, 2017)

Por otra parte, PROBOSQUE en el año 2017 hizo una inversión de \$255,000 pesos, ya que entraron al programa PSAH 170 hectáreas y las reglas de operación establecían un pago anual de \$1,500.00 pesos por hectárea. El programa que oferta este organismo establece que la duración es de 1 año y al concluirlo los beneficiarios deben de renovar el convenio si quieren continuar en el programa (PROBOSQUE, 2017). Al ser una dependencia de gobierno estatal, cuenta con recursos más limitados por lo que el área de apoyo siempre será menor a diferencia de CONAFOR.

Otras diferencias entre CONAFOR y PROBOSQUE respecto al programa PSAH son: en PROBOSQUE pueden entrar al programa predios con coberturas forestales menores al 50% siempre y cuando propongan trabajos que promuevan la regeneración natural y el aumento de la cobertura, en cambio en CONAFOR forzosamente deben de cumplir con el 50% de cobertura forestal; ambas dependencias cuentan con dos programas de pago por servicios

ambientales, la estatal con : PSAH y PROCARBONO, la federal con: PSAH y conservación de biodiversidad. En el programa de PROBOSQUE las actividades de conservación pueden ser ejecutarlas dentro o fuera del polígono aprobado para el pago, siempre y cuando se ubiquen dentro del ejido, Comunidad o Predio particular; para CONAFOR las actividades de conservación deben ser ejecutarlas dentro del polígono beneficiario y cada año están sujetos a supervisiones para seguir recibiendo los incentivos. Los recursos económicos de PROBOSQUE provienen de los municipios y organismos operadores del servicio de agua potable, en cambio CONAFOR los adquiere del cobro por derechos de uso de agua de CONAGUA (CONAFOR, 2017; PROBOSQUE, 2017).

Si bien ambas dependencias buscan minimizar la deforestación y promover prácticas de conservación y restauración en zonas forestales a través de incentivos económicos, se puede observar que el organismo estatal tiene establecido un pago anual por hectárea mayor que el organismo federal. Sin embargo, las hectáreas que apoyó fueron menores debido a lo que la inversión fue pequeña. De igual forma, se reconoce que CONAFOR apoya más superficie ya que no solo trabaja con el Estado de México.

CAPÍTULO V

Conclusiones y recomendaciones



Figura 44. Paisaje forestal

Fuente: Elaboración propia.

CAPÍTULO V Conclusiones y recomendaciones

5.1 Conclusiones

Los resultados de esta investigación muestran que el objetivo del programa se cumplió parcialmente, ya que, de los nueve polígonos participantes en el programa, en seis de ellos se identificó una ganancia de cobertura forestal; en cambio, en el resto de los predios el objetivo no se cumplió debido a la disminución de la cobertura forestal que tuvieron. Sin embargo, la pérdida de cobertura forestal de los 3 polígonos restantes no fue tan significativa, ya que el total de la cubierta forestal de los polígonos participantes PSAH aumento aproximadamente 23.16 hectáreas en el periodo 2016-2022, esto derivado de que la superficie total de cubierta forestal que perdieron los tres polígonos fue de 63.35 hectáreas, en cambio, el total de la superficie que se ganó con el resto de los polígonos fue de 86.51 hectáreas.

Por otro lado, algunas de las razones que quizá pudieron influir para obtener dichos resultados pueden ser: tala ilegal, ya que desde hace varios años existe tala clandestina en el municipio de Ocuilan, generada principalmente por la demanda de madera de bajo costo, especialmente pino y oyamel, misma actividad es provocada para la apertura de nuevas tierras al cultivo; la presencia de asentamientos irregulares en la zona de bosque, ganado en libre pastoreo, presencia de plagas forestales, desarrollo de incendios forestales debido a que la mayor parte del territorio es de tipo forestal y falta de conocimiento de los propietarios sobre el cuidado del área apoyada por el programa de PSAH.

Es esencial mencionar que de los tres predios que perdieron cobertura arbórea, en dos se realizó la actividad de conservación de sanidad forestal, por lo que se puede suponer que los predios tenían plagas forestales y por tal motivo se generó una pérdida de cobertura arbórea. Además, es fundamental mencionar que de estos predios dos estaban completamente fuera de un área natural protegida y uno tenía territorio dentro dos áreas naturales protegidas, una de carácter estatal y la otra con un mínimo de área de carácter federal, en este último las ANP no resultaron ser un factor relevante porque tuvo una pérdida de aproximadamente 21.6 hectáreas, por otro lado, es significativo mencionar que se encuentra en una de las zonas con mayor tala ilegal.

En general, la actividad de conservación realizada en cada polígono, si tuvo influencia en los resultados obtenidos, sin embargo, no fue un elemento que asegurara la ganancia de la cobertura forestal, ya que en todos los predios se realizó restauración complementaria o sanidad, a excepción de uno que realizo tres actividades y a pesar de ello fue uno de los predios que perdió cobertura forestal.

Un dato relevante es que hay polígonos que están completamente dentro de un área natural protegida, estos son el polígono 1, 3, 6 y 8, esto fue muy sobresaliente, ya que los 4 aumentaron su cobertura forestal, con mínimo 1 hectárea y máximo 48 hectáreas.

De acuerdo a los resultados, se examinó que las ANP's aseguran hasta cierto punto que los predios mantengan e incluso aumenten su cobertura arbórea, ya que de los seis predios que tuvieron una respuesta favorable cuatro están dentro de un ANP y de los tres que perdieron cobertura forestal solo uno de ellos es parte de dos ANP. De manera general, se concluye que el programa PSA si puede aplicarse en conjunto con un área natural protegida, ya que de acuerdo a los resultados esto da mayor probabilidad a que la cubierta forestal se conserve o incluso aumente.

Con base a las imágenes Satelitales y a los mapas generados se puede observar que la principal causa del problema de la perdida de cobertura forestal es el cambio de uso de suelo, en la mayoría pasa de suelo forestal a suelo agropecuario. Este proceso es causado por diferentes factores que pueden ser: tecnológicos, económicos, políticos, sociales y culturales, dependiendo de la situación de cada lugar. En el municipio de Ocuilan, debido a algunos antecedentes que existen del municipio, se puede inferir que una gran parte es ocasionada por la tala ilegal que se desarrolla en la zona.

Debido falta de investigación en trabajo de campo, la cual no se logró desarrollar debido a la pandemia y a la inseguridad que se presenta actualmente en la zona estudiada, no se conocen totalmente las características de cada polígono, ni las opiniones y respuestas de la principal población involucrada, por lo que al realizar investigación en trabajo de campo, como el desarrollo de entrevistas a informantes clave, se podría saber con exactitud las características más relevantes de cada polígono beneficiario del programa PSAH y los factores que influyeron dentro de cada uno para que dicho programa no cumpliera con su principal objetivo en los tres polígonos que perdieron cobertura forestal, así como recomendaciones más acordes a las necesidades y problemas de cada uno. Por otra parte, la investigación está abierta como un área de oportunidad para futuras investigaciones.

El programa PSAH garantizo parcialmente la conservación e incremento de la cobertura forestal en la mayoría de los predios y el impacto económico del programa en general, tiene un efecto positivo en la economía de los propietarios; sin embargo, se debería de considerar el costo de oportunidad real para cada región, ya que muchos propietarios prefieren usar sus tierras para actividades agropecuarias debido a que las ganancias son mucho mayores que el apoyo monetario del programa.

Se concluye que la hipótesis es cierta en un 67%, ya que el programa Pago por servicios ambientales en el municipio de Ocuilan, Estado de México; se ha convertido en una herramienta efectiva para la conservación e incremento de las zonas forestales. A pesar de haber resultado ser un mecanismo exitoso para la conservación de la mayoría de las zonas forestales, se considera que influye en gran medida el hecho de que la mayoría de los polígonos son parte de un ANP.

5.2 Recomendaciones

El suministro de servicios ambientales depende de la relación entre diversos elementos de cada zona, como son: la geología, topografía, suelos, vegetación, cuerpos de agua y manejo; por lo que, se considera importante identificar las características y condiciones de cada predio, así como las de su población, ya que de esta manera se pueden implementar actividades de conservación acorde a las necesidades de cada uno.

El Pago por Servicios Ambientales es un mecanismo estratégico del desarrollo sustentable, ya que pretende asegurar la conservación de procesos y recursos naturales que benefician a los seres humanos y también apoya la economía de la población, sin embargo, es necesario implementar algunas acciones para que sea un mecanismo más efectivo.

Algunas de las recomendaciones específicas para mejorar la eficacia respecto al aumento y conservación de la cobertura forestal del programa PSAH, son:

- Implementar más actividades de conservación, como restauración complementaria y sanidad, ya que, con base a los resultados obtenidos, estas ayudaron a la conservación de la cobertura forestal.
- Implementación de un mecanismo efectivo que evalúe el impacto del programa PSA, respecto a la transformación de la cobertura forestal.
- Implementar el programa PSA en las ANP's.
- Para el análisis espacial, siguiendo la metodología realizada en la presente investigación, se recomienda hacer uso de imágenes satelitales de meses similares de época de estiaje con la finalidad de que estas sean más claras y contengan la menor nubosidad posible.
- Para mejorar los resultados de la clasificación es necesario implementar herramientas que arrojen imágenes de mayor calidad, una solución sería hacer uso de imágenes obtenidas a través de un dron (VANT) con vuelo a bajas alturas. Además, es fundamental establecer una verificación de los datos en campo de los sitios.
- En predios con menor extensión a 20 ha implementar actividades de restauración complementaria y aquellos de mayor extensión, sanidad forestal.
- Realizar entrevistas a los actores clave para conocer sus necesidades y opiniones
- Implementar la inspección y vigilancia de las zonas forestales para impedir y contener actividades ilícitas que afectan el ecosistema, como lo es la tala clandestina.
- Implementar indicadores confiables para medir el impacto del programa en la disminución de la pobreza y el desarrollo rural o local.
- Promover la reinversión de recursos económicos en las actividades dentro de los bosques.
- Monitoreo de los beneficios físicos de los SA (calidad y cantidad de agua, captura total de carbono, etc.)
- Garantizar y aumentar los recursos económicos destinados al programa

-
- Incentivar a los proveedores de servicios ambientales a realizar proyectos productivos con prácticas amigables con el medio ambiente.
 - Al realizar las actividades de conservación considerar la época del año y las necesidades que se vayan generando dentro de cada predio.
 - Dar continúa capacitación a los comités y asambleas que se encuentran dentro de la comunidad para que sean capaces de revisar el funcionamiento del predio respecto a los objetivos del programa, así como coordinar acciones para la mejora.
 - Considerar los montos monetarios que se brinden por hectárea de acuerdo a la población de cada comunidad.
 - Asegurar que los beneficiarios cumplan con las actividades de conservación. Esto a través de “inspecciones”.
 - Las políticas de los programas de manejo de las ANP y del programa PSAH deben partir de perspectivas integrales que no permitan la contradicción entre ambas.
 - Implementación del monitoreo regular en campo para ver las transformaciones de los predios participantes del programa PSA y conocer sus necesidades.
 - Estrategias de manejo sostenible de los recursos naturales a través de su aprovechamiento. Por ejemplo, dirigir y brindar capacitación a los propietarios con aquellos recursos maderables que pueden ser aprovechados debido a su condición.

Bibliografía

- Aguilar G. C. (2014). *Evaluación del Programa de Pago Por Servicios Ambientales Hidrológicos en el Parque Nacional Nevado de Toluca*. Obtenido de <http://ri.uaemex.mx/bitstream/handle/20.500.11799/58714/MCARN%20CARLOS%20RUB%20c3%89N%20AGUILAR%20G%20c3%93MEZ.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Aguilar G. C., Arteaga R. T., Franco M. S. (2015). *Pagos Por Servicios Ambientales Hidrológicos en el Nevado de Toluca, México*. Obtenido de <http://ri.uaemex.mx/bitstream/handle/20.500.11799/65942/Crisis%20Civilizatoria%20en%20el%20Mexico%20rural%20Tomo%20V.pdf?sequence=3&isAllowed=y>
- Aguilar G. C., Arteaga, R. T., Herrera T. F. & Reyes, J. A. (2017). *Pago por servicios ambientales hidrológicos: hacia un instrumento de política pública para la sustentabilidad agropecuaria en áreas naturales protegidas*. Obtenido de <http://ri.uaemex.mx/bitstream/handle/20.500.11799/79883/Sustentabilidad%20Agropecuaria%20Cap%20ADtulo%20Tizbe%20PSAH.pdf?sequence=2&isAllowed=y>
- Alcalde, S. (2022). *Radiografía de la pérdida de bosques en el mundo*. National Geographic España. Obtenido de https://www.nationalgeographic.com.es/naturaleza/radiografia-perdida-bosques-mundo_18183#:~:text=La%20p%C3%A9rdida%20de%20cobertura%20forestal%20se%20define%20como%20la%20desaparici%C3%B3n, puede%20ser%20permanente%20o%20temporal
- AllTrails. (s.f.). Obtenido de <https://www.alltrails.com/es/parques/mexico/mexico/nahuatlacamatlazinca>
- AMBIO. (s.f.). *Pago por servicios ambientales en la región marqués de comillas, Chiapas*. Obtenido de <https://ambio.org.mx/portfolio/pago-por-servicios-ambientales-en-la-region-marques-de-comillas-chiapas/#:~:text=El%20municipio%20de%20Marqu%C3%A9s%20de,15%2000.00%20hect%C3%A1reas%20de%20selva%20tropical>
- Andino, J., Campos, J. J., Villalobos, R., Prins, C., & Faustino, J. (2006). *Los servicios desde un enfoque ecosistémico*. CATIE. Obtenido de https://www.uv.mx/oabcc/files/2018/11/01_AndinoetalServiciosAmbientalesFinal.pdf
- Arnold, C. (27 de diciembre de 2018). *National Geographic*. Obtenido de <https://www.nationalgeographic.com/animales/2018/12/por-que-las-mariposas-monarca-están-desapareciendo-tan-rapido>
- Baker80. (2020). *Steemit*. Obtenido de <https://steemit.com/conocimientos/@baker80/del-estado-tachira-venezuela-para-el-mundo>
- Balvanera, P., & Cotler, H. (2007). *Acercamientos al estudio de los servicios ecosistémicos*. Gaceta Ecológica, 8-15. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/539/53908502.pdf>
- Baró, J. E., Expósito, J. L., & Esteller, M. V. (2008). *Pago por servicio ambiental hídrico para la implementación de perímetros de protección de fuentes de agua destinadas al consumo*

- humano*. Ciencia Ergo Sum, 311-316. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/104/10415309.pdf>
- Bartolo, I. Q., Rodríguez, S. d., & Prado, J. M. (2011). *Desarrollo sustentable, ¿Discurso político o necesidad urgente?* La ciencia y el hombre. Obtenido de <https://www.uv.mx/cienciahombre/revistae/vol24num3/articulos/desarrollo/>
- Blanco, Z. O. (2009). *Pago por Servicios Ambientales como instrumento para el desarrollo local sustentable: caso de la microcuenca el Calabozo, Michoacán*. Biblioteca virtual de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Obtenido de http://bibliotecavirtual.dgb.umich.mx:8083/xmlui/bitstream/handle/DGB_UMICH/4965/FEVAQ-M-2009-0005.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Blog, U. (28 de marzo de 2019). *Uber Blog*. Obtenido de <https://www.uber.com/es-EC/blog/parques-en-quito/>
- Bonfil, H., & Madrid, L. (2006). *El pago por servicios ambientales en la Cuenca de Amanalco-Valle de Bravo*. Gaceta Ecológica, 63-79. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/539/53908005.pdf>
- Brasil, G. s. (2022). *Guía sobre Brasil*. Obtenido de <https://guiasobrebrasil.com/turismo-en-el-estado-de-rondonia/>
- Brundtland, C. (1987). *Informe de la Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo*. Obtenido de https://www.ecominga.uqam.ca/PDF/BIBLIOGRAPHIE/GUIDE_Lecture_1/CMMAD-Informe-Comision-Brundtland-sobre-Medio-Ambiente-Desarrollo.pdf
- Brunett, E., Baró, J. E., Cadena, E., & Esteller, M. V. (2010). *Pago por servicios ambientales hidrológicos: caso de estudio Parque Nacional del Nevado de Toluca, México*. Ciencia Ergo Sum, 286-294. Obtenido de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=10415212007>
- CAEM. (2018). *Programa Hídrico Integral Del Estado De México 2017-2023*. Obtenido de <https://caem.edomex.gob.mx/sites/caem.edomex.gob.mx/files/files/AcercaCAEM/PHIEM1.pdf>
- Candelaria, M. A. (2018). *Cámara de Diputados*. Obtenido de http://sil.gobernacion.gob.mx/Archivos/Documentos/2018/09/asun_3742593_20180927_1538067346.pdf
- CEPAL. (2021). *Temas estadísticos de la CEPAL*. Obtenido de https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/47151/1/S2100266_es.pdf
- CEPANAF. (s.f.). Obtenido de https://cepanaf.edomex.gob.mx/centro_ceremonial_otomi
- CEPANAF. (1977). Obtenido de [https://cepanaf.edomex.gob.mx/sites/cepanaf.edomex.gob.mx/files/files/PE-21%20NAUTLACA%20MATLAZINCA\(DT\).pdf](https://cepanaf.edomex.gob.mx/sites/cepanaf.edomex.gob.mx/files/files/PE-21%20NAUTLACA%20MATLAZINCA(DT).pdf)
- Chafla, P., & Cerón, P. (2016). *Pago por servicios ambientales en el sector del agua: el Fondo para la Protección de Agua*. Tecnología y ciencias del agua, 25-40. Obtenido de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-24222016000600025

- Cisneros, P. V., Torres Knoop, L., & Carabias Lillo, J. (2016). *El pago por servicios ambientales (PSA) como herramienta base para la conservación de la Selva Lacandona y el desarrollo sustentable*. Obtenido de <https://chm.cbd.int/api/v2013/documents/7DFED332-8E25-6C00-8F1B-FD50DFBE5D54/attachments/208399/Meta3-NATURA%20PSA.pdf>
- CONABIO. (2006). *Capital natural y bienestar social*. México, D.F. Obtenido de http://www.conabio.gob.mx/2ep/images/3/37/capital_natural_2EP.pdf
- CONABIO. (2006). *Catálogo de metadatos geográficos*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Obtenido de http://www.conabio.gob.mx/informacion/metadatos/gis/uro_cinegw.xml?_httpcache=yes&_xsl=/db/metadatos/xsl/fgdc_html.xsl&_indent=no
- CONABIO. (2012). *NaturaLista*. Obtenido de <https://www.naturalista.mx/taxa/13858-Passer-domesticus>
- CONABIO. (2022). *Portal de Geoinformación*. Obtenido de <http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/>
- CONAFOR. (2001). Obtenido de <https://www.gob.mx/conafor>
- CONAFOR. (2011). *El pago voluntario por servicios ambientales hidrológicos en la Cuenca del Alto Nazas*. Obtenido de <http://www.conafor.gob.mx:8080/documentos/docs/5/2290Servicios%20Ambientales%20y%20Cambio%20Clim%C3%A1tico.pdf>
- CONAFOR. (Agosto de 2011). *El programa de pago por servicios ambientales*. Obtenido de <http://www.conafor.gob.mx:8080/documentos/docs/7/2308Programa%20de%20Pago%20por%20Servicios%20Ambientales.pdf>
- CONAFOR. (2017). *Guía De Mejores Prácticas De Manejo (GMPM)*. Obtenido de <http://www.conafor.gob.mx:8080/documentos/docs/49/6317Manual%20de%20Mejores%20Pr%C3%A1cticas.pdf>
- CONAFOR. (2011). *Servicios ambientales y cambio climático*. Obtenido de <http://www.conafor.gob.mx:8080/documentos/docs/5/2290Servicios%20Ambientales%20y%20Cambio%20Clim%C3%A1tico.pdf>
- CONAFOR. (2017). *Reglas de Operación PRONAFOR*. Obtenido de <file:///C:/Users/SHARON/Downloads/Reglas%20PRONAFOR%202017%20Secci%C3%B3n%20I.pdf>
- CONAFOR. (22 de noviembre de 2019). *Celebra la CONAFOR 16 años de la creación del programa pago por servicios ambientales*. Obtenido de <https://www.gob.mx/conafor/prensa/celebra-la-conafor-16-anos-de-la-creacion-del-programa-pago-por-servicios-ambientales>
- CONAFOR. (2020). *Estimación de la tasa de deforestación bruta en México para el periodo 2001-2018 mediante el método de muestreo*. Obtenido de <http://www.conafor.gob.mx:8080/documentos/docs/1/7767Resumen%20Ejecutivo%20Deforestaci%C3%B3n%202001-2018%20M%C3%A9xico.pdf>

- CONAFOR. (2022). *Pago por Servicios Ambientales: Incentivos económicos para la conservación de los ecosistemas*. Obtenido de <https://www.gob.mx/conafor/es/articulos/pago-por-servicios-ambientales-incentivos-economicos-para-la-conservacion-de-los-ecosistemas#:~:text=El%20programa%20denominado%20Pago%20por,medio%20ambiente%2C%20como%20el%20ecoturismo%2C>
- CONANP. (2010). *Pago Por Servicios Ambientales en Áreas Naturales Protegidas*. Obtenido de <https://www.gob.mx/conanp/documentos/pago-por-servicios-ambientales-en-areas-naturales-protegidas>
- CONANP. (2011). *Resumen del Programa de Manejo del Parque Nacional Lagunas*. Obtenido de https://simec.conanp.gob.mx/pdf_pcym/98_DOF.pdf
- CONANP. (2021). *Estudio previo justificativo lago de Texcoco para el establecimiento del área natural protegida*. Obtenido de <https://www.conanp.gob.mx/pdf/separata/EPJ-APRN-LagodeTexcoco.pdf>
- CONANP. (2022). *Mapas de las Áreas Naturales Protegidas. Serie cartográfica*. Obtenido de http://sig.conanp.gob.mx/website/pagsig/mapas_serie.htm
- CONAPO. (2010). *Índice de marginación por localidad*. Obtenido de http://www.conapo.gob.mx/work/models/CONAPO/indices_margina/2010/documentoprincipal/Capitulo01.pdf
- CONEVAL. (2009-2010). *Informe de la Evaluación Específica de Desempeño 2009-2010*. Obtenido de https://www.coneval.org.mx/rw/resource/coneval/EVALUACIONES/EVALUACIONES_PROGRAMAS_POLITICAS_DS/EED%202009-2010/SEMARNAT/SEMARNAT10A.pdf
- CONEVAL. (2021). *Ficha de Monitoreo 2020-2021. Apoyos para el Desarrollo Forestal Sustentable*. Obtenido de https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/673527/FMyE_PI_16_S219.pdf
- Corzo, P. R. (20 de enero de 2011). *Sierra Gorda, México*. Obtenido de <https://sierragordamexico.wordpress.com/2011/01/20/174/>
- Cruz, D. A., Bustamante González, Á., Jaramillo Villanueva, J. L., Silva Gómez, S. E., Tornero Campante, M. A., & Vargas López, S. (2010). *Disposición de los productores forestales de la región Izta-popo a aceptar pagos por mantener los servicios ambientales hidrológicos*. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 549-556. Obtenido de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=93915170015>
- Díaz, Z. M., & Perevochtchikova, M. (2017). *Evaluación ambiental integrada de áreas inscritas en el programa federal de Pago por Servicios Ambientales Hidrológicos. Caso de estudio: Ajusco, México*. *Investigaciones Geográficas*, 76-94. Obtenido de <https://www.elsevier.es/es-revista-investigaciones-geograficas-boletin-del-instituto-118-pdf-S0188461117300511>
- DOF. (1936). *Decreto que crea el área natural "Lagunas de Zempoala"*. Obtenido de https://simec.conanp.gob.mx/pdf_decretos/98_decreto.pdf
- DOF. (1992). *Ley de aguas Nacionales*. Obtenido de https://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=4700795&fecha=01/12/1992#gsc.tab=0

- DOF. (2011). *Resumen del Programa de Manejo del Parque Nacional Lagunas de Zempoala*. Obtenido de https://simec.conanp.gob.mx/pdf_pcy/98_DOF.pdf
- DOF. (2016). *Resumen del programa de manejo del parque ecológico, turístico y recreativo Zempoala-la bufa, denominado parque otomí mexicana del estado de México*. Obtenido de <https://legislacion.edomex.gob.mx/sites/legislacion.edomex.gob.mx/files/files/pdf/gct/2016/oct211.PDF>
- DOF. (2016). *Ley general del equilibrio ecológico y protección al ambiente*. Obtenido de <https://www.gob.mx/profepa/documentos/ley-general-del-equilibrio-ecologico-y-la-proteccion-al-ambiente-63043>
- DOF. (2018). *Ley general de desarrollo forestal sustentable*. Obtenido de <https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LGDFS.pdf>
- DOF. (2020). *Reglamento de la ley general de desarrollo forestal sustentable*. Obtenido de https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/regley/Reg_LGDFS_091220.pdf
- DOF. (2021). *Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos que reforma la de 5 de febrero de 1857*. Obtenido de <https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/CPEUM.pdf>
- DOF. (2021). *Ley general de vida silvestre*. Obtenido de https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/146_200521.pdf
- DOF. (2022). *Ley agraria*. Obtenido de <https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LAgra.pdf>
- Domingo, P. C. (2015). *Procesos migratorios indígenas en el Estado de México*. Nova Scientia. Obtenido de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=203338783032>
- Earth Explorer. (2022). *Earth Explorer*. Obtenido de <https://earthexplorer.usgs.gov/>
- Enríquez, Y. (2021). *México ruta mágica*. Obtenido de <https://mexicorutamagica.mx/2021/04/27/lagunas-zempoala-morelos-cabanas-como-llegar/>
- Espejel, A. S., & Martínez Guevara, E. R. (2006-2012). *Memoria Documental del Programa ProÁrbol - Pago por Servicios Ambientales*. Obtenido de https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/126491/CNF-11_Servicios_Ambientales.pdf
- Espinoza, N., Gatica, J., & Smyle, J. (1999). *El pago de servicios ambientales y el desarrollo sostenible en el medio rural*. Serie de Publicaciones RUTA. Obtenido de <http://repiica.iica.int/docs/B3182e/B3182e.pdf>
- FAO. (1999). *Situación de los bosques del mundo*. Obtenido de <https://www.fao.org/3/W9950S/W9950s00.htm#TopOfPage>
- FAO. (2003). *Tenencia de la Tierra y Desarrollo Rural*. Obtenido de <https://www.fao.org/3/y4307s/y4307s05.htm>
- FAO. (2007). *Base Referencial Mundial del Recurso Suelo*. World Soil Information. Obtenido de <https://www.fao.org/3/a0510s/a0510s00.pdf>

- Fregoso, A. (2006). *La oferta y el pago de los servicios ambientales hídricos: una comparación de diversos estudios*. Gaceta Ecológica, 29-46. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/539/53907803.pdf>
- GACETA. (1980). *Decreto por el que se crea el Parque ecológico, turístico y recreativo Zempoala-la bufa, denominado Parque Otomí Mexica del Estado de México*. Obtenido de [https://cepanaf.edomex.gob.mx/sites/cepanaf.edomex.gob.mx/files/files/PE-27%20OTOMI%20-%20MEXICA\(DT\).pdf](https://cepanaf.edomex.gob.mx/sites/cepanaf.edomex.gob.mx/files/files/PE-27%20OTOMI%20-%20MEXICA(DT).pdf)
- GACETA. (2011). *Resumen ejecutivo del programa de conservación y manejo del Parque estatal Nahuatlaca — Matlazinca*. Obtenido de <https://legislacion.edomex.gob.mx/sites/legislacion.edomex.gob.mx/files/files/pdf/gct/2011/may191.PDF>
- Galicia, L., García Romero, A., Gómez Mendoza, L., & Ramírez, I. (2007). *Cambio de uso del suelo y degradación ambiental*. Ciencia. Obtenido de [https://www.amc.edu.mx/revistaciencia/index.php/82-vol-58-num-4-octubre-diciembre-2007/comunicaciones-libres/135-cambio-de-uso-del-suelo-y-degradacion-ambiental#:~:text=La%20deforestaci%C3%B3n%20y%20otros%20cambios,y%20culturales%20\(Cuadro%201\)](https://www.amc.edu.mx/revistaciencia/index.php/82-vol-58-num-4-octubre-diciembre-2007/comunicaciones-libres/135-cambio-de-uso-del-suelo-y-degradacion-ambiental#:~:text=La%20deforestaci%C3%B3n%20y%20otros%20cambios,y%20culturales%20(Cuadro%201)).
- Gálmez, V. (2013). *Proyecto de Carbono Suruí, Brasil*. Plataforma de Intercambio de Experiencias. Obtenido de <http://repica.iica.int/docs/B3392e/B3392e.pdf>
- Gentes, I. (2006). *Valoración de servicios ambientales y políticas públicas en comunidades indígenas y campesinas en los países andinos. Metodologías y estrategias para un diálogo nacional*. Revista de Geografía Norte Grande, 29-44. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/300/30003503.pdf>
- GESG. (s.f.). *La Alianza Sierra Gorda y su estrategia de conservación*. Obtenido de <https://sierragorda.net/alianza-sierra-gorda/>
- Gómez Demetrio, W., & Villegas Martínez, D. (16 de Septiembre de 2020). *Procesos locales de transformación que detonan el cambio de uso de suelo y vegetación en un área natural protegida de la Región Centro de México*. Acta universitaria. Obtenido de <https://www.redalyc.org/journal/416/41669751048/html/#fn4>
- Gómez, L. F. (2008). *Oferta y demanda de PSA: actores y sus roles*. Obtenido de <http://www.oas.org/dsd/specialmeetings/LuisFernandoMaciasPresentacion.pdf>
- Herbert, T., Vonada, R., Jenkins, M., Bayón, R., & Leyva, J. M. (2010). *Fondos Ambientales y Pagos por Servicios Ambientales*. Rio de Janeiro: RedLAC. Obtenido de <https://www.funbio.org.br/wp-content/uploads/2012/04/1-Fondos-Ambientales-y-Pagos-por-Servicios-Ambientales.pdf>
- H. A. Ocuilan. (2003). *Secretaría de Desarrollo Urbano y Obra, Estado de México*. Obtenido de http://seduv.edomexico.gob.mx/planes_municipales/ocuilan/PMDU%20Ocuilan%20JULIO%202003.pdf

-
- Ibáñez, J. J., & Manríquez, F. J. (2011). *Andosoles: Uso y Manejo*. Obtenido de <https://www.madrimasd.org/blogs/universo/2011/12/20/140649>
- ICGC. (s.f.). *Rocas sedimentarias*. Obtenido de <https://www.icgc.cat/es/Ciudadano/Explora-Cataluna/Atlas/Atlas-geologico-de-Cataluna/Los-tipos-litologicos/Rocas-sedimentarias>
- INECC. (2015). *Conceptualización de las metodologías de valoración económica y de la evaluación de los apoyos otorgados por servicios ambientales en materia de bosques y selvas*. Obtenido de https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/191464/Conceptualizacion_PSA_02.pdf
- INEGI. (1975). *Geología*. Obtenido de <https://www.inegi.org.mx/temas/geologia/#Descargas>
- INEGI. (1983). *Edafología*. Obtenido de <https://www.inegi.org.mx/temas/edafologia/#Descargas>
- INEGI. (2019). *Topografía*. Obtenido de <https://www.inegi.org.mx/temas/topografia/#Descargas>
- INEGI. (2020). *Población*. Obtenido de <https://www.inegi.org.mx/temas/estructura/>
- INEGI. (2022). *Continuo de Elevaciones Mexicano (CEM)*. Obtenido de <https://www.inegi.org.mx/app/geo2/elevacionesmex/>
- INEGI. (2022). *Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas*. Obtenido de <https://www.inegi.org.mx/app/mapa/denue/default.aspx>
- INIFAP. (s.f.). *Catálogo de especies*. Obtenido de http://www.conafor.gob.mx/catalogo_veg_tormento/especies/detalles/43
- Jiménez, M. R., & Pacheco, E. V. (2017). *Impacto del pago por servicios ambientales hidrológicos en los bosques de tres ejidos de Texcoco, México*. *Agricultura, sociedad y desarrollo*, 511-531. Obtenido de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1870-54722017000400511
- Latorre, C. C., Calderón Patrón, J., & Suarez Ramírez, L. (2014). *Los servicios ambientales y la biodiversidad*. Obtenido de http://campusvirtual.cua.uam.mx/pdfs/paea/18o/ss/ss_t4_c1.pdf
- Mancilla Hernández, K. E., & Cortés Chávez, M. M. (2014). *Esquema de cobro del servicio hidrológico que provee la cuenca alta del Pixquiac*. *Tecnología y ciencias del agua*, 161-177. Obtenido de https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-24222014000500010
- Mayrand, K., & Paquin, M. (2004). *Pago por servicios ambientales: Estudio y evaluación de esquemas vigentes*. *Unisféra International Centre*, 65. Obtenido de <http://orton.catie.ac.cr/repdoc/A7643e/A7643e.pdf>
- Merino, L., González, A., & Graf, S. (2005). *El Programa de Pago por Servicios Ambientales Hidrológicos: revisión crítica y propuestas de solución*. Obtenido de <https://www.cmss.org.mx/wp-content/uploads/El-programa-de-pago-por-servicios-ambientales-hidrologicos-revision-critica-y-propuestas-de-modificacion-1.pdf>
- Mexicano, S. G. (2017). *Rocas ígneas*. Obtenido de <https://www.sgm.gob.mx/Web/MuseoVirtual/Rocas/Rocas-igneas.html>

- Monjardín Armenta, S. A., Pacheco Angulo, C. E., Plata Rocha, W., & Corrales Barraza, G. (2017). *La deforestación y sus factores causales en el estado de Sinaloa, México*. Madera y Bosques, 7-22. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/617/61750015001.pdf>
- Montes, V. V. (2013). *Los servicios ambientales*. Revista derecho. Obtenido de <http://revistaderecho.um.edu.uy/wp-content/uploads/2013/10/Rojas-Montes-Los-servicios-ambientales.pdf>
- Mora-Carvajal, M. J., Bustamante-González, A., Cajuste-Bontemps, L., Vargas-López, S., Cruz Bello, G. M., & Ramírez-Juárez, J. (2019). *Pago por servicios ambientales hidrológicos y dinámica de la cobertura arbórea en la región Iztaccíhuatl-Popocatepetl, Puebla, México*. Acta Agronómica, 84-91. Obtenido de <https://www.redalyc.org/journal/1699/169960781002/169960781002.pdf>
- Moros, L., Matallana, J., & Beltrán, M. F. (2020). *Pagos por servicios ambientales y objetivos de desarrollo sostenible en América Latina ¿hacia dónde deben orientarse?* Obtenido de https://cods.uniandes.edu.co/wp-content/uploads/2020/07/CODS_DOCS_06.pdf
- MX/CITY. (2020). *MX/CITY*. Obtenido de <https://mxcity.mx/2020/09/el-magnifico-parque-ecoturistico-corr-al-de-piedra-en-amanalco/>
- MX/CITY. (s.f.). *MX/CITY*. Obtenido de <https://mxcity.mx/2020/05/sierra-gorda-queretaro-abismos/>
- National Geographic. (2021). *Deforestación*. National Geographic. Obtenido de <https://www.nationalgeographic.es/medio-ambiente/deforestacion>
- Naturalista. (s.f.). *Naturalista*. Obtenido de <https://www.naturalista.mx/places/wikipedia/Lagunas%20de%20Zempoala#:~:text=Se%20compone%20de%20bosque%20de,en%20la%20C3%A9poca%20de%20lluvias.&text=En%20el%20lugar%20existe%20un,de%20caballos%2C%20C3%A1rea%20para%20comer>
- Naturalista. (2017). *Naturalista*. Obtenido de <https://www.naturalista.mx/projects/parque-natural-de-recreacion-popular-nahuatlaca-matlalzinca#:~:text=El%20parque%20fue%20decretado%20el,una%20C3%A1rea%20de%2027%2C878%20Ha.>
- OAS. (2005). *Pago por Servicios Ambientales*. San José, Costa Rica. Obtenido de <http://www.oas.org/dsd/MinisterialMeeting/Documents/Theme3/Lospagosperserviciosambientalesfinal.pdf>
- ONU. (2018). *Agenda 2030: Objetivos de Desarrollo Sostenible*. Obtenido de <https://onu.org.gt/objetivos-de-desarrollo/>
- Ortiz, F., Rubio, N., Carabias, J., & Vázquez, P. (2015). *Pago por servicios ambientales. Conservación y desarrollo sustentable en la Selva la Candona*. México: Natura y ecosistemas mexicanos. (pág. 315-331). Obtenido de https://ceiba.org.mx/publicaciones/Centro_Documentacion/Conservacion&DS_SelvaLacandon/5.2_Pago_Servicios_Ambientales.pdf
- Perevochtchikova, M., & Tamayo, A. M. (2012). *Avances y limitantes del programa de pago de servicios ambientales hidrológicos en México, 2003-2009*. Revista mexicana de ciencias

- forestales, 89-112. Obtenido de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-11322012000200008
- Perevochtchikova, M., & Vázquez Beltrán, A. (2010). *Impacto del programa de pago por servicios ambientales hidrológicos (PSAH) en suelo de conservación del D.F., México*. Obtenido de <https://mariaperevochtchikova.colmex.mx/pdfs/Extensos/2010-Impacto%20del%20Programa%20de%20Servicios%20Ambientales%20Hidrol%C3%B3gicos%20en%20el%20Suelo%20de%20Conservaci%C3%B3n,%20DF.pdf>
- Pérez, E. S. (s.f.). *Enciclopedia de los municipios y delegaciones de México*. Obtenido de <http://www.inafed.gob.mx/work/enciclopedia/EMM15mexico/municipios/15063a.html>
- Pérez, J. A., Henao, Á., & Naranjo, M. E. (2009). *Determinación de la disposición a pagar por el servicio ambiental protección de los recursos hídricos en el estado Táchira, Venezuela*. Revista Técnica de la Facultad de Ingeniería Universidad del Zulia, 77-85. Obtenido de http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0254-07702009000100011
- Pérez, J. I. (2017). *Análisis socioespacial, geográfico, ambiental y ecológico del Parque Otomí – Mexica, Estado de México*. Obtenido de <https://ri.uaemex.mx/bitstream/handle/20.500.11799/68654/2017%20OTOMI%20MEXICA.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Pérez, M. R., Fernández, C. G., & Sayer, J. A. (2007). *Los servicios ambientales de los bosques. Ecosistemas*, 80-89. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/540/54016309.pdf>
- PHINA. (2022). *Padrón e Historial de Núcleos Agrarios*. Obtenido de <https://phina.ran.gob.mx/consultaPhina.php>
- Pompa, M. (2008). *Análisis de la deforestación en ecosistemas montañosos del noroeste de México*. Avances en Investigación Agropecuaria, 35-44. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/837/83712204.pdf>
- PROBOSQUE. (2017). *Reglas de operación PSAHEM*. Obtenido de <https://probosque.edomex.gob.mx/sites/probosque.edomex.gob.mx/files/files/ReglasOperacionPSAHM2017.pdf>
- PROBOSQUE. (2017). *Beneficiarios PSAHEM*. Obtenido de <https://probosque.edomex.gob.mx/sites/probosque.edomex.gob.mx/files/files/fipasahem/Beneficiarios%20del%20PSAHM%20CONVOCATORIA%202017.pdf>
- PROFEPA. (2020). *Senado de la República*. Obtenido de https://comisiones.senado.gob.mx/ambiente/reu/docs/votacion6_090920.pdf
- Pueblos de México. (s.f.). *Pueblos de México*. Obtenido de <https://www.pueblosmexico.com.mx/viajando-con-tus-amigos-al-ajusco.html>
- Quiñones, U. M., Martínez Adriano, C., & Aguirre Calderón, Ó. (2021). *Modelado espacial histórico y actual del oyamel (Abies religiosa [Kunth] Schltdl. & Cham.) en la Faja Volcánica Transmexicana*. Revista Chapingo serie ciencias forestales y del ambiente. Obtenido de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2007-40182019000200201&script=sci_arttext&tlng=es

- Ramírez, I. (2007). *Tlahuicas ocuiltecos del Estado de México*. Obtenido de <https://www.aacademica.org/salomon.nahmad.sitton/57.pdf>
- Ramírez, L. M. (2011). *Los pagos por servicios ambientales hidrológicos: Más allá de la conservación pasiva de los bosques*. Obtenido de https://www.ccmss.org.mx/wp-content/uploads/2014/10/Los_pagos_por_servicios_ambientales_hidrologicos_mas_alla_de_la_conservacion_pasiva_de_los_bosques.pdf
- RAN. (2014). *RAN*. Obtenido de http://www.ran.gob.mx/ran/indic_bps/4-RAN_proced_act_ind_SuperficieEjidalRegistradaconDelimitaciondeTierras.pdf
- Rondón, I. G., & Reyes Díaz, S. (2012). *Desarrollo Local Sostenible. Apuntes teóricos sobre la definición y clasificación de los servicios medioambientales*. DELOS. Obtenido de <https://www.eumed.net/rev/delos/14/grrd.html#:~:text=Los%20servicios%20medioambientales%20son%20aquellas,recursos%20ambientales%20tales%20como%20agua%2C>
- Rosa, H., & Kandel, S. (2002). *Informe sobre la Propuesta de Pago por Servicios Ambientales en México*. PRISMA. Obtenido de http://www.conafor.gob.mx/innovacion_forestal/wp-content/uploads/2018/04/Burstein-J.-et-al.2002.Informe-sobre-propuesta-Pago_Serv_Amb_Mexico.pdf
- SAGA GIS. (s.f.). *SAGA GIS*. Obtenido de <https://saga-gis.sourceforge.io/en/index.html>
- Santay, S. C. (2012). *Experiencias en Compensación por Servicios Ambientales en América Latina (PSA o REDD+)*. Guatemala: FOREST TRENDS. Obtenido de https://www.forest-trends.org/wp-content/uploads/imported/documento-final-ii-nov-16-2012_final_final-pdf.pdf
- Sarmiento, M. (2011). *Pagos por servicios ambientales. Conceptos y pasos para la implementación de esquemas de PSA*. Argentina. Obtenido de http://rabida.uhu.es/dspace/bitstream/handle/10272/5374/Pagos_por_servicios_ambientales.pdf?sequence=2
- SEMARNAT. (2019). *SEMARNAT combatirá tala ilegal en Ocuilan, Estado de México*. Obtenido de: <https://www.gob.mx/semarnat/prensa/semarnat-combatira-tala-ilegal-en-ocuilan-estado-de-mexico?idiom=es-MX>
- SEMARNAT. (2001). *Acuerdo que establece las Reglas de Operación para el otorgamiento de pagos del Programa de Servicios Ambientales Hidrológicos*. DOF. Obtenido de http://www.dof.gob.mx/nota_detalle_popup.php?codigo=688512
- SEMARNAT. (2012). *El pago por servicios ambientales como instrumento de conservación*. Obtenido de https://www.ccmss.org.mx/wp-content/uploads/2014/10/El_pago_por_servicios_ambientales_como_instrumento_de_conservacion.pdf
- SEMARNAT. (2018). *¿Qué es la restauración forestal?* Obtenido de <https://www.gob.mx/semarnat/articulos/que-es-la-restauracion-forestal?idiom=es>
- SEMARNAT. (2019). *Informe del Medio Ambiente*. Ecosistemas terrestres. Obtenido de <https://apps1.semarnat.gob.mx:8443/dgeia/informe18/tema/cap2.html#tema2>

- SEMARNAT. (11 de marzo de 2021). *Servicios ambientales o ecosistémicos, esenciales para la vida*. Gobierno de México. Obtenido de <https://www.gob.mx/semarnat/es/articulos/servicios-ambientales-o-ecosistemicos-esenciales-para-la-vida?idiom=es>
- SIATL. (2022). Obtenido de https://antares.inegi.org.mx/analisis/red_hidro/siatl/
- SurveyMonkey. (s.f.). *SurveyMonkey*. Obtenido de <https://es.surveymonkey.com/mp/sample-size-calculator/>
- TORREÓN, E. S. (2015). *El siglo de torreón*. Obtenido de <https://www.elsiglodetorreon.com.mx/noticia/2015/invierten-en-la-cuenca-alta-del-nazas.html>
- Treviño, A. R., Núñez, J. M., & Camacho, A. G. (2004). *El Desarrollo Sustentable: Interpretación y Análisis*. Revista del Centro de Investigación, 55-59. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/342/34202107.pdf>
- Tuchin, F. (2020). *El riesgo de la deforestación de los bosques de América Latina*. hazFUNDACIÓN. Obtenido de <https://hazrevista.org/rsc/2020/03/riesgo-deforestacion-bosques-america-latina/>
- UNAM. (2022). *Red Mexicana de Aerobiología*. Obtenido de <http://rema.atmosfera.unam.mx/rema/Fichas%20Tecnicas/Quercus.aspx>
- Uscanga Morales, L. A., & Perevochtchikova, M. (2020). *De Pago por Servicios Ambientales Hidrológicos a Fondos Concurrentes: estudio de percepción social en una comunidad forestal de Oaxaca, México*. Sociedad y Ambiente. Obtenido de <https://www.redalyc.org/journal/4557/455765022018/455765022018.pdf>
- VELÁSQUEZ, A. É. (2021). *Inventario para la conservación de fauna silvestre urbana en el parque urbano "Matlazincas" en Toluca, México*. Obtenido de <https://ri.uaemex.mx/bitstream/handle/20.500.11799/111621/UAEM-FAPUR-TESIS-ALDO-ERICK-MAGALLON-VELASQUEZ.pdf?sequence=1>
- Ventura-Ríos, A., Plascencia-Escalante, F. O., Hernández de la Rosa, P., Ángeles-Pérez, G., & Aldrete, A. (2017). *¿Es la reforestación una estrategia para la rehabilitación de bosques de pino? Una experiencia en el centro de México*. Bosque, 55-66. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/1731/173151032007.pdf>
- Villavicencio, Á. A. (2009). *Propuesta metodológica para un sistema de pago por servicios ambientales*. Cuadernos Geográficos, 29 - 49. doi:<https://www.redalyc.org/pdf/171/17111823002.pdf>
- Villavicencio, Á. A. (2014). *Funciones y servicios ambientales. Parque estatal Sierra Guadalupe*. Zamora, Michoacán: El Colegio de Michoacán. Obtenido de <https://www.colmich.edu.mx/computo/files/FuncionesServiciosAmbientales.pdf>
- Wikipedia. (2019). *Wikipedia*. Obtenido de <https://es.wikipedia.org/wiki/Archivo:Mexico-Popocatepetl.jpg>
- Wunder, S. (2006). *Pagos por servicios ambientales: Principios básicos esenciales*. Indonesia: CIFOR. Obtenido de https://www.cifor.org/publications/pdf_files/OccPapers/OP-42S.pdf

-
- Wunder, S., Wertz Kanounnikoff, S., & Moreno Sánchez, R. (2007). *Pago por servicios ambientales: una nueva forma de conservar la biodiversidad*. *Gaceta Ecológica*, 39-52. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/539/53908505.pdf>
- WWF. (2021). *Informe Frentes de Deforestación*. Obtenido de <https://www.wwf.es/informate/actualidad/?55920/Informe-Frentes-de-Deforestacion#>
- Zepeda, G. A., & Justo Mateo, J. J. (s.f.). *Catálogo de árboles y arbustos. Primera parte. CONIFERAS*. Obtenido de https://www.uaeh.edu.mx/investigacion/icap/LI_IntGenAmb/Juana_Fons/1.pdf
- Zúñiga, J. M., Martínez López, E. A., Navarrete Gallardo, C., Graciano Luna, J. d., Maldonado Ayala, D., & Cano Mejía, B. (2018). *Análisis ecológico de un área de pago por servicios ambientales hidrológicos en el ejido La Ciudad, Pueblo Nuevo, Durango, México*. *Investigación y Ciencia*, 27-36. Obtenido de <https://www.redalyc.org/journal/674/67454781004/html/>