



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO**

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES IZTACALA

**Análisis de los cambios de uso de suelo y
vegetación por actividades antrópicas en el Área
de Protección de Flora y Fauna Cuatrociénegas
(Coahuila, México).**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

BIÓLOGO

P R E S E N T A :

DIEGO ALONSO ZAMORA URIBE



**ASESOR DE TESIS:
DR. JOSÉ MANUEL CRESPO GUERRERO**

LOS REYES IZTACALA, EDO. DE MÉXICO, 2023



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

DEDICATORIA

El tiempo y su implacable justicia nos ha dado y ha quitado, sin embargo, el amor, el cariño, el apoyo, el esfuerzo, la fortaleza y la inalcanzable convicción de superación han estado siempre presentes a través de mis papás y mis hermanas. El resultado de este trabajo es para ustedes, los amo.

AGRADECIMIENTOS

Gran parte de estas palabras son para agradecer el término simbólico de una etapa, la que concluirá irónicamente con quien comenzó, mi familia.

A mi mamá, Hilda, por ser tan extraordinaria mujer, mi más valioso ejemplo de dedicación, empeño y perseverancia. Todo lo que soy y seré, es por ti.

A mi papá, Diego, por tu espíritu de lucha y tu fuerte convicción ante la adversidad, demostrando inteligencia y gracia para superarla. Cuando creo no poder darlo todo, pienso en lo que tú harías.

A mis hermanas, Caro, Fer y Baba, por el simple hecho de serlo, por aguantar cada una de mis etapas —y yo las tuyas sin duda—, su cariño, su paciencia, sus palabras de aliento e incluso las enseñanzas de uno que otro agarrón, me han acompañado durante todo este tiempo.

A mi tío Lalo, allá hasta en la nube en que anda, por creer en mí siempre.

A la Universidad Nacional Autónoma de México por mi formación académica, la cual incluyó un camino lleno de conocimientos, de amistades —de personas cuerdas y locas, con ganas de todo al mismo tiempo— y de aventuras irrepetibles.

Al Profe, Dr. José Manuel Crespo Guerrero, por aceptar asesorarme durante la realización de este trabajo, por sus extraordinarias clases, por las charlas, los comentarios, las revisiones y los consejos tan enriquecedores. La experiencia de haber compartido este proceso con usted, ha marcado un hito en mi formación profesional.

A mis amigos de Palenque, La Arena y Arroyo Granizo, a mis tut keremetik (chamacos) y ants-winiketik (gente) de El Espejo, Chiapas, que con su amistad y cariño me permitieron conocerlos, ampliando mi visión de la relación humano-naturaleza. Y a mi mero wen sumuk de Delicias las Flores quien me acompañó durante este trayecto.

A los miembros del comité sinodal por dedicar parte de su tiempo en la lectura y la revisión de este trabajo.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO 1. UNA HERRAMIENTA DE GESTIÓN DEL TERRITORIO: LAS ÁREAS NATURALES PROTEGIDAS MEXICANAS	5
1.1 Áreas naturales protegidas en México.....	5
1.1.1 Origen histórico de las ANP	6
1.1.2 Propósitos y objetivos de las ANP	11
1.1.3 Categorización de las ANP	14
1.1.4 La categoría Área de Protección de Flora y Fauna: un difícil equilibrio entre conservación y aprovechamiento	20
1.2 Rasgos territoriales del Área de Protección de Flora y Fauna Cuatrociénegas (APFFC) ...	25
1.2.1 Descripción natural y localización del área	26
1.2.1.1 Zonificación	27
1.2.2 Factores físicos	31
1.2.2.1 Fisiografía	31
1.2.2.2 Geología.....	32
1.2.2.3 Edafología.....	32
1.2.2.4 Hidrología	33
1.2.2.5 Climatología.....	35
1.2.3 Factores bióticos	37
1.2.3.1 Fauna	37
1.2.3.2 Vegetación.....	38
1.2.4 Factores socioeconómicos	40
1.2.4.1 Población y localidades	40
1.2.4.2 Usos de suelo.....	41
1.2.4.3 Actividades económicas	43
1.2.4.4 Educación	48
1.2.4.5 Migración y marginación	49
1.3 Importancia y conservación del APFF Cuatrociénegas.....	50
1.3.1 Valor científico, ambiental, ecológico y ecosistémico	50
1.3.2 Designaciones internacionales	53
CAPÍTULO 2. LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA EN EL ANÁLISIS DEL CAMBIO DE USO DE SUELO Y VEGETACIÓN.....	57
2.1. Concepto e importancia del uso de suelo y vegetación.....	57

2.2.	Cambio de uso de suelo y vegetación (CUSV).....	58
2.2.1	Variables para la descripción del CUSV.....	59
2.2.2	Antecedentes investigativos sobre el CUSV.....	60
2.3	Sistemas de Información Geográfica (SIG).....	63
2.3.1	Origen de los SIG.....	63
2.3.2	Definición y elementos de un SIG.....	65
2.3.3	Formatos de representación de datos.....	67
2.3.4	Aplicación de los SIG.....	69
2.3.5	Percepción remota y análisis espacial.....	70
2.4	Análisis del CUSV del APFFC.....	74
2.4.1	Clasificación de los usos de suelo y vegetación en el período 1994-2020.....	74
2.4.2	Validación de la superficie clasificada.....	78
2.4.3	Verificación aleatoria de puntos de cobertura vegetal y usos de suelo en campo 82	
2.4.4	Descripción, dinámica y tasa de cambio del APFFC del período 1994-2020.....	84
CAPÍTULO 3. PREDOMINIO DE LAS ACTIVIDADES ANTRÓPICAS DEL APFFC Y SU ÁREA DE INFLUENCIA SOBRE EL CUSV.....		
3.1.	Estructura demográfica, social y económica del APFFC y su área de influencia.....	95
3.2.	Diagnóstico y análisis cualitativo de las causas y los propósitos en el CUSV sobre el APFFC 102	
3.2.1	Aplicación de entrevistas semiestructuradas en campo.....	102
3.2.2	Identificación de actores involucrados por actividad en el APFFC.....	104
3.2.3	Diagnóstico de resultados por cuestionario.....	105
3.2.3.1	Cuestionario 1. Dirigido a quienes desempeñan una labor productiva en el APFFC e AI.....	105
3.2.3.2	Cuestionario 2. Dirigido a quienes desempeñan una labor de gestión e investigación en el APFFC e AI.....	108
3.2.4	Análisis de las causas y los propósitos de las actividades antrópicas de la región del APFFC sobre el CUSV.....	111
CONCLUSIONES.....		
LITERATURA CITADA.....		
ANEXO. CUESTIONARIOS.....		
ÍNDICE DE CUADROS		
Cuadro 1. Categorías de gestión de áreas protegidas emitidas por la UICN.		
Cuadro 2. Descripción de las categorías de ANP de ámbito federal emitidas por la LGEEPA.		

Cuadro 3. Zonificación y actividades permitidas por tipo de ANP emitidas por la LGEEPA.....	17
Cuadro 4. Criterios para la preservación y aprovechamiento sustentable de fauna y flora silvestre emitidos por la LGEEPA.	21
Cuadro 5. Criterios de manejo por zona en el Área de Protección de Flora y Fauna Cuatrociénegas	29
Cuadro 6. Grupos faunísticos estudiados del APFF Cuatrociénegas	37
Cuadro 7. Tipos de vegetación del APFF Cuatrociénegas	38
Cuadro 8. Número de habitantes por localidad dentro del APFF Cuatrociénegas	40
Cuadro 9. Principales cultivos anuales del municipio de Cuatrociénegas de Carranza de 2020	43
Cuadro 10. Principales cultivos perennes del municipio de Cuatrociénegas de Carranza de 2020 .	44
Cuadro 11. Número de cabezas por tipo de ganado del municipio de Cuatrociénegas de Carranza en 2007.....	44
Cuadro 12. Población ocupada y económicamente activa en las principales localidades del APFF Cuatrociénegas en 2020.....	48
Cuadro 13. Rezago educativo en las principales localidades del APFF Cuatrociénegas en 2020	49
Cuadro 14. Inmigración interestatal en las principales localidades del APFF Cuatrociénegas en 2020	49
Cuadro 15. Clasificación de hábitats por tipo de humedal del APPF Cuatrociénegas emitidas por la Convención de RAMSAR.....	53
Cuadro 16. Áreas de aplicación de los SIG como herramienta	69
Cuadro 17. Estandarización de leyendas de los mapas de uso de suelo y vegetación serie II y VI del INEGI, correspondientes al APFFC y su zona de influencia	75
Cuadro 18. Características espaciales y espectrales de los satélites Landsat 5 y 8	76
Cuadro 19. Combinación espectral de bandas por sensor y su aplicación en la definición de los sitios de entrenamiento	77
Cuadro 20. Matriz de confusión clasificación CUSV 1994 en el APFF Cuatrociénegas	80
Cuadro 21. Matriz de confusión clasificación CUSV 2020 en el APFF Cuatrociénegas	81
Cuadro 22. Matriz de transición de los cambios de uso de suelo y vegetación en el período 1994-2020 en el APFF Cuatrociénegas	91
Cuadro 23. Tasa de cambio de uso de suelo y vegetación en el APFF Cuatrociénegas (1994-2020)	92
Cuadro 24. Población ocupada (PO), económicamente activa (PEA) e inactiva (PEIA) por localidad dentro del APFF Cuatrociénegas del período comprendido de 1995-2020.....	98
Cuadro 25. Población ocupada (PO), económicamente activa (PEA) e inactiva (PEIA) por localidad del área de influencia del APFF Cuatrociénegas del período comprendido de 1995-2020.....	98
Cuadro 26. Migración interestatal entre la Población nacida en la entidad (PNACENT) y la Población nacida en otra entidad (PNACOENT) en las localidades ubicadas dentro del APFF Cuatrociénegas del período comprendido de 1995-2020	100

Cuadro 27. Migración interestatal en las localidades del área de influencia del APFF Cuatrociénegas del período comprendido de 1995-2020	100
Cuadro 28. Entrevistados del APFFC y su área de influencia	104

ÍNDICE DE MAPAS

Mapa 1. APFF distribuidas en las Ecorregiones terrestres de México	24
Mapa 2. Localización del Área de Protección de Flora y Fauna Cuatrociénegas, Coahuila	27
Mapa 3. Zonificación del Área de Protección de Flora y Fauna Cuatrociénegas	28
Mapa 4. Relieve y elevación del Área de Protección de Flora y Fana Cuatrociénegas	31
Mapa 5. Unidades de suelo del Área de Protección de Flora y Fana Cuatrociénegas	33
Mapa 6. Región Hidrológica del Área de Protección de Flora y Fana Cuatrociénegas	34
Mapa 7. Unidades hidrológicas del acuífero Cuatrociénegas dentro del APFFC	35
Mapa 8. Climatología del Área de Protección de Flora y Fauna Cuatrociénegas	36
Mapa 9. Vegetación y usos de suelo del APFF Cuatrociénegas	40
Mapa 10. Puntos de verificación de cobertura vegetal y usos de suelo para el APFF Cuatrociénegas y su zona de influencia	82
Mapa 11. Puntos validados de cobertura vegetal y usos de suelo para el APFFC y su zona de influencia	84
Mapa 12. Coberturas de uso de suelo y vegetación del APFF Cuatrociénegas en 1994	85
Mapa 13. Coberturas de uso de suelo y vegetación del APFF Cuatrociénegas en 2020	87

ÍNDICE DE GRÁFICAS

Gráfica 1. Número de habitantes por localidad dentro del APFF Cuatrociénegas del período comprendido de 1995-2020.....	95
Gráfica 2. Número de habitantes por localidad del área de influencia del APFF Cuatrociénegas del período comprendido de 1995-2020	96
Gráfica 3. Composición por escolaridad de los participantes entrevistados	105
Gráfica 4. Actividades productivas observadas y realizadas por los entrevistados en la década de 1990.....	106
Gráfica 5. Actividades productivas observadas y realizadas por los entrevistados en 2021.....	107
Gráfica 6. Organizaciones de gobierno que intervienen en el manejo administrativo y en la gestión de los recursos del APFFC y su AI	110
Gráfica 7. Organizaciones de carácter estatal, federal, público y privado que intervienen de forma indirecta en el manejo administrativo y en la gestión de los recursos del APFFC y su AI	111
Gráfica 8. Cambio porcentual entre las actividades productivas realizadas en el APFFC y su AI en el periodo 1994-2020.....	112

Gráfica 9. Porcentaje cambiante promovido por el sector agropecuario en la APFFC y AI..	113
Gráfica 10. Factores secundarios o subyacentes promoventes del CUSV en el APFFC y AI	114

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Representación vectorial y organización de la base de datos	68
Figura 2. Modelo de representación tipo ráster	68
Figura 3. Valores por píxel de una cuadrícula ráster.....	69
Figura 4. Elementos de un sistema de teledetección.	70
Figura 5. Regiones del espectro electromagnético.....	72
Figura 6. Patrones característicos de reflectancia de distintas clases de cobertura de suelo.....	73
Figura 7. Fórmula de asignación de píxeles relacionada al teorema de Bayes.....	78
Figura 8. Interfaz de la aplicación móvil OfflineMaps con las capas KML de verificación y del APFC	83
Figura 9. Georreferenciación de los puntos de cobertura en la aplicación OfflineMaps	83
Figura 10. Aplicación de los cuestionarios semiestructurados durante la salida de campo.....	103

GLOSARIO DE ACRÓNIMOS Y SIGLAS

AI Área socioeconómica y ambiental de influencia

AICAS Área de Importancia para la Conservación de las Aves

ANP Área Natural Protegida

APFF Área de protección de flora y fauna

APFFC Área de protección de flora y fauna Cuatrociénegas

APRN Área de protección de recursos naturales

CADNR Cuenca Alimentadora del Distrito Nacional de Riego

CGIS Canadian Geographical Information System

CITES Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres

CNANP Consejo Nacional de Áreas Naturales Protegidas

CONAFOR Comisión Nacional Forestal

CONAGUA Comisión Nacional del Agua

CONANP Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas

CONAZA Comisión Nacional de Zonas Áridas

CUSV Cambio de uso de suelo y vegetación

DAFCP Departamento Autónomo Forestal de Caza y Pesca

DOF Diario Oficial de la Federación

ESRI Environmental Systems Research Institute

IDW Método de distancia inversa

INE Instituto Nacional de Ecología

LGEEPA Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente

MAB Programa sobre el Hombre y la Biosfera

MN Monumento natural

ONG Organización No Gubernamental

PN Parque nacional

PNACENT Población nacida en la entidad

PNACOENT la Población nacida en otra entidad

RB Reserva de la biosfera

S Santuario

SADER Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural

SEDESOL Secretaría de Desarrollo Social

SEMA Secretaría de Medio Ambiente del estado de Coahuila

SEMARNAP Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca

SEMARNAT Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales

SGM Servicio Geológico Mexicano

SIAP Servicio de Información Agroalimentario y Pesquera

SIG Sistema de información geográfica

SINAP Sistema Nacional de Áreas Naturales Protegidas

SMN Servicio Meteorológico Nacional

SYMAP Synergistic Mapping

UICN Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza

UNAM Universidad Nacional Autónoma de México

UNESCO Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura

UP Unidad de Producción

VCC Valle de Cuatrociénegas

WWF Fondo Mundial para la Naturaleza

INTRODUCCIÓN

La extraordinaria riqueza biológica terrestre, marina, costera, insular y de agua dulce en ríos, lagos y humedales de los ecosistemas emplaza a los Estados Unidos Mexicanos —a partir de ahora México— como el quinto país con mayor biodiversidad en el mundo (CONANP, 2018). La protección, la gestión y la administración de los recursos de estos valiosos hábitats enfrentan retos que ponen en riesgo el capital natural y los servicios ambientales que estos ecosistemas proporcionan para el desarrollo y el bienestar de las personas. Históricamente, en el mundo se han establecido distintas figuras de protección de la naturaleza bajo una estrategia central de conservación, en México los mecanismos implementados para proteger la biodiversidad, se han orientado principalmente a dos de sus niveles más representativos: el de especies y el de ecosistemas (CONABIO, 2012).

Desde 1988, el principal eje rector del sistema jurídico en materia ambiental en México es la Ley General de Equilibrio Ecológica y la Protección al Ambiente (LGEEPA), producto del panorama y del paradigma mundial sobre los efectos negativos de las actividades productivas sobre los ecosistemas (Carabias y Rabasa, 2017). Una de las bases de esta ley, en cuanto a la creación, la administración y la gestión de ecosistemas de alto valor ecológico, fue el establecimiento de áreas naturales protegidas (ANP), las cuales pueden ser decretadas según los elementos biológicos, físicos, fisiográficos y sociales que las caracterizan (DOF, 2018). Cada ANP contiene criterios diferentes de manejo de acuerdo con los objetivos y los lineamientos por la que fue decretada. Para el caso de México, las categorías federales de ANP se describen en el artículo 46 de la LGEEPA.

Dentro del Desierto Chihuahuense, en la zona central del estado de Coahuila, se localiza el valle de Cuatrociénegas, lugar decretado en el año de 1994 como Área de protección de flora y fauna (APFFC) por su alto nivel de endemismos en una amplia diversidad de especies y a las características fisicoquímicas únicas en su ecosistema. Dicha categoría tiene como principal objetivo la conservación de la biodiversidad, en armonía con las actividades productivas que alberga. Los recursos y los espacios disponibles no se han aprovechado con la misma intensidad a lo largo de los años. Los ecosistemas y la biota de este lugar han sido sujetos de una presión antrópica iniciada desde el siglo XIX, con la llegada de la primera población que se asentó de manera permanente en la región y que en los últimos 100 años ha incrementado notablemente sus habitantes. Esto ha ocasionado la consecuente demanda de recursos naturales, reflejándose en el uso de suelo y en la modificación de su cobertura vegetal derivado de la creación de vías de comunicación, extracción y

uso de agua de los manantiales para su distribución en zonas agropecuarias dentro y fuera del valle, la explotación de dunas de yeso, el turismo informal y las actividades vinculadas a la ganadería extensiva (SEMARNAP, 1999). Durante miles de años, las actividades humanas han transformado y modificado la mayor parte de los ecosistemas del planeta, cada año, miles de hectáreas de bosque son suprimidas para el establecimiento de campos agrícolas y ganaderos provocando modificaciones en el ecosistema (FAO, 2012). La pérdida de hábitat es un proceso dinámico, en el cual continuamente la cobertura original forestal es eliminada por la modificación de la vocación del suelo para el establecimiento de actividades antrópicas, esta transformación en el paisaje altera el número y la composición de las especies y se ha descrito como la mayor amenaza para la pérdida de la biodiversidad mundial (Pingarroni, 2017). El conocer el tipo de actividades productivas realizadas en el APFFC, así como las causas y los propósitos que tiene la población dentro de la zona protegida y del área socioeconómica y ambiental de influencia (a partir de ahora AI) al llevarlas a cabo, permite evaluar integralmente el cambio de uso de suelo y vegetación del APFFC. La presente investigación a borda de manera paralela valores cuantitativos provenientes del procesamiento clasificatorio de imágenes satelitales Landsat (Sensor 5 y 8) dentro del periodo de 1994-2020, para reconocer el cambio en el uso de suelo y vegetación (CUSV) del APFFC y vincularlo con las actividades productivas dentro de la poligonal y en su AI. Al relacionar sus resultados con datos cualitativos producto de la aplicación de instrumentos de carácter social en campo, previa identificación de los actores socioeconómicos clave. En aras de reconocer los factores primarios y secundarios que motivan el CUSV, y cómo estos pueden afectar a mediano y largo plazo los recursos y los servicios ecosistémicos del valle de Cuatrociénegas.

Bajo este tenor, la tesis se elaboró bajo la hipótesis de que las actividades económicas de la región donde se localiza el APFFC, están propiciando cambios en el uso de suelo y vegetación que ponen en riesgo los motivos por los que se creó el ANP. El objetivo general recae en analizar los cambios de uso de suelo y vegetación del APFFC, derivado de las actividades antrópicas de la región. Los objetivos particulares de la investigación son: 1.- presentar el origen y el propósito de las ANP en México; 2.- realizar la caracterización del APFFC de los factores físicos, bióticos y socioeconómicos; 3.- analizar la dinámica del cambio de uso de suelo y vegetación en el período 1994-2020; 4.- calcular la tasa de cambio de uso de suelo y vegetación del mismo período; 5.- generar la cartografía especializada resultante del cambio de uso de suelo y vegetación; 6.- analizar cualitativamente la influencia de las actividades antrópicas sobre el cambio de uso de suelo y vegetación; 7.- identificar los actores principales, involucrados en el cambio de uso de suelo y vegetación; 8.- determinar las

causas y los propósitos del cambio de uso de suelo y vegetación a partir de las actividades antrópicas de la región.

El primer capítulo se interesa por el origen y el establecimiento de las ANP, así como las características y las directrices de su gestión global en el ámbito internacional y nacional para el cumplimiento de las estrategias de protección y conservación. De manera particular para México, se señalan los antecedentes normativos que dieron lugar a las actuales leyes y reglamentos del derecho ambiental. Marco legal que dota y define las figuras de conservación de las ANP. Posteriormente, se caracteriza el APFFC, reconociendo los factores biológicos, físicos y socioeconómicos que se conjugan en la estructura socioambiental del área, además de valorizar ecológicamente la importancia de su conservación.

El siguiente capítulo trata la conceptualización y la importancia de las variables descriptivas para reconocer el CUSV y define los usos y las aplicaciones que tienen los sistemas de información geográfica en la representación y en el análisis de datos cuantitativos en formato vectorial y ráster. Este último formato utilizó insumos satelitales del sensor Landsat 5 y 8, para evaluar, mediante un proceso clasificatorio, los CUSV del periodo 1994-2020. Este proceso fue validado y verificado para generar productos cartográficos que muestran las tasas de cambio por cobertura vegetal.

El tercer capítulo expone el trabajo de campo realizado durante el nueve al 14 de mayo de 2021, en el cual se aplicaron instrumentos de carácter social (aplicación de cuestionarios abiertos y semiestructurados por medio de la técnica de la entrevista y la observación directa) para reconocer los motivantes primarios y secundarios del CUSV de los actores clave inmersos en la dinámica productiva del APFFC. Resultados que fueron procesados integralmente con los datos obtenidos del proceso de clasificación, con el fin de demostrar la relación sistémica entre los procesos de cambio y los factores primarios y secundarios que los motivan.

Finalmente, tras la integración de los datos cualitativos y cuantitativos, se demuestran el propósito y las causas de las actividades antrópicas en el APPFC. Los resultados deben manifestar si las labores se ajustan a los objetivos por los que fue creado el ANP. Se espera que la evaluación contribuya, dentro de un período de mediano a largo plazo, a una auténtica conjunción entre el aprovechamiento de los recursos naturales y la preservación de las especies. De tal manera que se beneficie, no sólo a la estructura ambiental, sino también a la socioeconómica de la región, promoviendo una gestión que involucre las dimensiones social, ambiental, económica, política y cultural de los recursos.

CAPÍTULO 1. UNA HERRAMIENTA DE GESTIÓN DEL TERRITORIO: LAS ÁREAS NATURALES PROTEGIDAS MEXICANAS

1.1 Áreas naturales protegidas en México

A lo largo del territorio mexicano pueden encontrarse casi todos los tipos de vegetación que existen en el mundo, actualmente es posible identificar 12 clases de cobertura, distribuidas hasta en 58 comunidades vegetales diferentes (CONABIO 2012; INEGI, 2017). La compleja fisiografía del actual México, así como su historia geológica y climática, ha creado una variada gama de condiciones que hace posible la coexistencia de especies de origen tropical y boreal, y que también ha permitido, con el paso del tiempo, una intensa diversificación de amplios grupos taxonómicos en las zonas continentales, costeras y oceánicas de su territorio (Espinosa et al., 2008). Todo esto hace de México uno de los países llamados megadiversos, apelativo que comparte con Brasil, Perú, Indonesia, China y Colombia. No obstante, al igual que en otras regiones del mundo, la biodiversidad mexicana encara numerosas amenazas que ponen en jaque el futuro de este capital natural, incluidos sus servicios ambientales, indispensables para la vida y el desarrollo de los grupos humanos (CONABIO, 2012).

En México, las estrategias implementadas para proteger la biodiversidad se han dirigido principalmente a dos niveles: el de las especies y el de los ecosistemas (CONABIO, 2012). La normatividad ambiental para la protección de ambos elementos mana de la LGEEPA, decretada en 1988; por tanto, es el principal eje rector del sistema jurídico ambiental del país. Este documento expone, a grandes rasgos, la preservación, la restauración y el mejoramiento del ambiente en el territorio nacional, promoviendo el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales en favor del bienestar y del desarrollo social de la población mexicana (DOF, 1988). Una de las bases centrales de esta ley es la creación, el establecimiento y la administración de ANP. Éstas se conceptualizan por ser zonas del territorio nacional, acuáticas o terrestres, sobre las que la nación ejerce su soberanía y jurisdicción, en donde los ambientes originales no han sido significativamente alterados por la actividad del ser humano o que requieren ser preservadas o restauradas (SEMARNAT, 2018). Según el artículo 47 concerniente a las ANP, en cada una de ellas, se establece una subzonificación, acorde con los elementos biológicos, físicos y socioeconómicos, los cuales constituyen un esquema integral y dinámico para la gestión territorial (DOF, 2018). Esta zonificación, además de cumplir con los criterios de conservación y preservación de las especies y del ecosistema, permite el aprovechamiento sustentable de los recursos. En este sentido, las ANP constituyen la estrategia más

importante para la conservación integral del patrimonio biológico de México y de los servicios ambientales que éste brinda. Actualmente, el país cuenta con 185 ANP que representan el 10.94% de la superficie terrestre nacional y un equivalente al 22.05% de la superficie marina de jurisdicción nacional (SEMARNAT, 2022).

1.1.1 Origen histórico de las ANP

México se caracteriza por ser un país con una añeja tradición en la conservación de la vida silvestre por medio de la protección de áreas naturales. En las culturas prehispánicas parece haber sido una práctica usual, dada la necesidad que los máximos dirigentes de la cultura mexicana tenían por emular el *Tlalocan*, paraíso mítico, asociado a la deidad de la lluvia (De la Maza, 1999). La información escrita y directa de la íntima relación que se tenía con el entorno natural se inicia desde el siglo XV d.C. A comienzos de la época, con el fin de proteger los bosques de sus dominios, Nezahualcóyotl impuso límites a la obtención de leña dictando graves penas a los infractores. Asimismo, la cacería en los bosques o jardines que gozaban de la protección del monarca de los *acolhuas* —cultura procedente de la mexicana—, era penada con la muerte. En 1428 cercó uno de los sitios más emblemáticos y sagrados de la antigua Tenochtitlan, el bosque de Chapultepec. Lugar en donde se recolectaba la flora y la fauna de las ofrendas recogidas por las poblaciones y culturas aledañas, además de aquellas que eran tomadas de manera simbólica durante las batallas por el dominio mesoamericano (De la Maza, 1999).

Las principales culturas de Mesoamérica (Olmecas, Toltecas, Teotihuacanos, Zapotecas, Mixtecas, Mexicas y Mayas) identificaron la extraordinaria belleza y riqueza natural de su entorno, promoviendo el establecimiento de jardines para su protección y limitando las actividades sociales y productivas en ellas. Derivado de la conquista española y su consecuente dominio sobre el territorio mesoamericano, los colonizadores demandaron enormes cantidades de madera para la construcción de obras civiles y combustible. Además, con el inicio de la minería y la implantación de ganado ibérico se perdieron enormes bosques al convertirse en ademes mineros y pastizales (De la Maza, 1999). A inicios del siglo XVI de la Nueva España, Carlos V decretó por cédula real, que tanto el bosque como el cerro de Chapultepec fueran propiedad de la ciudad. Mandato complementado por el primer Virrey Antonio de Mendoza, al prohibir las actividades furtivas de extracción de madera y regular la obtención de leña del bosque de Chapultepec, convirtiéndose así en el primer bosque protegido de la época colonial. A pesar de este tipo de acciones por la monarquía española en la Nueva España, la época de la colonia se caracterizó por la destrucción de bosques para la

formación de haciendas agropecuarias de propiedad noble (De la Maza, 1999). Inmediata a la independencia, en 1824, diversos científicos europeos llegaron a la entonces denominada Nación Mexicana con el fin de resguardarse de las persecuciones políticas de sus países natales. Entre ellos se encontraba el germano Karl Sartorius, botánico que se estableció en las cercanías de Huatusco en Veracruz, lugar donde instauró uno de los primeros cafetales representativos del estado: “El Mirador”. Derivado de los estudios de su exuberante vegetación, gran parte de la hacienda fungió como estación biológica internacional, a la que acudieron un sinnúmero de investigadores botánicos y zoólogos. Las actividades científicas realizadas en este lugar tienen un gran significado para el actual conocimiento de la biodiversidad mexicana (De la Maza, 1999).

Durante 1861 bajo la administración del presidente Benito Juárez, su ministro de Fomento, Ignacio Ramírez, expidió el primer reglamento sobre tala y conservación de los bosques. Sin embargo, este documento consideraba la conservación como un instrumento necesario para propiciar una economía estable y no para fomentar un medio ambiente saludable, excluyendo los elementos biológicos que convergen en el ecosistema (Simonian, 1999). En 1876, el presidente Sebastián Lerdo de Tejada expropió las tierras del Desierto de los Leones —llamado anteriormente Desierto de Carmelitas—, debido a la tala ilegal; lo que había producido una severa disminución del flujo de los 14 manantiales originados en la vertiente occidental del valle. Dicha situación perjudicaba el bienestar de los habitantes de la Ciudad de México al depender en gran medida del aporte de agua de los manantiales. Para el cuidado y la conservación de una fuente tan importante de agua para los residentes de la capital, el gobierno decretó el Desierto de los Leones como Zona de Reserva forestal e Interés público (Simonian, 1999). A finales de siglo, concretamente en 1894, el régimen de Porfirio Díaz promulgó una ley forestal que, entre sus más importantes disposiciones, autorizaba al gobierno la promulgación de reservas forestales. Esta ley contenía al mismo tiempo las primeras disposiciones generales para la conservación de la fauna silvestre. No fue hasta 1898 cuando esta ley se ejerció bajo el impulso conservacionista del ingeniero Miguel Ángel de Quevedo, para el nombramiento de Mineral del Chico en Hidalgo como el primer bosque nacional del régimen porfirista (Simonian, 1999).

Uno de los eventos más relevantes para el desarrollo de la política conservacionista en México, ocurrió en 1909; ese año, un grupo de científicos y naturalistas mexicanos, entre ellos Miguel Ángel de Quevedo —líder y presidente de la Junta Central de Bosques—, participó en la Conferencia Internacional Norteamericana de Recursos Naturales en Washington, D.C (Urquiza, 2015). En dicho

evento, Quevedo expuso las medidas y las soluciones que México debía adoptar para afrontar el desafío forestal del país, bajo una perspectiva de conservación hidrológica forestal en los distintos niveles que esta debía operar: agrícola, industrial y biológico. En vísperas del comienzo de la etapa revolucionaria, Quevedo promovió una ley forestal que incluía todos los elementos que conformaban el bosque, pero debido a las características de la Constitución de 1857, sólo pudo ser vigente para el Distrito y los territorios federales (Urquiza, 2015).

Una vez consumada la Revolución, Quevedo y Pastor Rouaix —Secretario de Obras Públicas— persuadieron a los delegados de la convención constitucionalista para incluir la cuestión conservacionista en la nueva carta magna (Simonian, 1999). Este hecho se consumó, siendo uno de los cambios más importantes postrevolucionarios en materia de conservación y uso racional en el aprovechamiento de los recursos naturales: quedó plasmado en el artículo 27 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos de 1917 (2020). Merece la pena reproducir tan importante artículo:

La nación tendrá en todo tiempo el derecho de imponer sobre la propiedad privada, las reglas que dicte el interés público y de reglamentar el uso de los elementos naturales, susceptibles de apropiación, de modo de distribuir equitativamente la riqueza pública y salvaguardar su conservación. (p.30)

En 1917, el presidente Venustiano Carranza, al margen de la ley de la nueva Constitución nacional, declaró el primer parque nacional del país: el Desierto de los Leones (De la Maza, 1999).

A pesar de la declaración de la nueva Constitución, los años posteriores fueron turbulentos en la conservación de los recursos naturales. La Reforma Agraria condujo al reparto de suelo rural en los años 1920 que transformó ecosistemas forestales en parcelas agrícolas, sin considerar las características agroecológicas de las tierras fraccionadas (Carabias, 2019). De manera paralela, Quevedo siguió realizando investigaciones en materia ambiental y conservacionista, en las distintas administraciones presidenciales de la época. En 1926, tras diversas modificaciones del borrador de ley forestal de 1923 —con modificaciones de Quevedo y colaboradores— se publicó la ley y, al año siguiente, su reglamento. Por primera vez, una ley forestal se ejercía a nivel nacional, reglamentando las actividades forestales tanto en terrenos públicos como privados (Simonian, 1999).

Bajo la presidencia de Lázaro Cárdenas (1934-1940), se concretaron acciones para revertir el deterioro ambiental provocado por el reparto de más de 30 millones de hectáreas de suelo forestal

(Carabias y Rabasa, 2017). Una de las principales respuestas de su administración fue nombrar a Quevedo como jefe del recién creado Departamento Autónomo Forestal de Caza y Pesca (DAFCP), cargo desde donde promovió la protección de áreas estratégicas por su potencial forestal, su flora, su fauna y sus beneficios hidrológicos. Se decretaron “zonas protectoras forestales”, “reservas forestales”, “parques nacionales” y “reservas de repoblación forestal” que llegaron a cubrir hasta el 30% del territorio nacional. No obstante, el reparto agrario siempre fue una prioridad, y tras las constantes críticas de Quevedo hacia la administración, el presidente Cárdenas decidió cerrar el DAFCP. Así se puso fin a los intentos de orientar el reparto agrario hacia las actividades forestales, para atenuar la deforestación y promover el desarrollo rural (Carabias, 2019).

En el período comprendido entre 1940 y 1970, el interés por la conservación disminuyó, al tiempo que despuntó la actividad agrícola irrigada, la agroindustria y el sector industrial. Prueba de ello es que, en esta época, los presidentes de México crearon sólo siete parques nacionales, además de modificar los lineamientos y las extensiones de las ANP previamente decretadas, aumentando considerablemente la frontera agrícola del país (Simonian, 1999). Mientras México obviaba los problemas y los conflictos conservacionistas, gobiernos y asociaciones de la sociedad civil en el mundo se organizaban con el objetivo de defender la naturaleza. El 5 de octubre de 1948 se crea la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) enfocándose durante este mismo período (1940–1970) al impacto de las actividades humanas sobre la naturaleza y a la protección de las especies y los hábitats ineludibles para su supervivencia (UICN, 2019). Al inicio de la década de 1970 el tema ambiental empezó a resurgir y a tomar fuerza en el contexto internacional, al fomentar una nueva conciencia sobre la relación sociedad-naturaleza. Los tres eventos más relevantes en el ámbito global fueron: 1.- la creación del Programa Hombre y Biosfera de parte de la UNESCO en 1971; 2.- el reporte encargado por el Club de Roma a Donella Meadows y colaboradores, que vio la luz en 1972 bajo el título *Los límites de crecimiento*; y 3.- la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente Humano celebrada en Estocolmo ese mismo año.

Posterior a aquellos acontecimientos, cobró relevancia la importancia que el efecto de la contaminación ambiental y la incorrecta gestión de los recursos naturales tenían sobre la salud humana (Carabias, 2019). En México, la discusión y la acción provocada por esos temas se multiplicaron por el descontento con las administraciones preindustriales de la época, originando grupos de intelectuales a favor de un desarrollo socioambiental y partidos políticos de izquierda que promovieron la ecología política. La década de 1980 sentó las primeras bases de una política

ambiental moderna, por medio de dos acontecimientos que significaron un parteaguas en la materia, el primero a escala global y el segundo a escala nacional (Carabias y Rabasa, 2017). La Comisión Mundial de Medio Ambiente y Desarrollo de la ONU dio a conocer en 1987 el informe *Nuestro Futuro Común* (también conocido como *Informe Brundtland*) que, además de presentar el concepto de desarrollo sustentable, manifestó que los modelos de crecimiento económicos globales conducían al agotamiento de los recursos naturales, a la degradación ambiental y al aumento de la pobreza. En 1988, se promulgó la LGEEPA que introdujo al sistema jurídico nacional principios de la política ambiental como: equidad intergeneracional, prevención y control del aprovechamiento racional de los elementos naturales. Asimismo, distribuyó las competencias de las autoridades nacionales para la protección del medio ambiente, e institucionalizó los instrumentos marco de la política ambiental nacional, como la evaluación de impacto ambiental y el ordenamiento ecológico del territorio; estos instrumentos abrieron la puerta a la participación social. La nueva ley, también puso las bases para el establecimiento, el desarrollo y la administración de las ANP (Carabias y Rabasa, 2017).

Es de subrayar que, previa a la LGEEPA, la administración de las distintas figuras de protección a la naturaleza pasó varios años de un sector institucional a otro, de tal forma que se manifestó una laxa ejecución en los lineamientos dirigidos por el Sistema Nacional de Áreas Naturales Protegidas (SINAP). Durante la promulgación de la LGEEPA la administración del SINAP estaba a cargo de la Secretaría de Desarrollo Social (SEDESOL), más concretamente del Instituto Nacional de Ecología (INE), órgano desconcentrado de SEDESOL en materia ambiental. Gracias a la LGEEPA, el SINAP obtiene un respaldo jurídico sólido, aunque no será hasta 1995, con la aprobación del “Programa de Áreas Naturales Protegidas de México (1995-2000)”, cuando se establezcan los elementos para su funcionamiento y los primeros criterios biológicos, ecológicos y conservacionistas para la integración de las ANP al SINAP (SEMARNAP, 1995).

Dentro de aquel período, en 1992, destaca la creación de la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), cuyo propósito es generar y compilar la información científica necesaria para fundamentar las políticas públicas y las decisiones de la sociedad sobre la biodiversidad (Carabias, 2019). En diciembre de 1996, las distintas reformas hechas a la LGEEPA ratificaron la necesidad de consolidar el SINAP con el propósito de incluir en él las áreas que por su diversidad y características ecológicas se consideraran de especial importancia en el país. La LGEEPA señala también que la inclusión de áreas al SINAP requeriría la previa opinión favorable del Consejo

Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CNANP), el cual se organizó y puso en funcionamiento el 8 de agosto de 1996. El consejo se encontraba integrado por 28 instituciones, organismos no gubernamentales, representantes de organizaciones sociales y personalidades de amplia trayectoria nacional e internacional en materia de conservación de recursos naturales y áreas protegidas (Domínguez, 1999). Derivado de la evolución jurídica y estructural del SINAP, en 1999 el CNANP evaluó diversos espacios protegidos, y brindó una lista de 41 ANP para incorporarse al sistema —representó más del 74% de superficie de las 117 ANP de aquel momento—. Para ese año, el SINAP tenía como principal objetivo la sistematización de los criterios de las diferentes categorías de las ANP para su administración y manejo. Proceso que pretendía ordenar las ANP de acuerdo a características físicas y ambientales homólogas, sin embargo, esta clasificación no pudo realizarse debido a que no se propusieron los criterios de selección de las áreas que se incorporarían al SINAP (Domínguez, 1999)

En junio del 2000 se constituye la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP), como órgano desconcentrado de la Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca (SEMARNAP). En la CONANP recayó la Unidad Coordinadora de Áreas Naturales Protegidas, la cual dependía del INE, de tal manera que el manejo administrativo del SINAP recayó en la recién creada comisión (CONANP, 2019). El 30 de noviembre del mismo año, se decretó el Reglamento de la LGEEPA en materia de ANP, que estableció los lineamientos, los mecanismos, las políticas y las restricciones de las actividades de conservación del medio y el uso sustentable de los recursos naturales (DOF, 2014). A pesar de la relevancia que había adquirido la participación social para la gestión ambiental, no fue un tema de interés creciente en los gobiernos subsecuentes, si bien el esquema estuvo presente en los planes de desarrollo de las administraciones pasadas, su impulso e importancia ha sido relegado por otras prioridades (Carabias, 2019).

1.1.2 Propósitos y objetivos de las ANP

La UICN es reconocida como la máxima autoridad de conservación a nivel mundial. Como se indicó, durante su primer decenio de existencia, la UICN se interesó principalmente en el impacto de las actividades humanas sobre la naturaleza. Señaló los efectos nocivos de los pesticidas sobre la biodiversidad y promovió el uso de evaluaciones de impacto ambiental, que posteriormente se convertirían en norma a seguir para todos los sectores económicos a nivel global. Gran parte de la labor desarrollada por la UICN en las décadas de 1960 y 1970 se dedicó a la protección de las especies y los hábitats (Dudley, 2008). En 1964, creó la Lista Roja de Especies Amenazadas, que es

actualmente la más completa del mundo sobre el riesgo global de extinción de las especies. Asimismo, la UICN desempeñó un papel fundamental en la preparación de eventos internacionales tan destacadas como la Convención de Ramsar sobre los Humedales (1971), la Convención sobre la Protección del Patrimonio Mundial, Cultural y Natural (1972), la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (1974) y el Convenio sobre la Diversidad Biológica (1992). La UICN afirma que un ANP se caracteriza por ser: “un espacio geográfico claramente definido, reconocido, dedicado y gestionado, mediante medios legales u otros tipos de medios eficaces para conseguir la conservación a largo plazo de la naturaleza y de sus servicios ecosistémicos y sus valores culturales asociados” (Dudley, 2008, p.10). Para cumplir con determinada empresa, los miembros de la UICN designaron los objetivos que todo ANP debería tener y cumplir, estos se presentan a continuación (Dudley, 2008):

- Conservar la composición, la estructura, la función y el potencial evolutivo de la biodiversidad.
- Contribuir a las estrategias de conservación regionales (como reservas clave, zonas tampón, corredores, zonas de parada para especies migratorias, etc.).
- Mantener la diversidad de paisajes o hábitats, y de las especies y ecosistemas asociados.
- Ser de un tamaño suficiente como para asegurar la integridad y el mantenimiento a largo plazo de los objetivos de conservación especificados o ser susceptibles de ampliación para alcanzar dicha meta.
- Mantener los valores que le han sido asignados a perpetuidad.
- Funcionar de acuerdo con un plan de gestión y de un programa de monitoreo y evaluación que sirva de apoyo a una gestión adaptativa.
- Contar con un sistema de gobernanza claro y equitativo. (p.15)

México, al ser miembro de la UICN e integrarse la región “México, América Central y el Caribe”, ha adecuado sus políticas de conservación bajo el asesoramiento experto de la Comisión Mundial de Áreas Protegidas, así como del Comité Mexicano de la UICN. Este se creó el 29 de junio de 1992, y su objetivo principal es impulsar el programa mundial de UICN, al mismo tiempo que mantener y fortalecer su papel como actor relevante en la conservación de los recursos renovables del país (CONABIO, 2020; UICN, 2018).

Al margen de la normatividad nacional, en apego a la LGEEPA y a las reformas ejecutadas por las administraciones pasadas, las ANP se representan como “zonas del territorio nacional, acuáticas o terrestres, sobre las que la nación ejerce su soberanía y jurisdicción, en donde los ambientes

originales no han sido significativamente alterados por la actividad del ser humano o que requieren ser preservadas y restauradas” (DOF, 2018, p.36). De acuerdo con el artículo 45 de la LGEEPA, el establecimiento y el manejo de dichas áreas tienen por objeto los siguientes lineamientos:

- I. Preservar los ambientes naturales representativos de las diferentes regiones biogeográficas y ecológicas y de los ecosistemas más frágiles, así como sus funciones, para asegurar el equilibrio y la continuidad de los procesos evolutivos y ecológicos.
- II. Preservar los ambientes naturales representativos de las diferentes regiones biogeográficas y ecológicas y de los ecosistemas más frágiles, así como sus funciones, para asegurar el equilibrio y la continuidad de los procesos evolutivos y ecológicos.
- III. Salvaguardar la diversidad genética de las especies silvestres de las que depende la continuidad evolutiva; así como asegurar la preservación y el aprovechamiento sustentable de la biodiversidad del territorio nacional, en particular preservar las especies que están en peligro de extinción, las amenazadas, las endémicas, las raras y las que se encuentran sujetas a protección especial.
- IV. Asegurar la preservación y el aprovechamiento sustentable de los ecosistemas, sus elementos y sus funciones.
- V. Proporcionar un campo propicio para la investigación científica y el estudio de los ecosistemas y su equilibrio.
- VI. Generar, rescatar y divulgar conocimientos, prácticas y tecnologías, tradicionales o nuevas que permitan la preservación y el aprovechamiento sustentable de la biodiversidad del territorio nacional.
- VII. Proteger poblados, vías de comunicación, instalaciones industriales y aprovechamientos agrícolas, mediante zonas forestales en montañas donde se originen torrentes; el ciclo hidrológico en cuencas, así como las demás que tiendan a la protección de los elementos circundantes con los que se relacione ecológicamente el área.
- VIII. Proteger los entornos naturales de zonas, monumentos y vestigios arqueológicos, históricos y artísticos, así como zonas turísticas, y otras áreas de importancia para la recreación, la cultura e identidad nacionales y de los pueblos indígenas. (p.33)

La aplicación y el cumplimiento de los objetivos emitidos por la LGEEPA son el deber de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) por conducto de CONANP; además de las autoridades regionales que estén implicadas en su manejo. Se hace importante mencionar que la mayoría de las ANP del país se encuentra en polígonos con tenencia compartida de tierra (pública y privada), situación que afecta la consolidación integral de la conservación de los ecosistemas y su

biodiversidad con el uso de los recursos naturales. Lo que evidentemente, crea tensiones y conflictos entre actores con intereses contrapuestos en las ANP.

1.1.3 Categorización de las ANP

Las ANP no pueden ser entendidas como una sola entidad, pues cada una posee un complejo sistema biológico y ecosistémico que la diferencia de otra. Sin olvidar el amplio manejo intercultural de las sociedades que habitan y aprovechan los recursos naturales dentro de sus límites establecidos. De la misma forma, se pueden encontrar sitios cuyo acceso está limitado por su enorme importancia y/o fragilidad natural; también existen aquellos que engloban porciones del territorio o espacios marinos protegidos, donde tradicionalmente la acción humana ha moldeado los paisajes derivados de las actividades de aprovechamiento de sus recursos. En algunos casos, la propiedad y la gestión de los sitios están en manos de los gobiernos, mientras que, en otros, la propiedad y la gestión corresponde a particulares, empresas privadas, comunidades e incluso a grupos religiosos (UICN, 2019).

La UICN con el objeto de establecer de manera heterogénea una determinada porción del territorio implementó (2019):

Un sistema preliminar de categorías para la gestión de áreas protegidas para ayudar a organizarlas y definirlas. La intención original del sistema de Categorías de Gestión de Áreas Protegidas de la UICN fue crear un entendimiento común y un marco internacional de referencia para las ANP tanto entre países como dentro de ellos. Hoy en día, las categorías están aceptadas y reconocidas por organizaciones internacionales —las Naciones Unidas y el Convenio sobre la Diversidad Biológica— y gobiernos nacionales y fungen como punto de referencia para definir, recordar y clasificar las ANP. (sn/pp)

El cuadro 1 describe las categorías de gestión emitidas por la UICN.

Cuadro 1. Categorías de gestión de áreas protegidas emitidas por la UICN.

Categoría	Descripción
Tipo	
I. Protección estricta Ia. Reserva Natural Estricta	Áreas estrictamente protegidas reservadas para proteger la biodiversidad, así como los rasgos geológicos/geomorfológicos en las cuales las visitas, el uso y los impactos están estrictamente controlados y limitados

	para asegurar la protección de los valores de conservación.
Ib. Área Natural Silvestre	Áreas no modificadas por actividades humanas, de gran tamaño para la protección e integridad ecológica a largo plazo donde predominen las fuerzas y procesos naturales.
II. Conservación y protección del sistema Parque Nacional	Áreas naturales establecidas para proteger procesos ecológicos a gran escala, junto con el complemento de especies y ecosistemas característicos. Espacios que promueven la educación y el uso recreativo.
III. Conservación de los rasgos naturales Monumento Natural	Áreas de protección de rasgos naturales específicos sobresalientes, así como la biodiversidad y los hábitats asociados a ellos.
IV. Conservación mediante manejo activo Área de manejo de hábitats/especies	Áreas de protección y restauración de hábitats y especies de gran interés
V. Conservación de paisajes terrestres y marinos y recreación Paisaje terrestre y marino protegido	Área protegida en la que la interacción entre los seres humanos y la naturaleza ha producido un área de carácter distintivo con valores ecológicos, biológicos, culturales y estéticos significativos; y en la que salvaguardar la integridad de dicha interacción es vital para su conservación.
VI. Uso sostenible de los recursos naturales Área protegida manejada	Áreas protegidas que conservan ecosistemas y hábitats, junto con los valores culturales y los sistemas tradicionales de gestión de recursos naturales asociados a ellos.

Fuente: Elaboración propia a partir de Categorías de manejo de áreas protegidas de UICN en: <https://www.iucn.org/es/regiones/américa-del-sur/nuestrotrabajo/áreas-protegidas/categorías-de-manejo-de-áreas-protegidas-de-uicn>.

Cada ANP tiene sus propios criterios de manejo según sus objetivos y lineamientos. Para México, el artículo 46 de la LGEEPA define las categorías de ANP; seis son de competencia federal: Reserva de la biósfera, Parque nacionales, Monumento naturales, Área de protección de recursos naturales, Área de protección de flora y fauna y Santuario; dos están vinculadas al ámbito estatal y municipal, a saber: Área protegida estatal (parques y reservas), Zona de conservación ecológica municipal (categorías establecidas por legislaciones locales). La categoría Área destinada voluntariamente a la conservación puede ser solicitada por ciudadanos u organizaciones no gubernamentales. El cuadro 2 describe los tipos de ANP de carácter federal según la LGEEPA.

Cuadro 2. Descripción de las categorías de ANP de ámbito federal emitidas por la LGEEPA.

Categoría ANP	Características	Artículo LGEEPA
Reserva de la biosfera (RB)	Áreas biogeográficas relevantes a nivel nacional, representativas de uno o más ecosistemas no alterados significativamente por la acción del ser humano o que requieran ser preservados y restaurados, en los cuales habiten especies representativas de la biodiversidad nacional,	Art. 48

	incluyendo a las consideradas endémicas, amenazadas o en peligro de extinción.	
Parques nacionales (PN)	Representaciones biogeográficas, a nivel nacional, de uno o más ecosistemas que se signifiquen por su belleza escénica, su valor científico, educativo, de recreo, su valor histórico, por la existencia de flora y fauna, por su aptitud para el desarrollo del turismo, o bien por otras razones análogas de interés general	Art. 50
Monumentos naturales (MN)	Áreas que contienen uno o varios elementos naturales, consistentes en lugares u objetos naturales, que por su carácter único o excepcional, interés estético, valor histórico o científico, se resuelva incorporar a un régimen de protección absoluta. Tales monumentos no tienen la variedad de ecosistemas ni la superficie necesaria para ser incluidos en otras categorías de manejo.	Art. 52
Áreas de protección de recursos naturales (APRN)	Áreas destinadas a la preservación y protección del suelo, las cuencas hidrográficas, las aguas y en general los recursos naturales localizados en terrenos forestales de aptitud preferentemente forestal, siempre que dichas áreas no queden comprendidas en otra de las categorías	Art. 53
Áreas de protección de flora y fauna (APFF)	Áreas que, de conformidad con las disposiciones de la LGEEPA, de la Ley General de Vida Silvestre y la Ley General de Pesca y Acuicultura Sustentables, contienen los hábitats de cuyo equilibrio y preservación dependen la existencia, transformación y desarrollo de las especies de flora y fauna silvestres.	Art. 54
Santuarios (S)	Áreas que se establecen en zonas caracterizadas por una considerable riqueza de flora o fauna, o por la presencia de especies, subespecies o hábitat de distribución restringida. Dichas áreas abarcan cañadas, vegas, relictos, grutas, cavernas, cenotes, caletas, u otras unidades topográficas o geográficas que requieran ser preservadas o protegidas.	Art. 55

Fuente: Elaboración propia a partir de LGEEPA: Título segundo, Capítulo I, Sección II: Tipos y Características de las Áreas Naturales Protegidas (DOF, 2018).

Para el cumplimiento de las disposiciones de la LGEEPA y el adecuado manejo de las distintas clases de ANP, se estableció un esquema de zonificación, en el que cada tipo de zona y subzona tiene sus propios objetivos de manejo, lo que permite que dentro de un ANP se puedan realizar actividades compatibles con los factores físicos, biológicos, sociales y económicos según la zona (DOF, 2018). De acuerdo con la categoría del ANP se establece una subzonificación; se categorizan dos tipos principales (DOF, 2018):

- La zona núcleo es un área de protección estricta, su principal es objetivo la preservación de los ecosistemas y su funcionalidad a mediano y largo plazo. En ella se podrán autorizar actividades de preservación de los ecosistemas y sus elementos, de investigación y de colecta científica, educación ambiental y limitarse o prohibirse aprovechamientos que alteren los ecosistemas. Se prohíben las actividades contaminantes, de destrucción y modificación de hábitats, extracción de recursos naturales e introducción de especies exóticas o genéticamente modificadas.
- La zona de amortiguamiento tiene como función primordial la regulación y la orientación de las actividades de aprovechamiento hacia la sostenibilidad, creando al mismo tiempo las condiciones necesarias para lograr la conservación de los ecosistemas a largo plazo.

En un ANP puede establecerse una o más zonas núcleo y de amortiguamiento, según sea el caso; a su vez, estas pueden estar conformadas por una o más subzonas, según la categoría de protección y el programa de manejo correspondiente. Cuando la declaratoria correspondiente sólo prevé un polígono general, éste puede subdividirse por una o más subzonas de amortiguamiento, en función de la categoría de manejo (DOF, 2018). En el cuadro 3 se muestran las distintas zonificaciones por categoría de ANP, así como las actividades permitidas por figura decretada.

Cuadro 3. Zonificación y actividades permitidas por tipo de ANP emitidas por la LGEEPA

Zonificación		Actividades	Categoría de ANP					
Zona	Subzona		RB	PN	MN	APRN	APFF	S
Núcleo	Protección	Monitoreo del ambiente, investigación científica no invasiva (sin extracción o el traslado de especímenes) en ecosistemas frágiles o relevantes.	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	Uso restringido	Monitoreo del ambiente, investigación científica no invasiva, educación y turismo ambiental de bajo impacto, edificación de instalaciones exclusivas para la investigación que no implique modificaciones de las condiciones naturales	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Amortiguamiento	Preservación	Monitoreo del ambiente, investigación científica no invasiva, actividades productivas de bajo impacto promovidas por las comunidades locales, sujetas a	✓			✓	✓	

		una supervisión y ordenamientos jurídicos.						
	Uso tradicional	Investigación científica, educación y turismo ambiental de bajo impacto, aprovechamiento rústico sustentable de los recursos naturales.	✓	✓		✓	✓	
	Aprovechamiento sustentable de los recursos naturales	Investigación científica, educación y turismo ambiental de bajo impacto, aprovechamiento de los recursos naturales del total de actividades productivas de las localidades, bajo un enfoque sustentable.	✓	✓		✓	✓	
	Aprovechamiento sustentable de los ecosistemas	Producción agrícola, pesquera y pecuaria de baja intensidad, pesquería artesanal, agroforestería y silvopastoriles compatibles con la conservación, al contribuir con el control de la erosión y degradación de los suelos.	✓			✓	✓	
	Aprovechamiento especial	Explotación de recursos naturales e instalación de infraestructura pública o privada que generen beneficios públicos, sin provocar un desequilibrio ecológico grave y que estén sujetos a regulaciones en apego a los programas de manejo del área.	✓			✓	✓	
	Uso público	Construcción de instalaciones en apoyo al turismo, investigación, monitoreo y educación ambiental, a favor de la recreación y el esparcimiento congruente con los propósitos de cada ANP.	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	Asentamientos humanos	Establecimiento y desarrollo de grupos poblacionales humanos, donde se ha provocado la modificación o desaparición de los ecosistemas originales	✓			✓	✓	

	Recuperación	Rehabilitación de los ecosistemas y especies nativas de la región, limitando las actividades que llevarán a su alteración.	✓	✓	✓	✓	✓	✓
--	--------------	--	---	---	---	---	---	---

Fuente: Elaboración propia a partir de LGEEPA: Título segundo, Capítulo I, Sección II: Tipos y Características de las Áreas Naturales Protegidas (DOF, 2018).

La legislación prevé la participación de diversos sectores de la sociedad en la protección y la conservación de los ecosistemas y la biodiversidad, al limitar las actividades humanas que interfieran con el bienestar del ecosistema (DOF, 2018). Una vez identificada el área por sus valores biológicos, ecológicos, ambientales o por su belleza escénica, se promulga la declaratoria para el establecimiento, la administración y la vigilancia del ANP —así se describe en el Título Segundo, Capítulo I, Sección III de la LGEEPA—. Previo a la expedición de la publicación del ANP, se deben realizar estudios que lo justifiquen, y que serán, después, puestos a disposición del público. Éstos podrán ser promovidos ante la SEMARNAT por los pueblos indígenas, las organizaciones sociales, públicas o privadas y demás personas interesadas. De acuerdo con el artículo 60 de la LGEEPA (2018), las declaratorias deberán contener los siguientes aspectos para ser consideradas:

- I. La delimitación precisa del área, señalando la superficie, ubicación, deslinde y en su caso, la zonificación correspondiente.
- II. La modalidad de uso o aprovechamiento de los recursos naturales en general o específicamente de aquellos sujetos a protección en el área.
- III. La descripción de las actividades que podrán llevarse a cabo en las zonas, y las modalidades y limitaciones a que se sujetarán.
- IV. La causa de utilidad pública que, en su caso, fundamente la expropiación de terrenos, para que la nación adquiera su dominio, cuando al establecerse un ANP se requiera dicha resolución; en estos casos, deberán observarse las previsiones de las leyes de Expropiación, Agraria y los demás ordenamientos aplicables.
- V. Los lineamientos generales para la administración, el establecimiento de órganos colegiados representativos, la creación de fondos o fideicomisos y la elaboración del programa de manejo del área.
- VI. Los lineamientos para la realización de las acciones de preservación, restauración y aprovechamiento sustentable de los recursos naturales dentro de las ANP, para su administración y su vigilancia, así como para la elaboración de las reglas administrativas a las que se sujetarán las actividades dentro del área respectiva, conforme a lo dispuesto en ésta y otras leyes aplicables. (p.42)

Asimismo, la SEMARNAT debe solicitar la opinión de gobiernos locales, dependencias de la administración pública, organizaciones públicas o privadas, pueblos indígenas y personas interesadas, además de las universidades, centros de investigación e instituciones del sector público, social o privado para su análisis y posterior validación. Una vez aceptada su establecimiento, la declaratoria tiene que ser publicada en el Diario Oficial de la Federación (DOF) y dentro del plazo de un año contado a partir de su decreto. La Secretaría ha de formular el programa de manejo del ANP permitiendo la participación de los habitantes, los propietarios y los poseedores de los predios en ella incluidos; también, a las dependencias competentes, los gobiernos federales, estatales y municipales y personas interesadas (DOF, 2018). En 2022, México contaba con 185 ANP decretadas de carácter federal, de las cuales 124 disponían de un programa de manejo -publicados entre 1996 y 2022-. Estos planes o programas de manejo fungen como el principal instrumento que determina la posición y las estrategias de conservación y uso administrativo de las ANP.

1.1.4 La categoría Área de Protección de Flora y Fauna: un difícil equilibrio entre conservación y aprovechamiento

En el ejercicio de la conservación, las consecuencias socioeconómicas de las restricciones en los aprovechamientos son uno de los desafíos más importantes a los que hace frente la gestión de un ANP. La integración de las actividades humanas en el manejo y el uso de los recursos naturales a favor de la conservación de la biodiversidad y su entorno, por lo general, es complicada. Como se atendió en el pasado cuadro 3, las categorías de ANP que permiten el desarrollo socioeconómico y la conservación ambiental son cuatro: RB, PN, APRN y APFF. El régimen que abarca el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales tanto de la flora como de la fauna silvestre pertenece al APFF; además, prioriza el mantenimiento, el equilibrio y la preservación del hábitat; y permite a su vez la existencia, la transformación y el desarrollo de las especies involucradas. La realización de actividades productivas por habitantes de localidades sitas dentro del APFF y que involucren diversos activos ambientales o se lleven a cabo en hábitats de importancia ecológica, tienen que apegarse y adecuarse a lo establecido en la normatividad mexicana (LGEEPA, Reglamento de la LGEEPA en materia de ANP, Ley General de Vida Silvestre, Ley General de Pesca y Acuicultura Sustentables, Normas Oficiales Mexicanas y demás disposiciones legales aplicables). También, de manera particular dentro del área, dichas actividades han de regirse y distribuirse por la zonificación y la subzonificación establecida en su declaratoria y en su correspondiente programa de manejo. Los usos y los aprovechamientos realizados dentro del APFF se otorgan por la

SEMARNAT, en función de los límites aceptables o capacidad de carga de los recursos involucrados (DOF, 2014).

El artículo 79 del Capítulo III del Título Segundo de la LGEEPA, concerniente a la Flora y Fauna silvestre, establece los criterios para la preservación y el aprovechamiento. Mencionado artículo está compuesto de 10 fracciones (Cuadro 4) y, por tomar como referencia el manejo integral de los recursos naturales que promueve la categoría APFF, sobresalen las fracciones II, III, VI, IX y X. Los criterios son considerados principalmente para otorgar concesiones en el uso y el aprovechamiento de las especies silvestres; el establecimiento de vedas; la puesta en marcha de acciones contra el desarrollo de especies invasoras; la regulación, la preservación y el uso sustentable de las especies; la creación de áreas de refugio para la conservación, el cultivo y la repoblación de organismos ícticos (DOF, 2018).

Cuadro 4. Criterios para la preservación y aprovechamiento sustentable de fauna y flora silvestre emitidos por la LGEEPA.

Fracción	Descripción
I	Preservar y conservar la biodiversidad y el hábitat natural de las especies de flora y fauna que se encuentran en el territorio nacional y en las zonas donde la nación ejerce su soberanía y jurisdicción.
II	Brindar continuidad a los procesos evolutivos de las especies de flora y fauna y demás recursos biológicos, destinando áreas representativas de los sistemas ecológicos del país a acciones de preservación e investigación.
III	Preservar las especies endémicas, amenazadas, en peligro de extinción o sujetas a protección especial.
IV	Combatir el tráfico o apropiación ilegal de especies.
V	Fomentar la creación de estaciones biológicas de rehabilitación y repoblamiento de especies de fauna silvestres.
VI	Incluir la participación de organizaciones sociales, públicas o privadas, y demás interesados en la preservación de la biodiversidad.
VII	Fomentar el desarrollo de la investigación de la fauna y flora silvestre, y de los materiales genéticos, con el objeto de conocer su valor científico, ambiental, económico y estratégico para la nación.
VIII	Fomentar el trato digno y respetuoso a las especies animales, con el propósito de evitar la crueldad en contra de éstas.
IX	Desarrollar actividades productivas alternativas para las comunidades rurales involucradas en el aprovechamiento de los recursos naturales.
X	Generar un conocimiento biológico tradicional y la participación de las comunidades, así como los pueblos indígenas en la elaboración de programas de biodiversidad de las áreas en que habiten.

Fuente: Elaboración propia a partir de LGEEPA: Título segundo, Capítulo II: Flora y Fauna silvestre (DOF, 2018).

En cuanto al entorno natural, el artículo 83 de la LGEEPA (2018) menciona que:

El aprovechamiento de los recursos naturales en áreas que sean el hábitat de especies de flora o fauna silvestres, especialmente de las endémicas, amenazadas o en peligro de extinción, debe hacerse de manera en la que no se alteren las condiciones necesarias para la subsistencia, el desarrollo y la evolución de dichas especies. La SEMARNAT tiene que promover y apoyar el manejo de la flora y la fauna silvestre, con base en el conocimiento biológico tradicional, la información técnica, científica y económica, con el propósito de llevar a cabo un aprovechamiento sustentable de las especies. (p.51)

Mientras que el artículo 81 del Reglamento de la LGEEPA en materia de áreas naturales protegidas establece que:

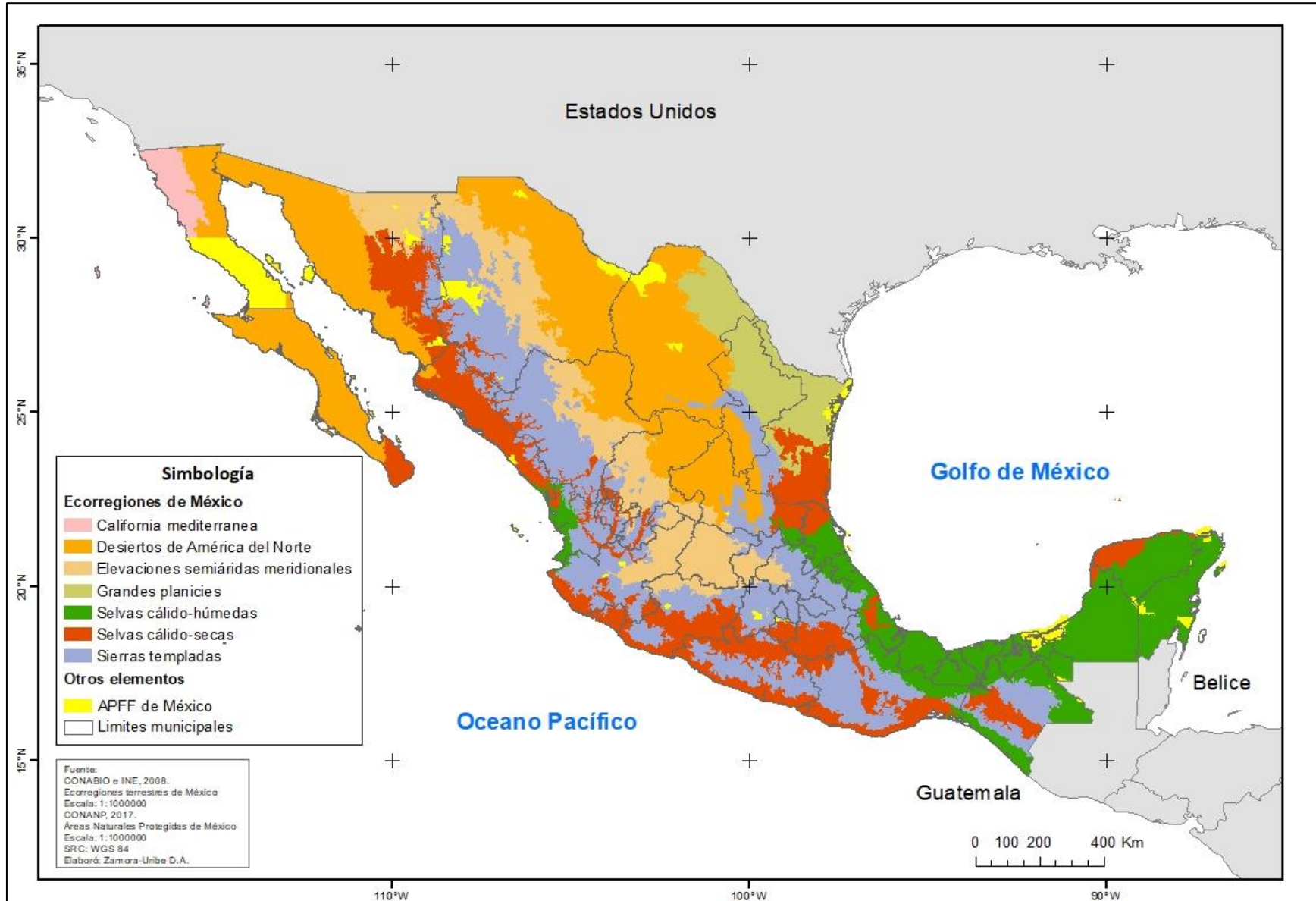
Sólo se podrán realizar aprovechamientos de recursos naturales que generen beneficios a los pobladores que ahí habiten y que sean acordes con los esquemas de desarrollo sustentable, la declaratoria respectiva, su programa de manejo, los programas de ordenamiento ecológico, las normas oficiales mexicanas y demás disposiciones legales aplicables. Los aprovechamientos deberán llevarse a cabo para:

- I. Autoconsumo, o
- II. Desarrollo de actividades y proyectos de manejo y aprovechamiento sustentable de la vida silvestre, así como agrícolas, ganaderos, agroforestales, pesqueros, acuícolas o mineros siempre y cuando: a) No se introduzcan especies silvestres exóticas diferentes a las ya existentes o transgénicas; b) Se mantenga la cobertura vegetal, estructura y composición de la masa forestal y la biodiversidad; c) No se afecte significativamente el equilibrio hidrológico del área o ecosistemas de relevancia para el área protegida o que constituyan el hábitat de las especies nativas; d) No se afecten zonas de reproducción o especies en veda o en riesgo; e) Tratándose de aprovechamientos forestales, pesqueros y mineros, cuenten con la autorización respectiva y la manifestación de impacto ambiental autorizada, en los términos de las disposiciones legales y reglamentarias aplicables. (p.25)

El desarrollo de obras y actividades ajenas a la programación del área requiere de la autorización previa de la SEMARNAT, atendiéndolas en las zonas establecidas y apegándose a las disposiciones legales aplicables. Actualmente, el país cuenta con 40 APFF, distribuidas en las siete ecorregiones terrestres de Nivel I consideradas por su heterogeneidad en variables biológicas, ecológicas, geográficas y físicas (Mapa 1).

La categoría de APFF posee una superficie total de 7 millones 103 mil 226 hectáreas, sólo por detrás de PN (16 millones 218 mil 588 ha) y de RB (62 millones 952 mil 750 ha). Es importante indicar que el 35% de estas áreas no cuenta con un programa de manejo que permita establecer los lineamientos de usos y restricciones del total de actividades realizadas en ellas. Aunado a que el porcentaje que sí dispone de él, no ha sido actualizado desde su declaratoria, siendo el más antiguo el de 1997 y el más actual el de 2019. Situación que impide cumplir plenamente con la conservación y el aprovechamiento sustentable de los ecosistemas, sus elementos y sus funciones (Neger y Crespo, 2021).

Mapa 1. APFF distribuidas en las Ecorregiones terrestres de México.



Fuente: Elaboración propia a partir de datos vectoriales de CONABIO, INE 2008 y CONANP 2017

1.2 Rasgos territoriales del Área de Protección de Flora y Fauna Cuatrociénegas (APFFC)

El desierto de Chihuahua es uno de los más grandes de Norteamérica, se localiza en los estados mexicanos de Chihuahua y Coahuila principalmente, además de cubrir pequeñas áreas de San Luis Potosí y Zacatecas. Dentro de esta vasta extensión de territorio se localiza el valle de Cuatrociénegas (VCC) particularmente en la zona central del estado de Coahuila (Ramírez, 2006). El VCC fue hasta los años 1930 un lugar exento de investigación, su diversidad biológica despertó el interés de la comunidad científica nacional e internacional, a partir de aquella década, sobre todo, en el estudio taxonómico de peces e invertebrados (gasterópodos principalmente). De estas actividades fueron desprendiéndose trabajos dirigidos a otros grupos de organismos, hasta llegar a proyectos de investigación más específicos. Desde entonces se consideró la necesidad de proteger los hábitats de las especies de flora y fauna silvestre; así, los esfuerzos de las instituciones académicas nacionales, la sociedad civil y las autoridades lograron proteger en 1994, una porción representativa del VCC bajo la categoría de APFF. Mediante su decreto presidencial, el APFFC se constituyó con cuatro importantes objetivos (DOF, 1997):

- I. Preservar los hábitats naturales de la región y los ecosistemas más frágiles, asegurando su equilibrio y la continuidad de sus procesos evolutivos ecológicos.
- II. Permitir un aprovechamiento racional y sostenible de sus recursos naturales.
- III. Salvaguardar la diversidad genética de las especies, particularmente de las endémicas, amenazadas y en peligro de extinción.
- IV. Estudiar el ecosistema y su equilibrio.

Con un total de 84 347 ha el APFFC se caracteriza por ser una cuenca de tipo endorreica con una serie de manantiales, pozas y arroyos que lo constituyen como el humedal más importante dentro del Desierto Chihuahuense y uno de los humedales más importantes en México. A nivel internacional, está clasificado como un sitio RAMSAR, por lo que se lo considera como un humedal prioritario en el mundo. Las labores investigativas en el área han descrito al APFFC como un laboratorio vivo, donde la selección natural y la evolución es fácil de observar debido al aislamiento. Este lugar ha mantenido intactas sus características durante miles de años, situación que permite la existencia de paisajes y ecosistemas únicos en su género, albergando una biota que incluye una cantidad considerable de especies endémicas sometidas a protección especial (SEMARNAP, 1999).

El APFFC cuenta con otros recursos relevantes como son los afloramientos de yeso —en algunas partes se presentan como campos de dunas—; estos afloramientos son los segundos en extensión del continente americano, en ellos, se localizan algunas especies gipsófilas endémicas. También hay áreas con suelos extremadamente salinos que en determinadas partes están cubiertos por matorral o pastizal y otros sin vegetación aparente (SEMARNAP, 1999).

Los ecosistemas y la biota del VCC han sido sujetos de una presión antrópica iniciada desde el siglo XIX, con la fundación de la primera población permanente, llamada en ese entonces Nuestra Señora de los Dolores. En el último siglo, la población tanto de la zona protegida como de su área de influencia, se ha incrementado notablemente. La consecuente demanda de recursos naturales se refleja, fundamentalmente, en el uso de suelo, la creación de vías de comunicación, la extracción y el uso de agua de los manantiales para uso agropecuario —tanto dentro como fuera del VCC—, la explotación de las dunas de yeso, la ganadería extensiva y el turismo (DOF, 1997).

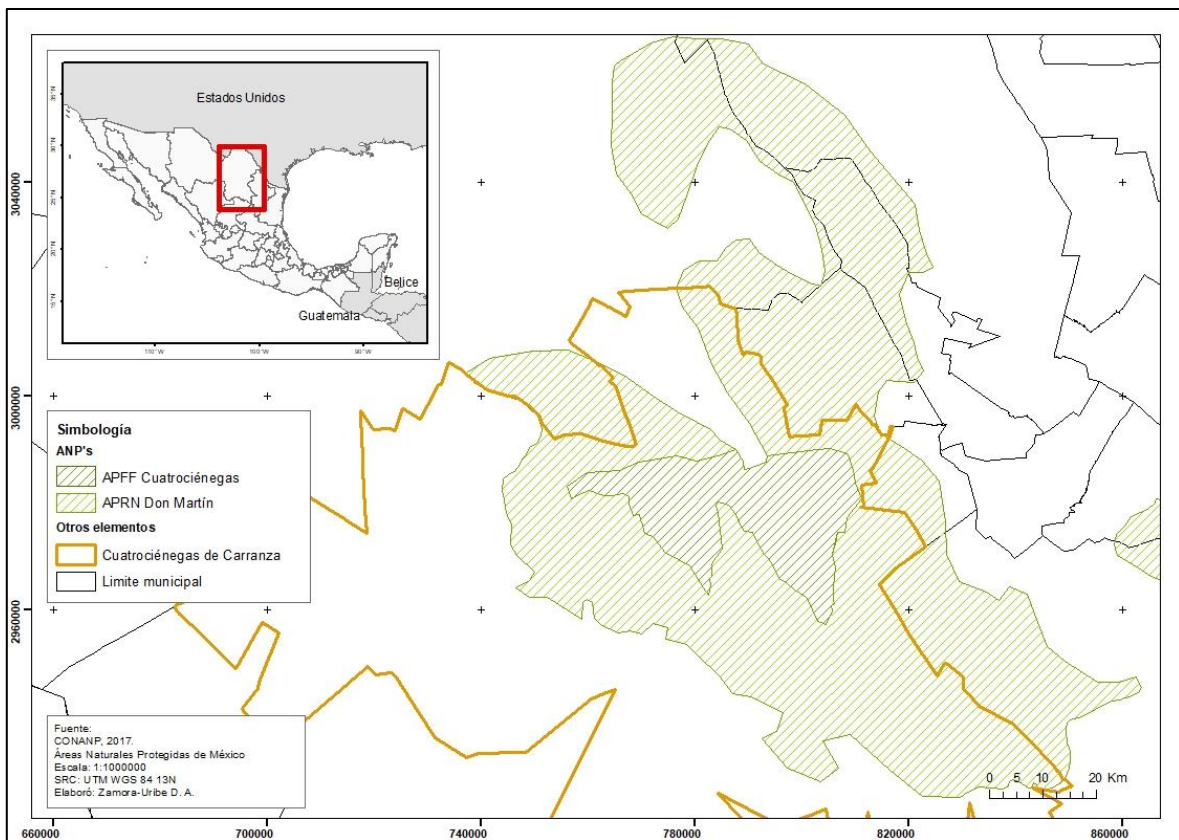
1.2.1 Descripción natural y localización del área

México se encuentra dividido en dos grandes regiones con características contrastantes: la región Neártica (templada) y la Neotropical. En la templada los ambientes secos son zonas áridas, el APFFC forma parte de estos ambientes áridos. El VCC se sitúa en la región conocida bien como altiplano septentrional o como Desierto Chihuahuense, en todo caso, entre los dos macizos montañosos más grandes del país: al este de la Sierra Madre Oriental y al oeste de la Sierra Madre Occidental. La humedad que proviene tanto del golfo de México como del Pacífico, está bloqueada por ambas sierras, fenómeno que originó mencionado desierto. Este se emplaza principalmente en los estados de Chihuahua y Coahuila, cubriendo, al sur, algunas pequeñas áreas de los estados de San Luis Potosí y Zacatecas y al norte, de los Estados Unidos (estados de Arizona, Nuevo México y Texas). El Desierto Chihuahuense abraza una extensión aproximada de 399 446 km² (SEMARNAP, 1999).

Como se mencionó, el APFFC abraza una superficie de 84 347 ha y está ubicada en la parte central del estado de Coahuila, a 80 km al oeste de la ciudad de Monclova. Es parte del municipio de Cuatrociénegas de Carranza, el cual posee una extensión aproximada de 1 069 980 ha, es un terreno casi plano en su totalidad, y se encuentra en la cota de los 700 msnm (SEMARNAP, 1999). El porcentaje de extensión de carácter protegido dentro el municipio es del 7.89%, mientras que la zona de influencia corresponde al 30.8%. Es importante mencionar que el APFFC está rodeada en su mayoría por la Cuenca Alimentadora del Distrito Nacional de Riego (CADNR) Don Martín (Mapa

2), ANP de carácter federal, decretada en 1949 como Zona Protectora Forestal y que fue recategorizada en 2002 como APRN: su objetivo principal es la conservación de los ecosistemas y su biodiversidad incluyendo los procesos de cambio ecológicos y ecosistémicos (DOF, 2002). No obstante, no cuenta con un programa de manejo que limite las actividades permitidas y restrictivas del área, así como los subprogramas que faciliten la conjunción normativa con el APFFC, al compartir el 77.5% de su zona de influencia.

Mapa 2. Localización del Área de Protección de Flora y Fauna Cuatrociénegas, Coahuila.



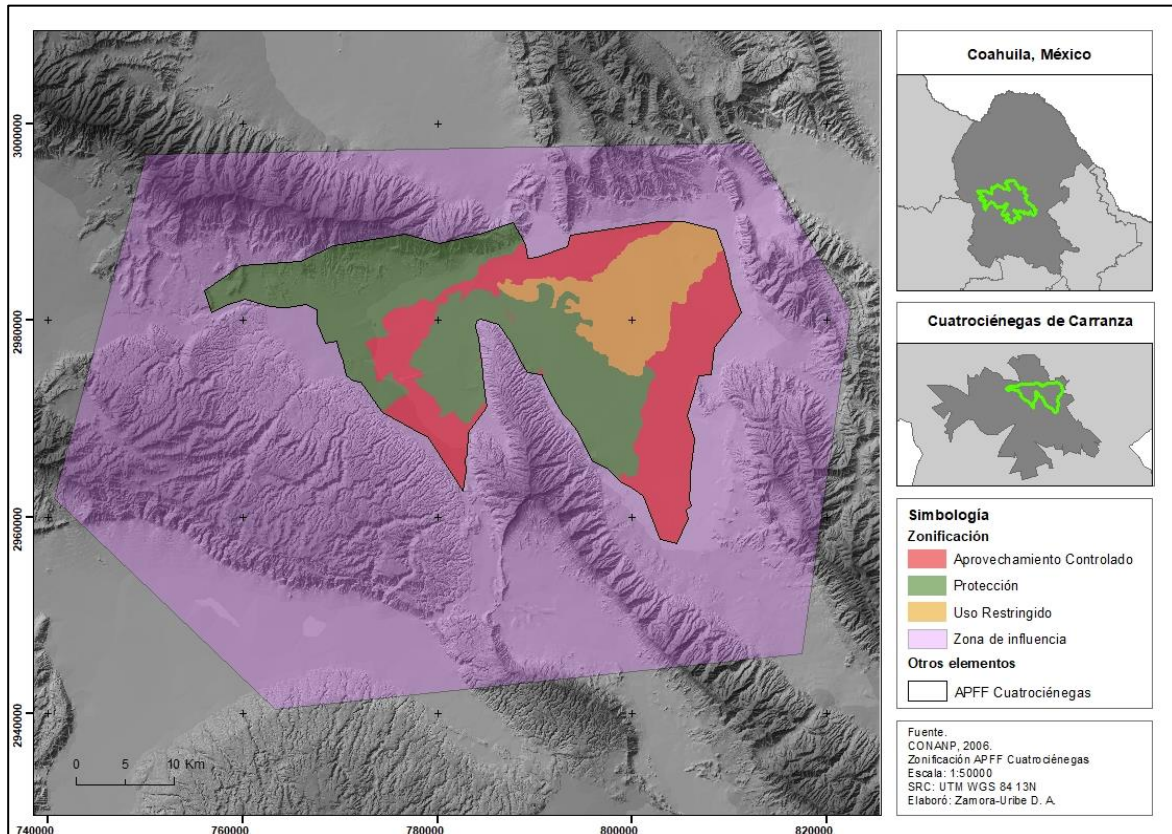
Fuente: Elaboración propia a partir de datos vectoriales de CONANP 2017

1.2.1.1 Zonificación

Para facilitar el cumplimiento del objetivo de creación del APFFC y considerando la heterogeneidad de sus condiciones naturales y de la intensidad del uso de los recursos naturales, se identificaron zonas en las que se pueden implementar acciones de conservación y de aprovechamiento (DOF, 2018). El APFFC se organiza en tres zonas de manejo dentro del perímetro del área y una fuera del mismo (zona de influencia, Mapa 3). Las zonas consideradas y su descripción se presentan a continuación (SEMARNAP, 1999):

- Zona de protección: es aquella con los recursos más sobresalientes del VCC, por tanto, los asociados a los ambientes acuáticos, las dunas de yeso y su vegetación asociada y las cactáceas. Estos lugares actualmente presentan el mejor estado de conservación de los recursos naturales. La superficie total que cubre esta zona en el área es de 41 970 ha (49.76% del total del ANP).
- Zona de uso restringido: se consideran las áreas que presentan un estado de conservación entre regular y bueno y cuyos usos actuales permiten su continuidad o restauración. La cobertura destinada dentro del valle es de 14 392 ha (17.06%).
- Zona de aprovechamiento controlado: son las unidades en donde actualmente se realizan actividades productivas, causando alguna de ellas algún impacto notorio sobre los recursos. El estado de conservación es en algunos sitios aislados regular, aunque por lo general malo. La extensión de estas actividades ocupa 27 983.84 ha (33.28%).
- Zona de influencia: comprende la parte alta de la cuenca cerrada hasta el parteaguas de la sierra adyacente al ANP, debe considerarse de importancia por el aporte de agua superficial a los humedales. Además, en ella tienen lugar problemas cuyas consecuencias se evidencian en el valle. El área comprendida para esta zona es de 329 111 ha.

Mapa 3. Zonificación del Área de Protección de Flora y Fauna Cuatrociénegas



Fuente: Elaboración propia a partir de datos vectoriales de CONANP 2006

En el programa de manejo —publicado en 1999— se definen los criterios aplicados para cada una de las zonas establecidas (Cuadro 5). Las políticas de manejo comprenden, por una parte, las actividades que pueden ser desarrolladas en el presente y en el futuro, además de las modalidades que pueden ser implementadas, así como las medidas de restauración y protección que deben implementarse para garantizar la permanencia de la flora y la fauna y de ser posible, restaurar a las condiciones originales del sitio (SEMARNAP, 1999).

Cuadro 5. Criterios de manejo por zona en el Área de Protección de Flora y Fauna Cuatrociénegas

Zona	Criterios de manejo	
	Permitidos	Restrictivos
Protección	<p>Actividades ganaderas de acuerdo con la capacidad de carga determinada.</p> <p>Agricultura en los sitios donde actualmente se lleven a cabo.</p> <p>Investigación, educación ambiental, monitoreo y recreación.</p> <p>Mantenimiento a la infraestructura existente.</p> <p>Medidas que eviten el saqueo de flora y fauna silvestre</p> <p>Sistema de monitoreo ambiental que permita detectar los cambios a corto, mediano y largo plazo.</p>	<p>Actividades que pongan en riesgo las especies de flora y fauna, consideradas bajo algún estatus de protección (NOM-059-SEMARNAT-2010).</p> <p>Desarrollo de nuevas obras o actividades que afecten los flujos y ciclos naturales del agua.</p> <p>Apertura de nuevas tierras de cultivo.</p> <p>Uso de vehículos motorizados ajenos a la administración, que alteren las estructuras ecológicas.</p>
Uso restringido	<p>Investigación, educación ambiental, monitoreo y recreación.</p> <p>Ganadería extensiva y cultivos agrícolas, restringidas a las áreas donde actualmente se realizan.</p> <p>Actividades de extracción de minerales en los sitios en los que dicha actividad se esté realizando actualmente, deberán contar con las autorizaciones expedidas por las diversas autoridades.</p> <p>Sistema de monitoreo ambiental que permita detectar los cambios a corto, mediano y largo plazo.</p> <p>Programa de restauración de los componentes naturales.</p>	<p>Apertura de nuevas tierras sin la autorización de cambio de uso de suelo, de conformidad con las disposiciones legales aplicables.</p>

	<p>Desarrollo de infraestructura en beneficio de los usuarios, tanto educativos como recreativos.</p> <p>Actividades recreativas de bajo impacto.</p> <p>Seguimiento a las actividades productivas, con la finalidad de que cumpla con los objetivos del área.</p>	
Aprovechamiento controlado	<p>Investigación, educación ambiental, monitoreo y recreación.</p> <p>Aprovechamiento de tipo forestal, ganadería extensiva y agrícola, las cuales deberán restringirse a las áreas donde actualmente se realizan.</p> <p>Actividades de extracción de minerales en sitios en los que dicha actividad se esté realizando actualmente.</p> <p>Para el caso de ampliaciones o nuevos aprovechamientos, se requerirá de la autorización en materia de impacto ambiental. Se implementarán medidas para disminuir el desperdicio de agua.</p> <p>Actividades de recreación en sitios autorizados por el área permitiéndose sólo actividades de bajo impacto. La capacidad de carga deberá ser determinada con criterios de cambio máximo aceptable.</p> <p>Desarrollo de infraestructura y creación de nuevos caminos, estará sujeto al cumplimiento de las leyes y normas aplicables. La infraestructura deberá ser acorde al paisaje.</p>	Apertura de nuevas tierras sin la autorización de cambio de uso de suelo, de conformidad con las disposiciones legales aplicables.

Fuente: Elaboración propia a partir de Programa de manejo de Área de Protección de Flora y Fauna Cuatrociénegas (SEMARNAP, 1999).

De acuerdo con el Programa de manejo del área, uno de los retos más importantes para el APFFC su AI para lograr una sinergia productiva en armonía con el aprovechamiento racional de los recursos del valle es:

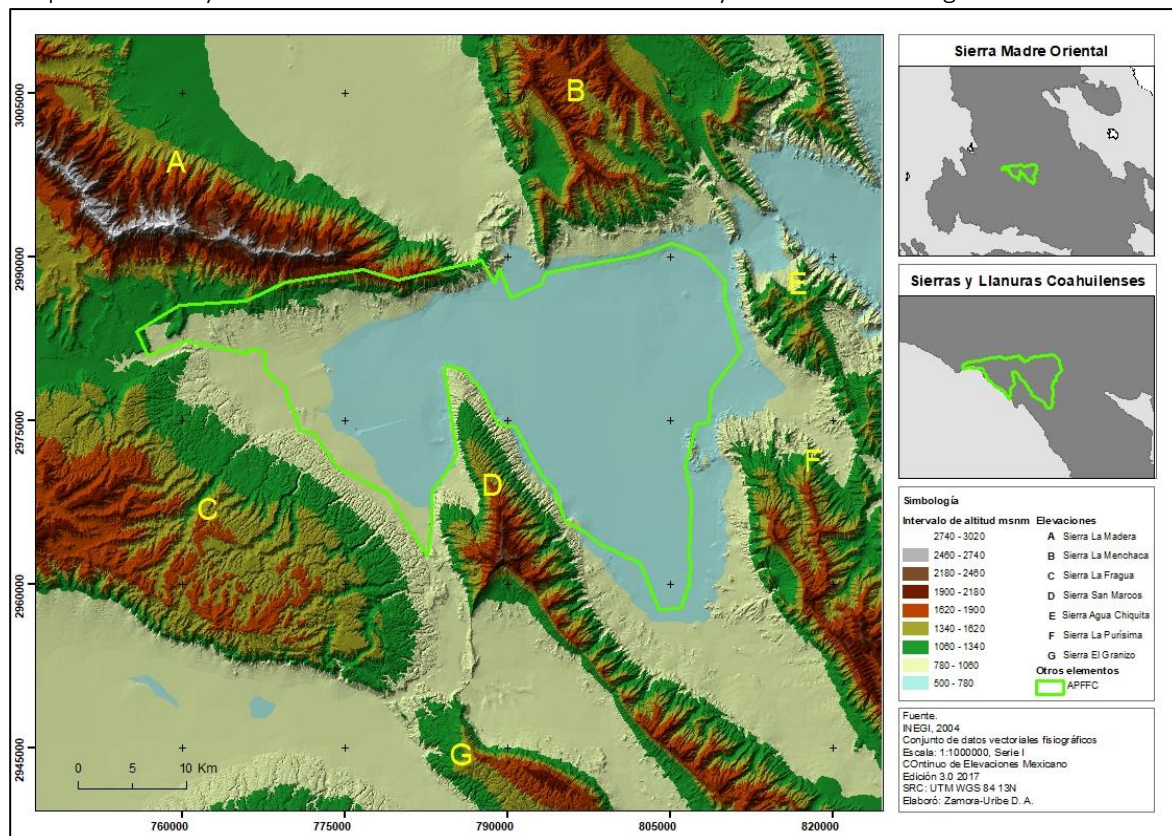
Alentar el manejo sustentable de los recursos en su área de influencia, fuera de la poligonal del espacio protegido; en el APFFC es de particular importancia por la localización de las cuencas, de tal manera que las actividades realizadas en ellas se reflejarán en el VCC. Enfatizar en los programas encaminados a lograr el uso sustentable de los recursos en el ANP y en su área de influencia. (SEMARNAP, 1999, p.53)

1.2.2 Factores físicos

1.2.2.1 Fisiografía

El APFFC forma parte de la provincia de la Sierra Madre Oriental, la cual presenta cumbres que oscilan entre los 2 000 y 3 000 msnm; dentro de ella se emplaza la subprovincia denominada Sierras y Llanuras Coahuilenses. En esta subprovincia predominan las sierras escarpadas de roca caliza de origen Mesozoico y de origen sedimentario marino, que fueron sometidas a esfuerzos corticales de tensión y compresión, lo que originó los levantamientos serranos abruptos compuestos de rocas calizas, que se alternan con valles intermontanos orientados de noroeste a sureste. Sus ejes estructurales están bien definidos y se presentan especialmente en el sur anticlinales alargados con los lomos erosionados. Entre estas sierras se extienden amplias bajadas, lomeríos y llanuras de materiales aluviales, como las que conforman el VCC. El valle está rodeado por las sierras siguientes: al norte La Madera y La Menchaca; al oeste La Purísima y San Vicente; al sur San Marcos y Pinos; y al sureste La Fragua (Mapa 4; SEMARNAP, 1999).

Mapa 4. Relieve y elevación del Área de Protección de Flora y Fana Cuatrociénegas



Fuente: Elaboración propia a partir de datos ráster del Continuo de Elevación Mexicano Ed. 3.0 2017

Sierra La Madera se presenta como la elevación más destacada, con una altitud superior a los 2 000 msnm, en comparación a la zona donde se encuentra gran parte del APFFC con una elevación promedio de 735 msnm. Las topoformas o geoformas predominantes en el área corresponden a Llanura (desértica y salina), Bajada y Sierra plegada, estas son categorizadas de acuerdo con su patrón geomorfológico (relieve, evolución y composición).

1.2.2.2 Geología

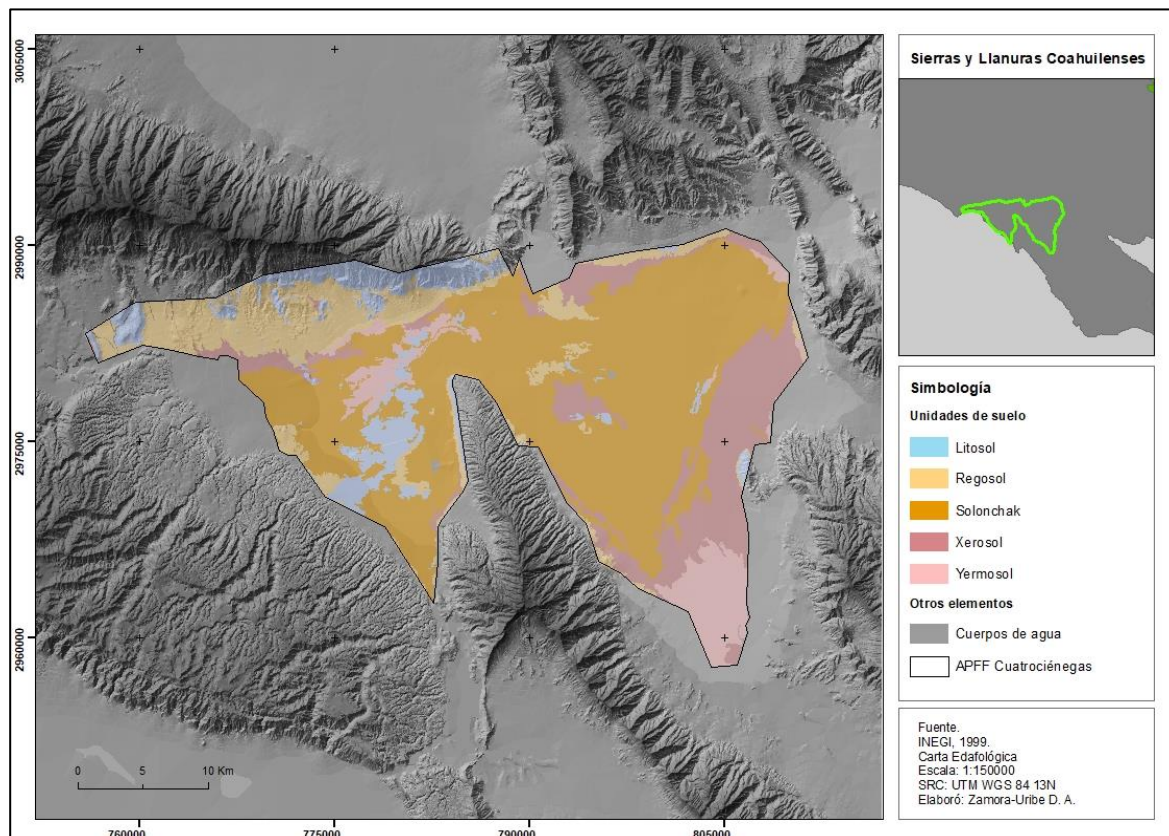
Los estratos geológicos predominantes en las montañas de la subprovincia de las Sierras y Llanuras Coahuilenses son de origen Mesozoico. En dicho período emergieron las Sierras de Coahuila y el mar se redujo formando la península de Coahuila. Los depósitos de yeso en la parte central del estado indican la línea costera y la recesión del mar. El APFFC se encuentra en el límite entre dos provincias geológicas: el Golfo o Cuenca de Sabinas y la Plataforma de Coahuila (la Sierra de La Fragua funge como parteaguas). El ANP está rodeado por altas montañas, resultado de plegamientos, algunos de ellos, especialmente los de la Sierra de San Marcos y Pinos, presentan una gran cantidad de fracturas que posiblemente favorezcan la recarga de los manantiales. El agua de la lluvia atraviesa la formación La Peña hasta llegar a la formación Cupido, se constatan fracturas en el material arcilloso que permiten que el agua tienda a salir. En el extremo sureste del VCC, sobre la sierra, sobresalen yacimientos metálicos que fueron explotados desde el siglo pasado en la mina Reforma — actualmente, no está en operación— (SEMARNAP, 1999).

1.2.2.3 Edafología

En las sierras que rodean el APFFC predominan los suelos rocosos de tipo litosol, suelos someros con profundidades de 5 a 10 cm. Éstos, generalmente, están asociados a rendzina y regosol que son ligeramente más profundos. En el piso del valle se presentan suelos de tipo aluvial, que son el resultado del acarreo y la acumulación de materiales hacia las partes más bajas, como solonchak, xerosol, regosol y yermosol (Mapa 5). Algunos son de tipo salino y yesoso: son el producto de la evaporación provocada por las altas temperaturas. Las características químicas de los suelos salinos están determinadas principalmente por el tipo y la cantidad de sales presentes; de esta manera, en el VCC, los suelos se agrupan en tres tipos: salinos, sódicos salinos y sódicos no salinos. Por su origen, los suelos, en su mayoría, presentan gran cantidad de sales disueltas del tipo carbonatos, sulfatos y yesos (tienen por lo menos de 8 a 10 mm de salinidad). Estas sales, además del suelo, se encuentran

en solución en las pozas de la región y en forma de sales cíclicas que son transportadas por el viento (SEMARNAP, 1999).

Mapa 5. Unidades de suelo del Área de Protección de Flora y Fana Cuatrociénegas



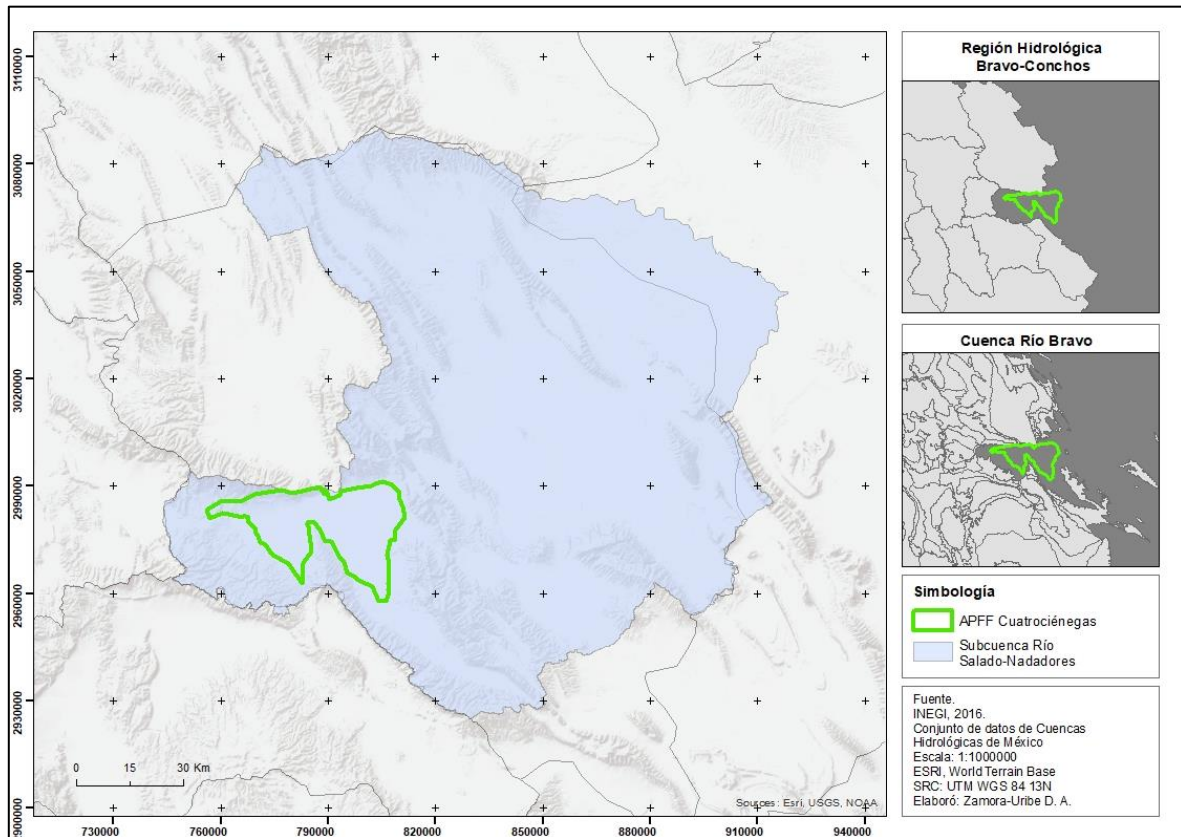
Fuente: Elaboración propia a partir del conjunto de Cartas Edafológicas de Cuatrociénegas INEGI 1999

1.2.2.4 Hidrología

El ANP se integra en la región hidrológica Bravo-Conchos, dentro de la cuenca del río Bravo, más concretamente en la Subcuenca Río Salado-Nadadores. También se encuentra dentro de la zona geohidrológica llamada Cuatrociénegas, en la cual se ubica el acuífero homónimo donde se han identificado dos fuentes de agua subterráneas (Mapa 6). El VCC se caracteriza por ser una cuenca de tipo endorreico con numerosos cuerpos de agua —conocidos localmente como pozas— que brotan de manantiales, sus diámetros van desde menos de un metro hasta más de 100 m; mientras, sus profundidades se sitúan entre los 50 cm y los 18 m (CONAGUA et al., 2004). La mayor parte de los manantiales se ubica en las faldas de la Sierra de San Marcos y Pinos, configurando unas 200 pozas en el valle. Las características fisicoquímicas de las pozas son muy variables, la temperatura varía en un rango de 18 a 35 °C, el pH es de 5.76 a 8.3, la conductividad tiene valores entre 7.82 y

7.52 μS y los sólidos disueltos se sitúan en un rango de entre 292 mg/l y 3.77 g/l. También se presentan arroyos, como el río Mezquites; la mayoría son permanentes; por cierto, la mayor parte del agua es subterránea (SEMARNAP, 1999).

Mapa 6. Región Hidrológica del Área de Protección de Flora y Fana Cuatrociénegas

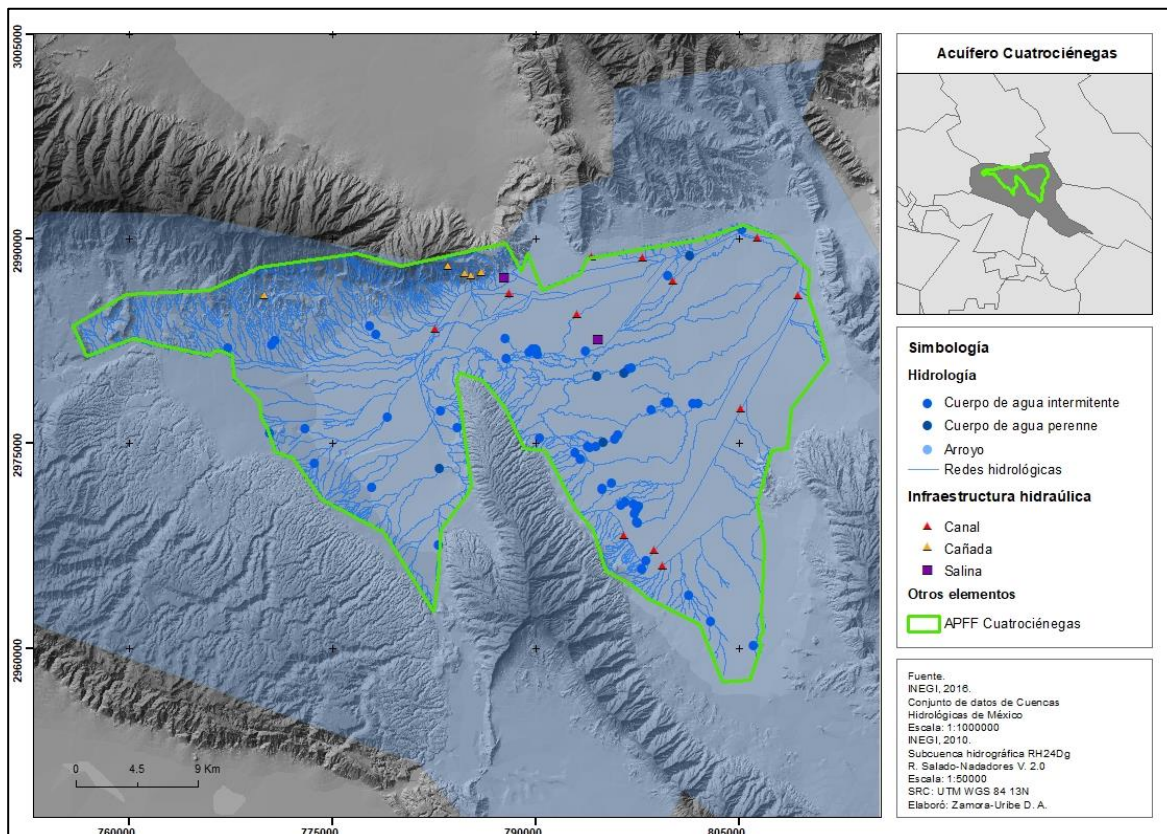


Fuente: Elaboración propia a partir de datos vectoriales INEGI 2016

Dentro del APFFC, sobresalen dos lagunas por sus dimensiones: Playitas y Churince. La primera representa un sistema alterado al que llega agua procedente de un canal artificial; la segunda pertenece a un sistema relativamente intacto dentro del VCC (SEMARNAP, 1999). Sin embargo, estudios recientes han demostrado que ambos cuerpos de agua han disminuido drásticamente, debido a la canalización para sistemas de riego agrícola y a la apertura de pozos en el valle del Hundido (Ortiz y Romo, 2016; INE, 2009; Rodríguez et al., 2007). La infraestructura hidráulica más relevante del APFFC es un conjunto de canales que conducen el agua de los manantiales a los centros de riego dentro y fuera del valle. Estos se comenzaron a construir en el siglo XVI, siendo los canales más antiguos: Anteojo, Escobeda, Angostura, Nuevo, Orozco, Saca del Fuente, y Becerra. También se han erigido nuevas infraestructuras hidráulicas con fines agrícolas, entre las que destacan: Santa Tecla, Saca Salada, El Venado, Becerra II, Antiguos Mineros del Norte, Agua Grande

y Julio Arredondo (Mapa 7); todas ellas son utilizadas hasta por siete ejidos dentro del VCC (CONAGUA et al., 2004).

Mapa 7. Unidades hidrológicas del acuífero Cuatrociénegas dentro del APFFC



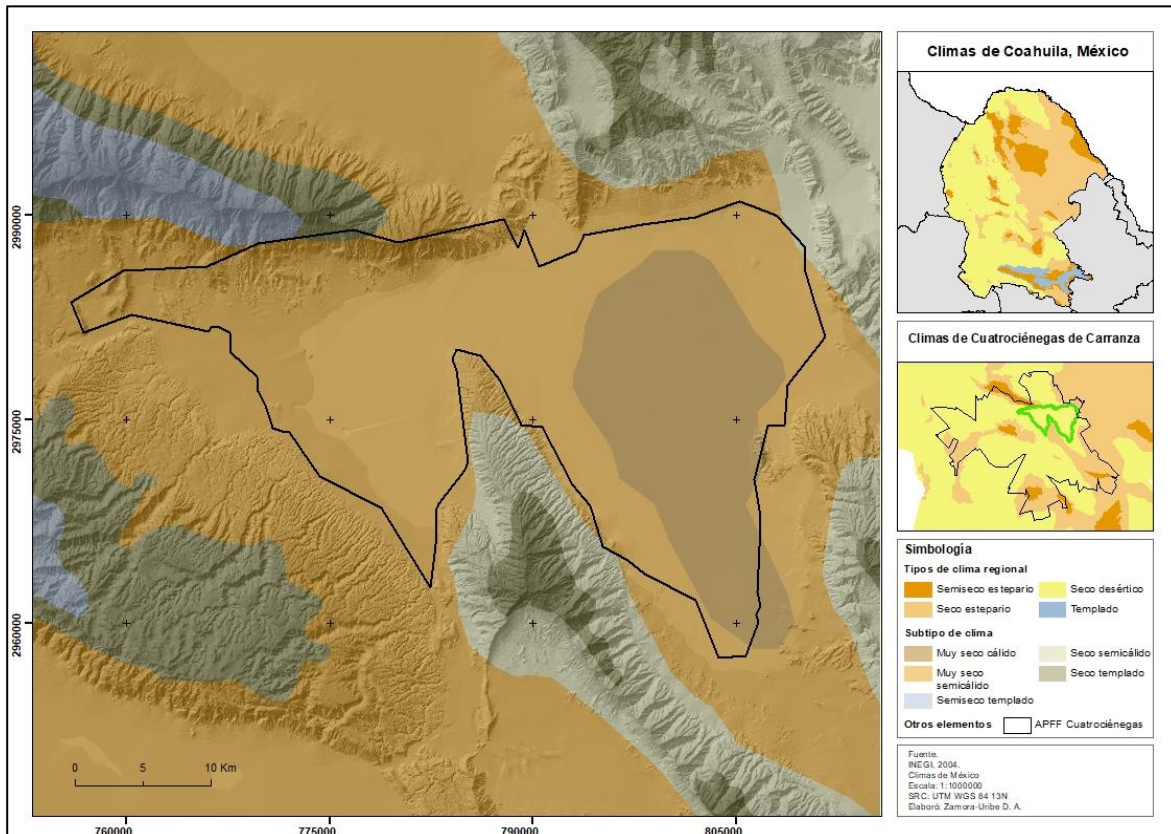
Fuente: Elaboración propia a partir de datos vectoriales de INEGI 2010 y 2016

1.2.2.5 Climatología

De acuerdo con la clasificación climática de Köppen, modificada por Enriqueta García para México, Coahuila presenta al menos 18 tipos de climas, aquellos que son predominantes en la superficie del estado, son los tipos seco estepario (Bs) con hasta un 40% de distribución y seco desértico (BW) que contabiliza también cerca del 40% de la superficie estatal (González y Mendoza, 2017). De manera particular, el APFFC cuenta con los subtipos de clima seco templado (BS0kw), seco semicálido (BSohw), muy seco cálido (BW(h)hw) y muy seco semicálido (BWhw; Mapa 8). Gran porcentaje del ANP se sitúa sobre una superficie llana sin fuertes desniveles, característica que permite el predominio de los subclimas desérticos (BW). Estos presentan una temperatura media anual de 22°C en las zonas más bajas del VCC (500-700 msnm) con lluvias en verano. A partir de los 700 a los

1000 msnm la temperatura presente oscila entre los 12 a 18°C, con lluvias en verano en las zonas cercanas a las montañas y lluvias escasas todo el año en regiones restringidas a las llanuras del valle.

Mapa 8. Climatología del Área de Protección de Flora y Fauna Cuatrociénegas



Fuente: Elaboración propia a partir de datos vectoriales de INEGI 2004

El clima del APFFC se caracteriza por una fuerte variación en su temperatura, la estación climatológica Cuatrociénegas del Servicio Meteorológico Nacional (SMN) señala en el período 1981-2010, una temperatura media anual de 21.9 °C y un promedio máximo de 28.7 °C, siendo la media mensual más alta registrada de 35 °C durante los meses de junio; la temperatura mínima anual fue de 15.1 °C y el mes de enero es el más frío con una media de 5.6 °C. Para los tipos de clima secos el porcentaje de lluvias es muy bajo, las escasas precipitaciones pluviales se presentan en su mayoría en verano, manifestándose en escasos aguaceros; es relativamente común la condición de sequía. La precipitación normal anual acumulada correspondió a 225.1 mm, en este tipo de climas es común que el número de lluvias varíe entre años: algunos muy secos y otros bastante húmedos. En el período 1981-2010, el mes que presentó mayor cantidad de precipitaciones fue septiembre, con 37.2 mm, en contraste con febrero que sólo registro 4.9 mm (SMN, 2020).

1.2.3 Factores bióticos

1.2.3.1 Fauna

La combinación de aislamiento y extrema sequedad, humedad y salinidad y la presencia de suelos yesosos hacen que el APFFC presente un mosaico de oportunidades para el desarrollo de formas endémicas. Históricamente, a partir del estudio biológico del valle llegado a cabo por E. E. Marsh en 1939, y a raíz del descubrimiento de algas en la concha de una tortuga de bosque, se inició el reconocimiento de la gran riqueza biológica de especies endémicas y/o relictas del área (SEMARNAP, 1999). La fauna de la región de Cuatrociénegas es quizá de las más estudiadas en las zonas áridas del país, el interés surge del elevado número de taxas endémicas de la región. Algunos de los grupos más estudiados se presentan en el cuadro 6:

Cuadro 6. Grupos faunísticos estudiados del APFF Cuatrociénegas

Grupo faunístico	Especies		
	Total	Endémicas	Representativas
Crustáceos	27	7	Isópodo de agua (<i>Speocirolana thermydronis</i>) Isópodo acuático (<i>Sphaerolana affinis</i>)
Arácnidos	19	5	Alacrán marrón (<i>Paruroctonus coahuilanus</i>) Alacrán (<i>Serradigitus calidus</i>)
Insectos	134	3	<i>Hemipenthes sp. 1</i> <i>Eusattus cienegus</i>
Moluscos	27	13	Caracol de Cuatrociénegas (<i>Coahuilix hubbsi</i>) Caracol de lodo de Cuatrociénegas (<i>Cochliopina milleri</i>),
Peces	19	13	Mojarra de Cuatrociénegas (<i>Cichlasoma minckleyi</i>) Cachorrito del Bolsón (<i>Cyprinodon atrorus</i>)
Anfibios	9	2	Rana de Cascada (<i>Rana pustulosa</i>) Sapo verde de Chihuahua (<i>Bufo debilis insidior</i>)
Reptiles	67	10	Tortuga bisagra de Cuatrociénegas (<i>Terrapene coahuila</i>) Tortuga casco suave de Cuatrociénegas (<i>Apalone ater</i>)
Aves	170	0	Garza morena (<i>Ardea herodias</i>) Lechuza pocera (<i>Athene cunicularia</i>)
Mamíferos	60	0	Oso negro (<i>Ursus americanus eremicus</i>) Musaraña desértica norteña (<i>Notiosorex crawfordi crawfordi</i>)
Total	532	53	

Fuente: Elaboración propia a partir de datos recopilados de SEMARNAP, 1999; GOB, 2017 y Trujano-Ortega et al., 2016)

El APFFC tiene una alta presencia de especies endémicas, la mayoría asociadas a cuerpos de agua, por lo que es considerado como uno de los sitios con mayor número de endemismos de la Tierra. Además de su importancia por el nivel de endemismos y la diversidad de especies, se hallan

estromatolitos vivos, organismos arcaicos compuestos principalmente por cianobacterias, cuya función principal en la historia del planeta fue la modificación de la atmosfera primigenia mediante la fotosíntesis y la subsecuente producción de oxígeno, lo que permitió la evolución de la vida como se conoce hoy en día (Souza et al., 2004).

1.2.3.2 Vegetación

En el valle del APFFC es posible encontrar hasta 883 especies de plantas vasculares, reportándose en la actualidad 26 especies endémicas de flora (CONANP, 2020). La vegetación presente en el APFFC durante la publicación de su programa de manejo (1999) se repartía entre pastizal halófilo y vegetación acuática en el piso de la cuenca; en las dunas de yeso se albergaban especies endémica de plantas gipsófilas; las partes más elevadas presentaban matorral xerófilo y matorral submontano (SEMARNAP, 1999). Derivado del último cubrimiento nacional de información de uso de suelo y vegetación —realizado por el Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI) en 2014— las agrupaciones vegetales presentes en el APFFC, las expresa el cuadro 7 y se representan en el Mapa 9.

Cuadro 7. Tipos de vegetación del APFF Cuatrociénegas

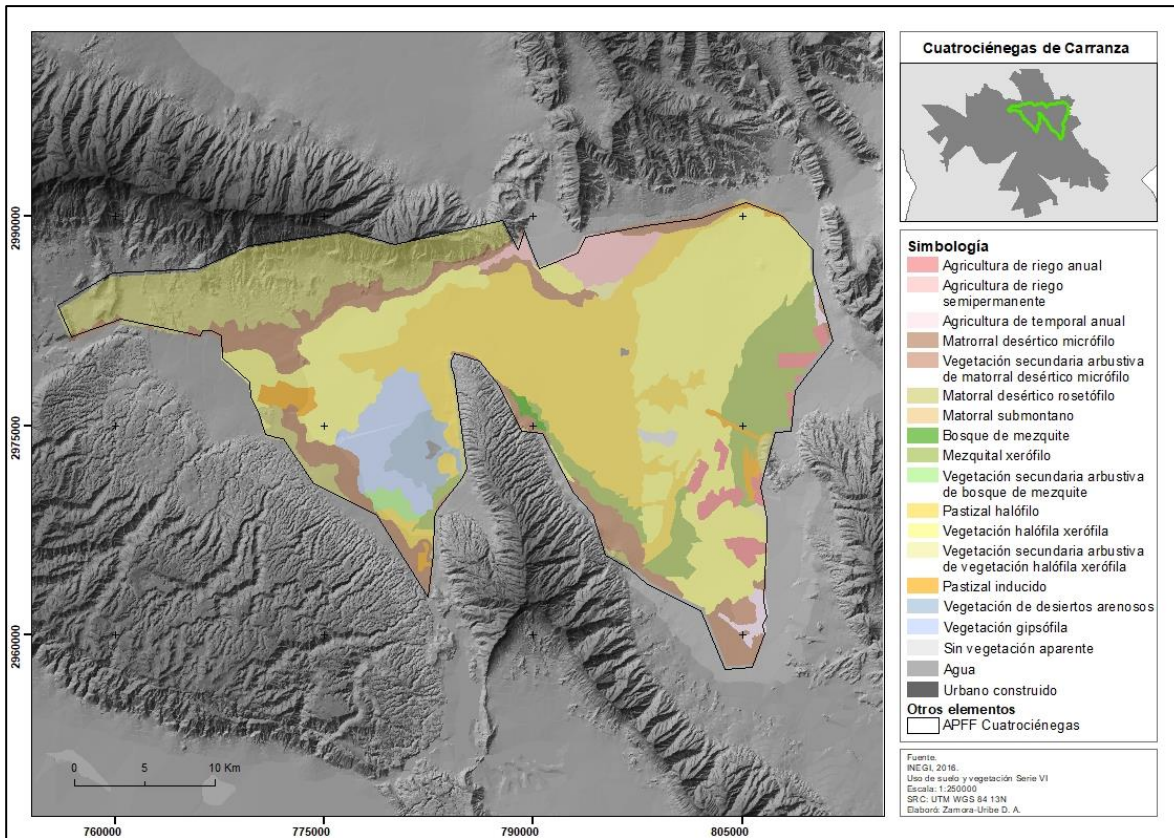
Tipo de vegetación	Descripción
Matorral desértico micrófilo	Su distribución se extiende a las zonas más secas del país, y en áreas donde la precipitación es menor a 100 mm anuales. Las especies <i>Larrea</i> y <i>Ambrosia</i> constituyen del 90 al 100% de la vegetación en áreas de escaso relieve, dentro del desierto Chihuahuense <i>Larrea tridentata</i> y <i>Flourensia cernua</i> se desarrolla sobre llanuras y partes bajas de abanicos aluviales. También es posible apreciar vegetación secundaria de tipo arbustivo en esta comunidad.
Matorral desértico rosetófilo	Comunidad dominada por especies con hojas en roseta, con o sin espinas, sin tallo aparente o bien desarrollado. Se desarrollan generalmente en suelos de tipo xerosol sobre laderas, partes altas de abanicos aluviales o conglomerados de zonas áridas y semiáridas. Aquí se desarrollan algunas de las especies de mayor importancia económica, como: lechuguilla (<i>Agave lechuguilla</i>) y candelilla (<i>Euphorbia antisyphilitica</i>). Es notable también la presencia de cactáceas acompañantes.
Matorral submontano	Se presenta principalmente en las laderas bajas de las vertientes de la Sierra Madre Oriental a altitudes de 1500 a 1700 msnm. Comunidad arbustiva a veces muy densa, formada por especies inermes o a veces espinosas, caducifolias por un breve periodo del año, se desarrollan en climas seco estepario, desértico y templado. Se desarrolla sobre suelos someros de tipo leptosol y regosol.
Bosque de mezquite	Comunidad arbórea con especies de <i>Prosopis</i> que se desarrolla en suelos aluviales de fondo de valle y depresiones en las planicies áridas, donde el manto freático se mantiene a poca profundidad. Frecuentemente forman agrupaciones arbóreas de

	entre 5 y 20 m de altura, presentando también vegetación secundaria de tipo arbustivo.
Mezquital xerófilo	Presente en regiones muy secas del norte del país, este tipo de comunidad se desarrolla desde los 100 hasta los 2300 msnm. Se desarrolla principalmente en llanuras, y en menor proporción en sierras y lomeríos, las principales especies son de tipo arbustivo asociados frecuentemente con matorral desértico micrófilo.
Pastizal halófilo	Comunidad de gramíneas y graminoides que se desarrolla sobre suelos salinos-sódicos, su presencia es independiente del clima, es frecuente en el fondo de las cuencas cerradas de zonas áridas y semiáridas. Cuando los cloruros y los sulfatos son las sales predominantes, el pH del suelo donde se desarrollan estos pastizales se mantiene generalmente entre 7 y 8.5, en cambio, de ser los carbonatos los más abundantes, la reacción es fuertemente alcalina.
Vegetación halófila xerófila	La constituyen comunidades vegetales herbáceas o arbustivas que se caracterizan por desarrollarse sobre suelos con alto contenido de sales en cualquier parte del país, es común en partes bajas de cuencas cerradas de las zonas áridas y semiáridas. Se caracteriza por la presencia de especies de baja altura, por la dominancia de pastos rizomatosos y tallos rígidos, además de una escasa cobertura de especies secundarias arbustivas.
Pastizal inducido	Comunidad dominada por gramíneas o graminoides aparece como consecuencia del desmonte de cualquier tipo de vegetación; también puede establecerse en áreas agrícolas abandonadas o bien como producto de áreas que se incendian con frecuencia
Vegetación de desiertos arenosos	Constituida principalmente por arbustos perennes, cuyas raíces perforantes se anclan en la arena no consolidada y forman colonias por reproducción vegetativa. Se agrupan por “manchones” en desiertos sumamente áridos. Las especies de esta comunidad proceden de las áreas circunvecinas, generalmente con matorral desértico micrófilo, mezquital u otros tipos de vegetación.
Vegetación gipsófila	Comunidad herbácea presente en climas secos, dominadas por pequeños arbustos y gramíneas. El tipo de suelo característico para su desarrollo es sobre suelos de yeso, lugar donde predominan iones de magnesio y calcio. Sulfatos que ejercen una gran influencia en las composiciones vegetales, provocando adaptaciones específicas.
Sin vegetación aparente	Se incluyen bajo este rubro áreas en donde no es visible o detectable alguna comunidad vegetal. Se incluyen los eriales, depósitos litorales, bancos de ríos y aquellas áreas donde algún factor ecológico no permite o limita el desarrollo de la cubierta vegetal como falta de suelo, elevado nivel de salinidad o sodicidad y climas extremos (muy fríos o áridos).

Fuente: Elaboración propia a partir de INEGI 2017

La restricción fisiográfica única del ANP permite una biota florística rica en endemismos, las principales especies pertenecen a las familias Cactaceae, Agavaceae y Asteraceae (Villareal y Encina, 2005). Rzedowski (1998) ha demostrado que los endemismos presentes en vegetación de tipo xerófila corresponden a más del 60% del total de especies presentes.

Mapa 9. Vegetación y usos de suelo del APFF Cuatrociénegas



Fuente: Elaboración propia a partir de datos vectoriales de INEGI 2004

1.2.4 Factores socioeconómicos

1.2.4.1 Población y localidades

De acuerdo con el programa de manejo del APFFC y el último censo de población y vivienda del INEGI, el ANP se conforma de 19 localidades, nueve de ellas ocupan el 41% de su superficie; los tipos de tenencia están asociados con la actividad agrícola, la cual constituye el 40.32% de la población económicamente activa de Cuatrociénegas (DOF, 2008; CONAGUA e IMTA, 2008). Según el censo de 2020, la población estimada total del municipio se elevaba a 12 715 habitantes, mientras que para las localidades inmersas en el APFFC la habitación fue representada por 347 personas distribuidas en nueve localidades (cuadro 8).

Cuadro 8. Número de habitantes por localidad dentro del APFF Cuatrociénegas

Nombre de la localidad	Población	Ámbito
Antiguos Mineros del norte	38	Rural
El Venado	164	Rural
Eliseo Mendoza Berrueto	7	Rural

Nueva Atalaya	0	Rural
Quintero	0	Rural
San José del Anteojo	0	Rural
San Juan de Boquillas	74	Rural
San Lorenzo	11	Rural
San Vicente	52	Rural
Total	347	

Fuente: Elaboración propia a partir de datos recopilados por el censo de población y vivienda INEGI 2020

Del total de localidades presentes en el ANP, solamente nueve están habitados (Cuadro 8), no así las localidades El Pitayo, El Socoro, La Clave, Las Lagunas, Las Tortugas, Los Osos, Seis de Enero y Tierra Blanca que han pasado a un estatus inactivo, mientras que El Vaquero ha sido dada de baja como centro poblacional. En el área de influencia los ejidos más habitados y cercanos al ANP son la Ciudad de Cuatrociénegas, La Vega, Santa Teresa de Sofía y Tanque Nuevo con una población de 11 070 habitantes.

1.2.4.2 Usos de suelo

Desde antes de ser decretada ANP, el VCC ha mantenido diversos sistemas de producción manejados por el ser humano, lo que ha modificado la cobertura vegetal y ha promovido una cubierta de diversos usos de suelo. En el año de publicación del programa de manejo aún no existía información precisa sobre los usos y los cambios de uso de suelo en del ANP, por lo cual el documento se redactó con la información general de los censos agropecuarios y ejidales para el municipio de Cuatrociénegas de Carranza. De acuerdo con los censos, en 1930 en aquel municipio existían 102 unidades de producción (UP); en 1950, 228 UP y 11 ejidos; para 1994 se censaron 1139 UP y 28 ejidos (SEMARNAP, 1999). Las coberturas evaluadas en el programa de manejo fueron las siguientes (SEMARNAP, 1999):

- Agricultura y ganadería
- Recursos forestales
- Recursos renovables
- Recreación

A partir del último censo disponible agrícola, ganadero y forestal (INEGI, 2007), así como su instrumento sucesor la encuesta nacional agropecuaria (INEGI, 2019), en el municipio de Cuatrociénegas de Carranza existen 644 UP agrícola y 911 UP pecuaria, 29 ejidos y 238 localidades

y caseríos aislados. Los usos de suelo especificados para el APFFC por el último Cubrimiento de vegetación y usos de suelos del INEGI en 2017 son los siguientes (INEGI, 2017):

- Agricultura de riego anual:

Agrosistemas cuyo ciclo vegetativo dura solamente un año (maíz, trigo, sorgo, por citar algunos representativos) en ellos se utiliza agua suplementaria para el desarrollo de los cultivos en el ciclo agrícola. Por ello, su definición se basa principalmente en la manera de cómo se realiza la aplicación del agua; por ejemplo: aspersión, goteo, agua rodada o cualquier otra técnica.

- Agricultura de riego semipermanente:

Cultivos cuyo ciclo vegetativo dura entre dos y diez años (valgan como ejemplo: la papaya, la piña o la caña de azúcar); sus necesidades hídricas son cubiertas por un suministro de agua externo, bajo distintos sistemas de riego.

- Agricultura de temporal anual:

Corresponde a terrenos cultivados de un año de duración; el ciclo vegetativo depende exclusivamente del agua de lluvia, por lo que su éxito se basa en la cantidad de precipitación y de la capacidad del suelo para retener el agua.

- Urbano:

Se refiere al conglomerado demográfico con asentamientos humanos y viviendas y están considerado en él, los elementos naturales y las infraestructuras materiales que lo integran.

La cobertura de suelo aprovechada por la extracción de yeso y sales minerales no se ha especificado en las seis series de cubrimiento de vegetación y usos de suelos del INEGI. La explotación de yeso en los arenales del APFFC se suspendió definitivamente en 1997 (SEMARNAP, 1999), sin embargo, la laxa zonificación del ANP permite en las zonas de uso restringido y de aprovechamiento controlado (50.3% del área), la reactivación de la actividad previo a la autorización de la SEMARNAT. El aprovechamiento forestal se encuentra restringido a los bosques de mezquite y a la vegetación secundaria arbustiva de candelilla del ANP; su extracción es usada principalmente para leña, carbón y cera. Los registros disponibles en 2005 y 2011 de la Unidad de manejo forestal desierto oeste de Coahuila, demuestran que en el municipio de Cuatrociénegas existían 13 permisos de candelilla y sotol y 2 de mezquite. Los ejidos Seis de Enero, Nuevo Atalaya, Antiguos Mineros del norte, La Vega y El Venado son los principales productores del municipio, el total de UP de carácter forestal en el municipio era de 13 (CONAFOR, 2011; GOB, 2005).

1.2.4.3 Actividades económicas

Desde su fundación, en 1800, el municipio de Cuatrociénegas de Carranza ha basado su desarrollo en la agricultura. Además, su posición geográfica fue estratégica para constituirse en un centro comercial y de intercambio de ganado, mineral, candelilla y guayule entre el noroeste del estado y ciudades como Monclova, Saltillo y Torreón (SEMARNAP 1999). Las poblaciones inmersas dentro del APFFC, así como las localidades ubicadas en el área de influencia realizan diversos aprovechamientos de los recursos naturales del VCC.

Agricultura

La cantidad de tierra de labor en 1994 del municipio era de 14 447 ha, la superficie parcelada registrada en el 2007 por el censo agrícola, ganadero y forestal para cultivos agrícolas fue de 54 215.88 ha. Los ciclos vegetativos de los cultivos utilizados son de tipo anual y semipermanente (Cuadros 9 y 10), debido a las condiciones semiáridas áridas del área, ambos agrosistemas utilizan agua suplementaria para su desarrollo. La escasa precipitación en el terreno, así como la insuficiente tecnificación de riego, ha presentado durante 2020 —de acuerdo a las estadísticas de producción agrícola del SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera)— una superficie sembrada de 9 931.5 ha.

Cuadro 9. Principales cultivos anuales del municipio de Cuatrociénegas de Carranza de 2020

Temporalidad	Cultivo	Superficie sembrada (ha) por ciclo	
		Primavera - verano	Otoño – invierno
Anual	Avena forrajera		1 322
	Trigo grano		203
	Algodón hueso	184	
	Frijol	38	
	Maíz forrajero	1 115	
	Maíz grano	60	
	Sorgo forrajero	2 260	
	Melón	8	
	Total	3 365	1 525

Fuente: Elaboración propia a partir de datos recopilados por la estadística de producción agrícola del SIAP

Cuadro 10. Principales cultivos perennes del municipio de Cuatrociénegas de Carranza de 2020

Temporalidad	Cultivo	Superficie sembrada (ha) por ciclo		
		Bianual	Semipermanente	Permanente
Perenne	Alfalfa verde	2 889		
	Granada			29
	Nuez			265
	Uva			27.5
	Nopal forrajero		406	
	Nuez			265
	Pastos y praderas	260		
	Total	3 149	406	586.5

Fuente: Elaboración propia a partir de datos recopilados por la estadística de producción agrícola del SIAP

Las comunidades dentro del APFFC y su área inmediata de influencia que dependen ampliamente de la agricultura son los ejidos de: Cuatrociénegas, Antiguos Mineros del norte, El Venado, La Vega, San Juan de Boquillas, San Vicente y pequeños propietarios aislados (CONANP, 2020). La principal fuente de agua utilizada por las UP agrícolas cuya superficie corresponde a riego, es por medio de manantiales, alimentados por el acuífero Cuatrociénegas. De las 357 UP de riego, el 61.34% realizan este tipo de extracción, el 35.57% obtiene el recurso hídrico por medio de la perforación de pozos profundos, mientras que el resto aprovechan agua superficial de ríos, pozos y bordos.

Ganadería

La producción pecuaria dentro del período 1950-1994 se encontraba representada por ganados bovinos, caprinos y equinos, el número de cabezas en el municipio totalizaba 42 270 al final del período (SEMARNAP, 1999). La existencia registrada por el censo agrícola, ganadero y forestal del 2007 señalaba un total de 24 382 cabezas de ganado (Cuadro 11).

Cuadro 11. Número de cabezas por tipo de ganado del municipio de Cuatrociénegas de Carranza en 2007

Ganado	Avícola	Bovino	Caprino	Ovino	Porcino	Total
Número de cabezas	3 278	11 086	8 294	1 396	328	24 382

Fuente: Elaboración propia a partir de datos recopilados por el censo agrícola, ganadero y forestal INEGI 2007

La actividad registró un descenso del 42.31% de las cabezas de ganado en el municipio, en años recientes la ganadería ha dejado de ser una actividad principal en las localidades del área debido a la complejidad de los sistemas de organización en los ejidos, sumándole a esto el manejo deficiente del recurso ganadero. El problema central de la improductividad de la actividad ganadera es que

existió y existe sobrecarga animal en el VCC, es decir hay más animales de los que puede mantener el área, esto genera que haya una sobre extracción de forraje del terreno. Dicha sobrecarga es acumulativa, año con año hay menos, ocasionando alta mortandad en los animales, baja producción de becerros al destete, entre otras. Los efectos también se ven reflejados en la condición de los agostaderos cuya cubierta de pastos, hierbas y arbustos disminuyen y, en algunos casos, desaparecen áreas de humedales y pastizales, así como también la pérdida sustancial de suelo (CONANP, 2020). Pero, se constatan usuarios externos al APFFC quienes poseen concesiones en la gestión directa del agua del valle; los empresarios ganaderos de los valles del Hundido y de Calaveras, y los ejidos de los municipios Sacramento, Nadadores, Frontera y Lamadrid. Los ejidos de estos 4 municipios reciben tres cuartas partes del agua que sale del VCC a través de canales de riego (Ortiz y Romo, 2016).

Actividades forestales

En el VCC, el aprovechamiento forestal está restringido a los bosques de mezquite y a la vegetación secundaria arbustiva de candelilla del ANP, su extracción es usada principalmente para leña, carbón y cera. Los registros disponibles en 2005 y 2011 de la Unidad de manejo forestal desierto oeste de Coahuila, demuestran que en el municipio de Cuatrociénegas existían 13 permisos de candelilla y sotol, y dos de mezquite. Los ejidos Seis de Enero, Nuevo Atalaya, Antiguos Mineros del norte, La Vega y El Venado, se presentaban como los principales productores del área, el total de UP de carácter forestal en el municipio es de 13 (CONAFOR, 2011; GOB, 2005).

La producción forestal maderable se representa principalmente por el mezquite, especie registrada en la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable; las autorizaciones otorgadas por SEMARNAT solicitan a los permisionarios la aplicación de podas con el objeto de mantener el ciclo vegetal de la especie. Situación acotada por lo asentado en la NOM-152-SEMARNAT-2006, en la que se establece la aplicación del método de aprovechamiento de monte bajo, para la estimulación y apertura de nuevas yemas permitiendo las condiciones de crecimiento de la especie. Los municipios que cuentan con un Programa de manejo forestal —de tipo general— en el área son: La Vega, Antiguos Mineros del norte, El Venado, San Vicente y San Juan de Boquillas, todos ellos pertenecientes a la Asociación Regional de Silvicultores de la región (CONAFOR, 2011).

La cera de candelilla se posiciona como el principal recurso no maderable del área, utilizado por el medio industrial para la fabricación de cosméticos, tintes, aislantes, hule, lubricantes, etc. (SEMARNAT, 2020). El rendimiento del elemento forestal para la generación de 6 kg de cera requiere de 250 kg de hierba, situación que posiciona al organismo como vulnerable para su

aprovechamiento. Actualmente no forma parte de las especies catalogados en riesgo por la NOM-059-SEMARNAT, pero sí aparece en el Apéndice II de la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres —conocida como CITES— que recoge las especies que no están necesariamente amenazadas de extinción pero que podrían llegar a estarlo si no se controlan comercialmente (CITES, 2020). Su aprovechamiento está regulado con la NOM-018-RECNAT-1999 que establece los procedimientos, los criterios y las especificaciones técnicas y administrativas para realizar el aprovechamiento sostenible de la hierba de candelilla, así como el transporte y el almacenamiento del cerote (DOF, 1999).

Actividades mineras

De acuerdo con la información registrada en el programa de manejo del APFFC, la explotación de yeso y sales minerales en los arenales del área, se suspendieron definitivamente en 1997 (SEMARNAP, 1999). En cambio, las políticas de manejo del ANP consideran las actividades de extracción en dos de las tres zonas definidas para su conservación (Uso restringido y Aprovechamiento controlado). Dichas actividades deben limitarse a los sitios permitidos, siempre y cuando no perjudiquen los recursos naturales ni comprometan el futuro de las especies florísticas y faunísticas del lugar (SEMARNAP, 1999). Los actores involucrados en su aprovechamiento tienen que contar con las autorizaciones expedidas por la SEMARNAT. El Servicio Geológico Mexicano (SGM) considera el municipio de Cuatrociénegas como uno de los principales distritos mineros del estado de Coahuila (SGM, 2018). Las localidades mineras están representadas por depósitos de minerales no metálicos, bancos dimensionables de roca, acumulaciones de agregados pétreos y minerales metálicos (SGM, 2013). Las principales localidades con yacimientos de yeso, así como de salmueras —lagunas concentradas de sales minerales— se ubican dentro del APFFC. Actualmente el ANP cuenta con una mina activa de yeso evaporítico llamada “Alma Rosa” en el ejido San Vicente. Las localidades mineras inactivas desde el decreto del APFFC, así como por la falta de estudios justificativos de la actividad son: Los Arenales, Lupita 1, Tierra Blanca, El Pilón, Las Albardas, Las Playitas y Loma Altamira (SGM, 2013).

Turismo

Recientemente, la dinámica vertiginosa de la actividad turística en México, lo situó en 2016 en el octavo lugar a nivel mundial en la recepción de turistas internacionales. Este hecho ha posicionado a las ANP como espacios de alto valor en el desarrollo de actividades ligadas a diversos segmentos del turismo y en particular al de naturaleza: ecoturismo, turismo rural y turismo de aventura (CONANP, 2018). En el caso del APFFC dos acontecimientos acaecidos en los años 1990, detonaron

su arranque como destino turístico nacional e internacional: el decreto federal de creación del ANP (1994) y la publicación de un artículo de George Grall sobre la zona en la prestigiosa y difundida revista *National Geographic* (1995). En los últimos años, el ANP ha pasado de recibir apenas un centenar de visitantes anuales durante las temporadas vacacionales del período comprendido de 1993-2000 a acoger 18 503 en 2008, con una derrama económica estimada en 29.2 millones de pesos (García y López, 2017). En 2019, el municipio de Cuatrociénegas de Carranza recibió 200 mil visitantes, generando una derrama económica de 240 millones de pesos, situación que promueve un bienestar laboral a los más de 2 500 empleados del sector (La Prensa, 2019). Con el incremento de la actividad turística también han aumentado sus impactos negativos, lo que llevó a la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA) a clausurar dos sitios de uso público en los años 2004 y 2008 —manantiales acondicionados como balnearios—, provocando una serie de conflictos entre los prestadores de servicios turísticos, la población local y las dependencias de gobierno (García y López, 2017). En 2010 la SEMARNAT publicó el “Manual para guías de turistas de Cuatrociénegas”, cuyo principal objetivo es construir una alianza conservacionista entre el ANP y los prestadores de servicios turísticos del área. Este documento también describe los términos y las condiciones de los usos turísticos plasmados en el Reglamento de la LGEEPA en materia de ANP (artículos 88-91), así como las reglas administrativas y normativas de los servicios turísticos presentes en el programa de manejo de la zona de estudio. De acuerdo con la Secretaría de Turismo del estado de Coahuila y el gobierno del municipio, en 2019 existían seis parques ecoturísticos inmersos en el ANP (La Prensa, 2019). Las actividades de estos sitios están sujetas al capítulo quinto en materia de turismo sustentable de la Ley de Turismo del estado de Coahuila de Zaragoza que tiene como principal objetivo “dar un uso óptimo a los recursos naturales aptos para el desarrollo turístico, ayudando a conservarlos con apego a las leyes de la materia” (Congreso de Coahuila, 2020, p.8).

Artesanía tradicional

La deforestación causada por el aprovechamiento excesivo de mezquite, así como a los bajos precios que pagan por los productos maderables y no maderables de este recurso, han promovido la diversificación productiva del ejido La Vega, en el cual, las mujeres decidieron dedicarse a la elaboración de artesanías de madera de mezquite. A inicios del 2004 surgió el proyecto de desarrollo comunitario sustentable del recurso, promovido por la organización civil Pronatura Noreste. En 2018 existían dos sociedades de producción rural que se desempeñaban en esta actividad, ambas

contaban con un permiso de aprovechamiento maderable por parte de la SEMARNAT y operaban independientemente desde el 2007 (CONAFOR, s/f).

En cuanto a la situación de ocupación, se puede observar que el número de personas ocupadas y de personas económicamente activas se mantiene por debajo del 50% del total de la población (Cuadro 12).

Cuadro 12. Población ocupada y económicamente activa en las principales localidades del APFF Cuatrociénegas en 2020

Nombre de la localidad	Población total	Población ocupada	Población económicamente activa
Antiguos Mineros del norte	38	24	24
El Venado	164	51	51
Eliseo Mendoza Berrueto	7	-	-
San Juan de Boquillas	74	34	34
San Lorenzo	11	7	7
San Vicente	52	28	28
Cuatrociénegas*	10 395	4 311	4 409
La Vega*	154	80	80
Santa Teresa de Sofía*	327	113	115
Tanque Nuevo*	194	62	62
TOTAL	11 416	4 710 (41.25%)	4 810 (42.1%)

*Municipios inmediatos en la zona de influencia del área. Fuente: Elaboración propia a partir de datos recopilados por el censo de población y vivienda INEGI 2020

1.2.4.4 Educación

La educación es clave del desarrollo sostenible; constituye un componente del bienestar y, al mismo tiempo, un factor para aumentarlo dada su estrecha vinculación con factores demográficos, económicos y sociales (CONAPO, 2009). El rezago educativo es uno de los principales indicadores de vulnerabilidad en cuanto a la inserción en el desarrollo social y económico de una población. Este consiste en el porcentaje de individuos mayor a 15 años que no han cumplido los estudios básicos (primaria y secundaria) así como aquellos que no saben leer ni escribir (INEGI, 2004). El índice de rezago educativo de las localidades inmersas en el APFFC es del 22.9%. Este dato es bajo si se considera como referencia los rangos establecidos por INEGI a nivel municipal: bajo de 17.8 a 50.1, medio de 50.2 a 66.3, alto de 66.4 a 82.5 y extremo de 82.6 a 98.7 (INEGI, 2004; Cuadro 13).

Cuadro 13. Rezago educativo en las principales localidades del APFF Cuatrociénegas en 2020

Localidad	Población de 15 años y más	Analfabetas	Primaria incompleta	Secundaria incompleta	Rezago total	%
Antiguos Mineros del norte	53	1	19	3	23	43.4
El Venado	159	11	52	5	68	42.8
Eliseo Mendoza Berrueto	10	1	4	2	7	70
San Juan de Boquillas	72	4	22	1	27	37.5
San Lorenzo	6	0	0	0	0	0
San Vicente	40	3	12	2	17	42.5
Cuatrociénegas*	7 113	329	865	337	1 531	21.5
La Vega*	121	5	38	7	50	41.3
Santa Teresa de Sofía*	223	13	30	5	48	21.5
Tanque Nuevo*	145	11	21	13	45	31
TOTAL	7 942	378	1 063	375	1 816	22.9

*Municipios inmediatos en la zona de influencia del área. Fuente: Elaboración propia a partir de datos recopilados por el censo de población y vivienda INEGI 2020

El grado promedio de escolaridad de la población mayor a los 15 años de las 10 localidades de interés en el APFFC es de 5.94, es decir, que la media de los 7942 individuos censados estuvo cerca de concluir el sexto año de primaria. Este resultado excluye a las personas que no especificaron el último grado escolar aprobado.

1.2.4.5 Migración y marginación

La historia poblacional de Cuatrociénegas comenzó con el primer asentamiento humano registrado a inicios del siglo XIX (DOF, 1997). El porcentaje de población originaria de las localidades del APFFC es del 94.98%, mientras que la nacida en otra entidad es del 4.55% (Cuadro 14), relación que indica un bajo porcentaje en cuanto a la inmigración interestatal.

Cuadro 14. Inmigración interestatal en las principales localidades del APFF Cuatrociénegas en 2020

Nombre de la localidad	Población total	Población nacida en la entidad	Población nacida en otra entidad
Antiguos Mineros del norte	38	35	2
El Venado	164	164	0
Eliseo Mendoza Berrueto	7	-	-
San Juan de Boquillas	74	70	3
San Lorenzo	11	10	1

San Vicente	52	48	4
Cuatrociénegas*	10 395	9 880	474
La Vega*	154	145	8
Santa Teresa de Sofía*	327	306	19
Tanque Nuevo*	194	185	9
TOTAL	11 416	10 843	520

*Municipios inmediatos en la zona de influencia del área. Fuente: Elaboración propia a partir de datos recopilados por el censo de población y vivienda INEGI 2020

La principal causa de la migración internacional se debe en gran medida a la falta de oportunidades laborales y de desarrollo en el lugar de origen o de residencia de los habitantes. El porcentaje de personas que emigraron hacia los Estados Unidos se presenta con el índice absoluto de intensidad migratoria que es una medida que resume las características migratorias de los hogares mexicanos en términos de remesas, de migrantes residentes en Estados Unidos, migrantes circulares y migrantes de retorno (CONAPO, 2014). El municipio de Cuatrociénegas de Coahuila presentó en el año 2020 un grado absoluto de intensidad migratoria de 1.898, el cual fue bajo, posicionándolo en el número 21 de 38 a nivel estatal, escala dada al cálculo de las cuatro expresiones de la migración México-Estados Unidos mencionadas anteriormente. El comportamiento estatal del grado de migración presentó el grado más elevado en Zacatecas con 7.82 y el más bajo en Tabasco 0.35.

Según el índice de marginación municipal del Consejo Nacional de Población (CONAPO), la región de Cuatrociénegas presenta una baja tasa de marginación. Este considera las privaciones de la población en los ámbitos de educación, vivienda y la disponibilidad de bienes y servicios esenciales para su desarrollo básico.

1.3 Importancia y conservación del APFF Cuatrociénegas

1.3.1 Valor científico, ambiental, ecológico y ecosistémico

Las ANP son el eje central en prácticamente todas las estrategias nacionales e internacionales de conservación del ambiente. La UICN (2020) afirma que éstas:

Constituyen el núcleo fundamental de los esfuerzos para proteger las especies amenazadas del mundo y, cada vez más, se reconoce su papel esencial no sólo como proveedoras esenciales de servicios de ecosistema y recursos biológicos, sino como elementos fundamentales en las estrategias de mitigación al cambio climático. (p.1)

El APFFC ha sido catalogada históricamente como un lugar excepcional, su única posición fisiográfica en el mundo, la convierte en una zona que acoge uno los ecosistemas desérticos más valorados por el número de especies y endemismos, y por los microecosistemas de sus pozas y manantiales. Desde su descubrimiento, la investigación científica nacional e internacional ha impulsado la conservación y la correcta gobernanza de los recursos en la región del VCC. Las primeras actividades científicas del APFFC se dirigieron principalmente hacia el estudio taxonómico de la fauna íctica e invertebrados presentes en las pozas del valle.

Como se apuntó, en 1937, y como resultado del proyecto binacional Estados Unidos-México, Marsh llevó a cabo la primera expedición al VCC, a fin recolectar muestras de flora y fauna. Esta colección formaría la base de los siguientes estudios en la región (Minckley, 1992). La biodiversidad presente en el valle, comenzó a destacarse cuando Hubbs analizó los peces recogidos por Marsh, y alto grado de endemismo fue reconocido (Hubbs y Miller, 1965). Entre 1950 y 1970 los investigadores Schmidt, Owens, Hubbs, Miller y Minckley, recolectaron y analizaron muestras de especies de reptiles, peces y otros vertebrados, entre las cuales destaca la tortuga bisagra (*Terrapene coahuila*) (Minckley, 1992). La publicación de literatura, a finales de la década de los 1970, que ratificaba el alto endemismo en flora y fauna del valle, propició un gran interés de la comunidad científica mexicana e internacional. Uno de los principales personajes en reconocer la valiosa aportación de la riqueza ecológica y ambiental del valle fue el estadounidense Wendell Lee Minckley: en 1965 inició la promoción de un parque nacional en el valle cieneguense. Un año más tarde, el catedrático de la Universidad Autónoma de Nuevo León, Salvador Contreras-Balderas se unió al proyecto de Minckley para promover la conservación del área (Conteras-Balderas, 1984). Este destacado grupo de investigadores —estadounidense en su mayoría— fue el principal impulsor de la conservación del VCC, gracias a la publicación de sus investigaciones sobre su diversidad florística y faunística (Minckley, 1992; Pinkava, 1983; Johnson, 1984). La preocupación por la pérdida de este valioso ecosistema propició que el Consejo de Peces del Desierto organizara un par de reuniones entre 1983 y 1993 para tratar posibles acciones. A finales de la década de 1980, Contreras-Balderas y Almada Villela, envueltos por los valores ambientales del VCC, propusieron a la Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología la declaración del área como parque nacional (Calegari, 1997).

Posterior a su decreto de 1994 la combinación de características fisiográficas, hidrológicas, climáticas y fisicoquímicas del ANP, influyeron en la realización de estudios de organismos microbianos y su material genético, con la finalidad de reconocer y entender el origen de la vida en

el planeta. Souza, catedrática e investigadora de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), investiga los procariontes (eubacterias y archeas) en las aguas subterráneas y superficiales de Cuatrociénegas. Desde 1999 ha estado evaluando la diversidad de comunidades bacterianas del valle, mediante colectas para su análisis genético y descripciones de series de adaptaciones fisiológicas y bioquímicas que los organismos han demostrado en condiciones de alta y extrema salinidad. Los grupos bacterianos más relevantes por su compleja formación y estructura son los estromatolitos que se encuentran constituidos por cianobacterias —organismos fotosintéticos responsables de haber convertido los océanos y la atmósfera en medios oxidantes hace aproximadamente 3500 millones de años (Souza et al., 2004; 2006; 2014; 2018)—.

Los estudios más recientes realizados en el APFFC corresponden a la relación ecosistémica entre los usuarios y los pobladores de la región con los recursos en la zona. Así se han identificado las amenazas provocadas por una desafortunada gestión del recurso hídrico, así como las transformaciones de la cobertura vegetal por las actividades agropecuarias en la región. En 2016, Ortiz y Romo analizaron los impactos socioambientales derivados de la gestión del agua en el ANP, mediante la aplicación de entrevistas a actores clave en su aprovechamiento y extracción. Concluyen que los impactos sociales positivos de la gestión del agua están vinculados al crecimiento y desarrollo económico. Paralelamente, los impactos negativos, tanto sociales como ambientales, se deben a la errada gestión del recurso hídrico, por la poca o nula compatibilidad de las políticas de conservación con las de aprovechamiento de los recursos naturales, lo que contribuye al deterioro del ecosistema y a la inconformidad de la población por la falta de información y vinculación ambiental con el espacio protegido.

Las consecuencias ambientales de la gestión del agua, así como su sobreexplotación para actividades agropecuarias dentro y fuera del ANP, han sido evaluadas por la investigadora Pisanty de la UNAM. Sus estudios se han basado en los efectos negativos que provoca el desecamiento de las pozas y las lagunas del valle por actividades antrópicas, ocasionando hundimientos diferenciales o abras, promoviendo la aparición y el establecimiento de vegetación ribereña gipsófitas, síntoma de la alteración de los sistemas hidrológicos del subsuelo (Pisanty y Rodríguez, 2017). La LGEEPA expone que el turismo dentro de las ANP debe entenderse como una gran oportunidad para el desarrollo, siempre y cuando otorgue valor significativo a los elementos naturales de la zona salvaguardada, genere derrama económica a la población local y no modifique ni ponga en riesgo el entorno natural (CONANP, 2018). García y López (2017), académicos del Instituto de Geografía de

la UNAM, evaluaron los conflictos asociados al turismo en el APFFC, concluyeron que su desarrollo está acompañado de impactos negativos sobre el medio físico, la economía y la dinámica social.

Por tanto, queda demostrada la importancia ambiental, ecológica y ecosistémica del APFFC; sus características biofísicas le han permitido registrar hasta 79 especies endémicas: es el lugar de América del Norte con mayor número de endemismos (Stein et al., 2000). Las relaciones sistémicas de los factores sociales y ambientales posicionan al ANP como prioritaria para su conservación. La presión antrópica sobre los recursos del valle ha desempeñado un papel negativo para el cumplimiento de los objetivos del APFFC. La desacertada gestión, así como la demanda excesiva de recursos naturales, se manifiesta en los usos de suelo del ANP, la extracción y el uso de agua de los manantiales para su distribución en zonas agropecuarias dentro y fuera del VCC, la explotación de salmueras y dunas de yeso, la ganadería extensiva y el turismo informal.

1.3.2 Designaciones internacionales

Las valiosas características y excepcionalidad del APFFC han sido reconocidas por instituciones nacionales e internacionales a lo largo de su historia, con la finalidad de promover la conservación e incentivar la gestión sostenible de los recursos naturales. La Administración Espacial y Aeronáutica Nacional distingue al ANP como uno de los espacios que ayudan a conocer y entender la evolución en la Tierra: en el interior de las pozas se encuentran estromatolitos, estructuras primigenias en el proceso de fotosíntesis (Galván, 2007). La Convención sobre los Humedales lo consideró sitio RAMSAR en el 2002 por ser el humedal más importante del desierto Chihuahuense, debido a la distribución geográfica restrictiva de poblaciones de especies vegetales y animales, a la presencia de subespecies, especies o familias de peces autóctonas y las interacciones de especies de poblaciones que contribuyen a la biodiversidad. Dicho reconocimiento internacional tiene como principal objetivo “la conservación y el uso racional de los humedales mediante acciones locales, regionales, nacionales y de cooperación internacional, propiciando el desarrollo sostenible en sus comunidades” (Secretaría de la Convención de RAMSAR, 2006, p.7). Los humedales del APFFC están clasificados de acuerdo con sus características geográficas, así como a los distintos hábitats asociados a los cuerpos y fuentes de agua (Cuadro 15).

Cuadro 15. Clasificación de hábitats por tipo de humedal del APFF Cuatrociénegas emitidas por la Convención de RAMSAR

Tipo de humedal	Categoría	Tipo de hábitat
Continental	M	Ríos/arroyos permanentes

	O	Lagos permanentes de agua dulce
	R	Lagos y zonas inundadas estacionales/intermitentes salinos/salobres/alcalinos
	Y	Manantiales de agua dulce, oasis
	Zk(b)	Sistemas kársticos y otros sistemas hídricos subterráneos, continentales

Fuente: Elaboración propia a partir de la Secretaría de la Convención de RAMSAR, 2006

La coordinación y la colaboración de la Secretaría de la Convención RAMSAR con otras convenciones y organizaciones internacionales con cometidos afines o coincidentes, han permitido desarrollar sinergias con otros instrumentos relativos al medio ambiente. Así, la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO) que en 2006 integró el APFFC en el Programa sobre el Hombre y la Biosfera (MAB). Programa científico intergubernamental que inició en 1971 para explorar una gestión sostenible de los recursos naturales, implementado a través de la Red Mundial de Reservas de la Biosfera. Las reservas de la biosfera dentro del programa son sitios que ponen a prueba los enfoques innovadores del desarrollo sostenible, combinando el conocimiento científico y las modalidades de gobernabilidad con miras a reducir la pérdida de la biodiversidad, mejorar los medios de vida, favorecer las condiciones sociales, económicas y culturales para la sostenibilidad ambiental (CONANP, 2018).

El Fondo Mundial para la Naturaleza (WWF por sus siglas en inglés) incluyó en 1999 al APFFC dentro de las Ecorregiones Prioritarias para la Conservación, las condiciones biofísicas presentes en el valle posicionan al ANP en la división de Desiertos y matorrales xerófilos del Neártico y a la ecorregión Desierto Chihuahuense. De manera particular el ANP está catalogada por la WWF como ecorregión prioritaria en lagos y ecosistemas de agua dulce de cuenca cerrada (The Nature Conservancy, 2000). En 2009 la vulnerabilidad expuesta por la WWF generó una alianza entre la Fundación Carlos Slim y la WWF México/Arrecife Mesoamericano, en favor de la conservación del patrimonio natural y el desarrollo sustentable del área, cuyo objetivo principal es la conservación integral de los ecosistemas en coordinación con las comunidades (WWF, 2020).

La CONABIO incluye a Cuatrociénegas dentro del Programa Áreas Prioritarias para la Conservación de la Diversidad Biológica en México. De esta iniciativa surgieron tres proyectos que incluyen a las regiones más relevantes en cuanto a su heterogeneidad ecológica en un espacio geográfico determinado. Los programas a los cuales se encuentra adherido el APFFC son dos: 1.- Regiones Terrestre Prioritarias; y 2.- Regiones Hidrológicas Prioritarias de México. Estos sitios son

identificados por su alta biodiversidad tanto terrestre como hidrológica (Arriaga et al., 2009). La presencia permanente o estacional de hasta 197 especies de aves en el valle, fue indispensable para ser nombrada en 1999 por la Sección Mexicana del Consejo Internacional para la Preservación de las Aves y BirdLife International, como Área de Importancia para la Conservación de las Aves (AICAS). El APFFC fue inserto en la categoría A1: especies amenazadas a nivel mundial; lo que significa que es un área que mantiene regularmente la población de una o más especies amenazadas bajo algunas de las categorías de riesgo de la UICN (CONABIO, 2004).

La riqueza cultural del ANP, así como su importancia ecosistémica, es resaltada por la comunidad científica: estudios recientes han descubierto pictografías y grabados que datan de hace más de 5000 años, y que muestran la observación astronómica y la cosmovisión del cielo cenéguense (INAH, 2020). Este hecho ha devuelto el interés para la reactivación de la solicitud para incorporar al valle en la lista de Patrimonio Mundial de la UNESCO. Dicho registro se realizó en 2004, la combinación de factores físicos y biológicos permitió al APPFC entrar en la Lista Indicativa de la UNESCO dentro de la categoría de Patrimonio Natural al haber cumplido con el total de criterios para su incorporación y poder ser catalogada como área de Valor Universal Excepcional (UNESCO et al., 2018). Los recientes estudios antropológicos de arte rupestre en el VCC, han demostrado los hábitos y cosmovisión de los cazadores-recolectores nómadas, que dieron paso a las culturas del desierto originadas a partir de las primeras migraciones que descendieron del norte del continente americano (INAH, 2020). Este acontecimiento consideraría paralelamente al ANP como Patrimonio Cultural al presentar elementos y testimonios artísticos derivado de una tradición o presencia cultural dentro de un período significativo de la historia humana. Situación que generaría una nueva categorización como Patrimonio Mixto de la Humanidad al cumplir con los criterios culturales y naturales evaluados por la UNESCO. Si se llegara a cumplir esta designación, el país debería asumir la responsabilidad a nivel internacional de asegurar su integridad a largo plazo y mantener los valores y atributos por los que fue inscrito. Posición que obligaría a las instituciones nacionales, estatales y locales, además de organizaciones e industrias privadas y públicas a armonizar sus normativas e integrar sus actividades en favor de la preservación del APFFC.

CAPÍTULO 2. LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA EN EL ANÁLISIS DEL CAMBIO DE USO DE SUELO Y VEGETACIÓN

2.1. Concepto e importancia del uso de suelo y vegetación

De acuerdo con la FAO (2018) el suelo es uno de los componentes indispensables y determinantes para:

La estructura y el funcionamiento de los ciclos del agua, del aire y de los nutrientes. Las funciones específicas que un suelo proporciona se rigen en gran medida por el conjunto de propiedades químicas, biológicas y físicas que se hallan en él. Asimismo, los suelos son una reserva clave de biodiversidad mundial que abarca desde los microorganismos hasta la flora y la fauna. Esta biodiversidad es fundamental en el respaldo a las funciones del suelo, además de asociarse directamente a los bienes y a los servicios ecosistémicos que éste brinda a los seres humanos. (p.5)

Las actividades que se realizan en función de los servicios ecosistémicos, y que a su vez retribuyen a la sociedad de manera ecológica, cultural y económica, son categorizadas territorialmente a partir de su vocación o uso de suelo. Éste se refiere al conjunto de arreglos espaciales que producen las distintas actividades antrópicas para gestionar la tierra (Farmer y Cook, 2013). Uno de los factores determinantes en la constitución del uso de suelo, es la vegetación, al ser la principal cobertura en la que se realizan los diferentes sistemas productivos manejados por el ser humano (FAO, 2009).

La superficie de México está compuesta por cuatro formaciones vegetales principales: bosques, selvas, matorrales y pastizales; las cuales fueron sistematizadas a partir de sus características fisiográficas, climáticas, edafológicas y fisonómicas (Sánchez-Gándara, 2011). En tanto que los usos de suelo se agrupan a partir de un sistema de clasificación jerárquico que se realiza de acuerdo con las afinidades de la cobertura vegetal y las similitudes de usos ejercidos sobre el terreno (INEGI, 2017). La descripción integral de los usos de suelo y vegetación de un espacio se obtiene a partir:

De un determinado corte temporal, el cual informa la manera en cómo está ordenado el uso del territorio en pueblos y comunidades; cómo el territorio es ocupado por actividades agrícolas, industriales y de servicios; y cómo impactan estas actividades sobre la sustentabilidad ambiental. (Bocco y Garibay, 2011, p.9)

La importancia del establecimiento de los usos de suelo en un determinado espacio recae en la permanencia de las coberturas vegetales primarias del ecosistema, las cuales proporcionan diversos

factores a favor del desarrollo biológico y climático, además de generar de manera implícita servicios y ofertas ambientales¹ para la realización de los sistemas productivos que ejercen las fuerzas socioeconómicas que actúan en una región (Bojórquez-Tapia *et al.*, 1994, en Alcántara *et al.*, 2010).

2.2. Cambio de uso de suelo y vegetación (CUSV)

Durante miles de años, las actividades humanas han modificado la mayor parte de los ecosistemas del planeta (FAO, 2012). Desde los años 1960, los cambios son más rápidos y extensos que en ningún otro período de la historia de la humanidad. En la década de 2010, los sistemas agropecuarios ocuparon aproximadamente una cuarta parte de la superficie terrestre, transformación impulsada en gran parte para resolver el enorme aumento de la demanda de alimentos, agua, fibras y combustibles (Reid *et al.*, 2004). El cambio CUSV es un proceso dinámico que elimina la cobertura original (Pingarroni, 2017), en él se distinguen dos procesos: el de conversión, *id est*, la sustitución completa de un tipo de cobertura por otro; y el de modificación, referido a los cambios más sutiles que no implica la sustitución de la clasificación general (Lambin *et al.*, 2000). En condiciones naturales, la modificación en la vegetación es causada por fenómenos naturales como la sucesión secundaria, las variaciones climáticas, los incendios forestales, los huracanes, etc. (Lambin *et al.*, 2001). Las alteraciones que se presentan de manera sustancial son las promovidas por factores antrópicos; según la SEMARNAT (2015), los procesos que determinan el CUSV bajo esta situación son los siguientes:

- Deforestación: cambio permanente de una cubierta dominada por árboles, hacia una que carece de ellos.
- Alteración o degradación: transformación inducida por el ser humano en la vegetación natural, sin llegar a reemplazar el total de la cubierta.
- Fragmentación: fluctuación del paisaje en pequeños parches de vegetación original, rodeados de zonas alteradas que conservan un reducido número de especies nativas.

El proceso antrópico más común es la deforestación, promovida principalmente por la conversión de tierra forestal en zonas de agricultura y ganadería. Esta transformación en el paisaje altera el

¹ También conocidos como servicios ecosistémicos, se caracterizan por ser las funciones del ecosistema que permiten satisfacer una serie de necesidades humanas de manera directa e indirecta y son cruciales para el bienestar social y el desarrollo económico. A partir de la aptitud y la capacidad del suelo se evalúa la oferta ambiental por unidad territorial, con el propósito de predecir el uso potencial del terreno en base a sus atributos biofísicos (Alcántara *et al.*, 2010; SEMARNAT, 2018).

número y la composición de las especies y se ha descrito como la mayor amenaza para el mantenimiento de la biodiversidad mundial; además, propicia la pérdida de hábitats valiosos, la erosión, la degradación del suelo, la disminución en la recarga de los acuíferos, la liberación de carbono a la atmósfera y la alteración de los ciclos biogeoquímicos (FAO, 2018; Pingarroni, 2017). El clima, la cultura, la tecnología y el comercio han ejercido gran influencia en la aceleración o reducción del ritmo del CUSV. Con el tiempo, la interacción entre la sociedad y los bosques ha variado en función de los cambios socioeconómicos. La relación entre el CUSV y el desarrollo social y económico es estrecha: históricamente se ha demostrado a partir de la destrucción de los bosques, con el consecuente daño ambiental irreversible y el deterioro económico por la falta de solidez en la gestión del aprovechamiento de los recursos (FAO, 2012).

2.2.1 Variables para la descripción del CUSV

La dinámica presente en el CUSV engloba una serie de factores complejos que actúa independientemente, provocando impactos y transformaciones ambientales sobre los usos de suelo y la vegetación; estos factores obedecen a distintos procesos ejercidos a nivel social, económico, biofísico, climático y ecológico en diferentes escalas espacio-temporales (Geist y Lambin, 2001). La diversidad de variables inmersas en el CUSV es tan amplia como el conjunto de teorías que se ha aplicado para su análisis. Existen diversos marcos teóricos, posturas y explicaciones que abordan el proceso y la conceptualización de la interacción entre la naturaleza y el ser humano (Jarosz, 2006; Turner y Robbins, 2008). Las teorías expuestas por estos marcos surgen a partir del campo de conocimiento que busca entender y explicar la dinámica humano-ambiente desde una perspectiva espacial. Es posible reconocer tres grupos teóricos por disciplina: 1.- teorías económicas; 2.- teorías generadas desde la antropología y la sociología; y 3.- teorías fundamentadas desde la ecología o la geografía física (Calzada, 2018).

Para el entendimiento de los complejos procesos del CUSV se requiere de un análisis multidisciplinario, en el cual converjan las teorías de las ciencias involucradas en el estudio y en el análisis de las transformaciones producidas en el terreno. Los objetivos compartidos por estos estudios poseen distintas ventajas y limitaciones, éstas pueden ser establecidas en cinco aspectos que varían dependiendo de la disciplina científica: 1.- marco epistemológico; 2.- aproximación al fenómeno; 3.- escala espacio-temporal, 4.- tipo de cobertura; y 5.- factores considerados. Uno de los estudios que, desde finales del siglo XX, ha cobrado especial relevancia, es el que se maneja desde el enfoque de la ecología y la geografía física. En su análisis se incorporan variables biofísicas

e históricas a distintas escalas espacio-temporales, apoyadas cartográficamente por el uso de los sistemas de información geográfica (SIG) y la precepción remota (Calzada, 2018). Gracias al desarrollo de esta tecnología es posible reconstruir con cierta precisión el CUSV de un área determinada, basado en el análisis de un modelo cartográfico y estadístico. En tanto que el estudio de las principales causas que determinan el CUSV —de acuerdo con el marco elaborado por Geist y Lambin (2002)— está representado por dos tipos de categorías que impulsan los procesos de cambio a nivel local: los factores próximos o inmediatos y los factores subyacentes. La primera categoría la constituyen las actividades humanas o las acciones inmediatas derivadas del uso de suelo, éstas afectan directamente a la cubierta vegetal; las principales actividades que promueven mencionada acción son: la extracción de madera, la expansión agropecuaria y el esparcimiento de las infraestructuras. Los factores subyacentes son relevantes para comprender los primeros, pues influyen directamente en los procesos del CUSV; las variables que conforman esta categoría son: sociales, demográficas, ecológicas, económicas, políticas y tecnológicas.

2.2.2 Antecedentes investigativos sobre el CUSV

La cobertura vegetal al igual que los suelos, es fundamental para la vida en la Tierra, pero las presiones sobre los recursos que alberga el planeta, están alcanzando límites críticos. Una gestión cuidadosa del suelo y sus usos es esencial para la sostenibilidad, la regulación del clima, la salvaguarda los servicios ecosistémicos y la conservación de la biodiversidad (FAO, 2015). La relevancia que ha tenido y que mantiene el estudio del CUSV a nivel global ha permitido el impulso de políticas públicas que benefician el desarrollo social de las poblaciones rurales (Bocco y Garibay, 2011). Además, constituyen un instrumento indispensable en la participación y la gobernanza social, al garantizar los derechos de las partes interesadas, promoviendo el correcto manejo, uso y conservación de los recursos naturales, integrando así, las dimensiones social, ambiental, económica, política y cultural (FAO, 2015).

Durante las últimas décadas, las investigaciones se han concentrado en estudiar los factores y modelos de cambios en regiones tropicales, lugar donde se ha detectado la mayor incidencia en deforestación en el mundo (Turner y Robbins, 2008; Lambin y Geist, 2002; Lambin *et al.*, 2001; NRC, 2014). Sin embargo, la extensión de los bosques del planeta continúa disminuyendo a medida que las poblaciones humanas se incrementan, así como sus necesidades de alimentos (FAO, 2015). En Latinoamérica, países como México, Perú, Venezuela y Brasil —además de la mayor parte de Centroamérica— han vivido procesos históricos de prácticas de desmonte con fuego para crear

zonas agrícolas y cinegéticas (Williams, 2002). La vulnerabilidad demostrada por la alteración de las cubiertas vegetales en esta región, ha promovido la investigación multidisciplinaria de sus principales causas. Apoyándose, esencialmente, en el uso de los SIG y la percepción remota para el tratamiento, la creación y el análisis de la información geográfica y cartográfica, así como la modelación de dinámicas sociales y económicas con objeto de develar los procesos inmersos en el CUSV (Lambin y Geist, 2002; Hersperger *et al.*, 2010; Delgado *et al.*, 2017; Calzada, 2018; Osorio *et al.*, 2014; GIZ, 2016; Briceño *et al.*, 2019).

En México, desde 1978, el INEGI ha elaborado seis series diferentes de cartografía sobre la cubierta vegetal y el uso de suelo, con la finalidad de mostrar la distribución y el estado de la vegetación natural y la localización de las áreas susceptibles a las actividades humanas, principalmente zonas agrícolas, pecuarias y urbanas. Los insumos generados por los cubrimientos tanto análogos como digitales, se encuentran a una escala 1:250 000 y 1:1 000 000, representación manejada comúnmente para cuantificar, a nivel nacional, los cambios del terreno en distintas épocas. De acuerdo con la temporalidad entre la serie I (1985) y la serie VI —último cubrimiento nacional de 2014— la vegetación primaria disminuyó un 14.52%, mientras que los usos de suelo aumentaron su superficie en un 8.12% (INEGI, 2017). Mas y colaboradores (2009) señalaron que las bases cartográficas elaboradas por el INEGI no son sometidas a evaluaciones para conocer su fiabilidad, lo cual provoca serios cuestionamientos acerca de la superficie real y las tasas de CUSV. Es de considerar que las escalas de los insumos resultantes a nivel nacional son muy pequeñas, esto provoca la pérdida de procesos locales sobre la dinámica del CUSV. Los estudios a escalas con mayor detalle, 1:50 000, han permitido evaluar con mejor precisión los cambios en el terreno, así como la tendencia causal que las actividades antrópicas provocan sobre el ecosistema.

Prueba de lo anterior es el estudio generado por Bocco y Garibay (2011) sobre el cambio de uso de suelo en la meseta purépecha (1976-2005), en la investigación se utilizaron insumos satelitales y cartográficos a escala 1:250 000, lo que ofreció más evidencias en los procesos y en las dinámicas de transformación a nivel regional. Así, se demostró que entre 1976 y 2005, el bosque y la ganadería perdieron superficie, mientras que la agricultura, las selvas, el bosque secundario y las áreas urbanas aumentaron. No obstante, la resolución espacial utilizada, al ser demasiado general, no permitió analizar a detalle los procesos de transformación a nivel comunidad.

Pineda, Bosque, Gómez, y Plata (2009) analizaron el CUSV en el Estado de México dentro del período 1993-2002, aplicando métodos de regresión multivariante, explicaron las posibles causas que

provocan el proceso de deforestación. En la descripción del cambio de ocupación del suelo demostraron, mediante reclasificaciones a las series II y III de usos de suelo y vegetación del INEGI, que la agricultura aumentó un 5.1%; la cobertura de bosques y pastizales disminuyó el 2.6%; y las áreas de asentamientos humanos aumentaron el 0.4%. En cuanto al análisis de los factores que presentan algún grado de relación con el proceso de deforestación, concluyeron que la población indígena incidía en la transformación del terreno, que las zonas boscosas más próximas a las áreas agrícolas eran las que sufrían mayor pérdida en superficie y que las áreas con alta fragilidad ecológica eran vulnerables al proceso de deforestación.

Los más recientes estudios de Osorio *et al.* (2014), Camacho-Sanabria *et al.* (2015 y 2017) y Monjardín *et al.* (2017) muestran un análisis cartográfico-espectral de insumos satelitales y mapas digitales para calcular la pérdida de cobertura vegetal a distintas temporalidades y la consecuente transformación del uso del suelo mediante matrices de cambio. Cada uno de estos estudios demostró que la cubierta vegetal con mayor pérdida fue la de bosque tropical, provocada esencialmente por actividades antrópicas como la ganadería, la agricultura de temporal y la agricultura protegida. En cuanto a los factores causales de cambio, los análisis de Osorio *et al.* (2014) y Monjardín *et al.* (2017), variaron según el tipo de modelo empleado para reconocer la dinámica entre los procesos de deforestación-transformación, las variables ecológico-ambiental y las actividades socioeconómicas de las regiones implicadas. Osorio y colaboradores (2014) identificaron las variables ambientales y socioeconómicas asociadas a la deforestación, interpolando los valores con el método de distancia inversa (IDW) de cada factor, así determinaron, mediante probabilidad condicional, los pesos de evidencia de cada variable, representando la influencia que favorece (>0) o inhibe (<0) la transición y modificación de las coberturas. Método distinto al usado por Monjardín *et al.* (2017), que evaluaron las causas directas y subyacentes del proceso de deforestación mediante una consulta a expertos en el tema, a través de una serie de cuestionarios adaptados a la región estudiada. Finalizados los cuestionarios, se contabilizaron las frecuencias de ambos factores —directos y subyacentes— en función de la temporalidad evaluada cartográficamente, lo que permitió reconocer, de manera porcentual, la influencia de cada uno dentro de los procesos de cambio.

2.3 Sistemas de Información Geográfica (SIG)

2.3.1 Origen de los SIG

A lo largo de la historia, la humanidad ha sentido la necesidad de conocer y representar la superficie terrestre y sus elementos. En la época de griegos y romanos, la cartografía alcanzó elevadas cimas de perfección por medio de figuras tan relevantes como Eratóstenes de Cirene, Ptolomeo, Marino de Tiro, Hiparco y Estrabón, pero desde la caída del Imperio Romano hasta bien entrada la Edad Media, el colapso en el conocimiento empírico de la geografía fue total (Alonso, 2006; Martín-Meras, 2010). A inicios del siglo XIII, son de considerar dos acontecimientos: la aparición de una serie de mapas del mundo, también llamados mapamundis medievales u *Orbis terrarum*; y en la cuenca del mediterráneo, se diseñan los primeros mapas de navegación marítima conocidos como cartas portulanas —presentaron las primeras escalas gráficas que daba una idea de la magnitud de las distancias, así como una rosa de los vientos que indicaba la orientación en el mapa— (Quintero, 2009; Martín-Meras, 2010). Durante el Renacimiento, período que inicia en Italia en el siglo XIV y que se difunde en toda Europa durante los siglos XV y XVI, la cartografía se beneficia por la introducción de la imprenta y por el desarrollo de la tipografía por Johannes Gutenberg (Joly, 1998; en Quintero, 2009). A finales del siglo XV, pensadores como Leonardo da Vinci, aplicaban métodos para determinar el radio de la Tierra. Durante esta época, Carlos V encargó los primeros mapas de los Países Bajos al cartógrafo y topógrafo flamenco Jacob van Deventer, quien utilizó por primera vez el novedoso método de la triangulación junto a su discípulo Gemma Frisius (Quintero, 2009).

El descubrimiento de un nuevo continente trajo consigo nuevos retos para la cartografía, los renacentistas se enfrentaron al problema de representar objetos en tercera dimensión, esto llevó a modificar y perfeccionar sus técnicas. Resultado de estos avances, en 1570 el geógrafo holandés Abraham Ortelius crea el primer atlas moderno llamado *Theatrum orbis terrarum*, y en 1585, Gerardo Mercator desarrolla una proyección donde las líneas de longitud son paralelas a la carta. En 1595, Mercator publica su conocido atlas, iniciándose la escuela holandesa, que se desarrollaría durante el siglo XVII, siglo en que el holandés Willebrordus Snellius le dio un gran impulso a la cartografía con la triangulación para el levantamiento de grandes extensiones en 1617. En ese mismo año, la geodesia es redefinida como la ciencia y la tecnología de la medición y de la determinación de la figura terrestre (Quintero, 2009). Fue en el siglo XVIII, a través del movimiento intelectual, nacido en Francia, de la Ilustración que la geodesia progresó racionalmente y se perfeccionó técnicamente (Capel y Arteaga, 1984). Prueba de ello fueron las expediciones que la

Real Academia de Ciencias en París organizó, entre 1736 y 1743, a Quito (entonces virreinato del Perú) para medir un arco de meridiano y conseguir el valor cartografiable de un grado terrestre y otro a Laponia (Escandinavia) con el mismo fin con objeto de comparar los datos de longitud y latitud eliminando las distorsiones. Así se determinó que la Tierra tiene la forma de un elipsoide de revolución, achatada en los polos, debido a que las longitudes de los arcos de un grado de meridiano decrecen desde el Ecuador hacia los polos. Las prácticas de triangulación, astronomía esférica, gravimetría y medida del tiempo continuaron durante esa época; a inicios del siglo XIX fueron refinadas por Carl Friedrich Gauss (1808) con el método de mínimos cuadrados, capaz de configurar distintas redes geodésicas por medio de la longitud y la latitud con la finalidad de obtener el elipsoide con la mejor aproximación a la forma de la Tierra. Es también en ese siglo cuando la geodesia se convierte en el soporte de las representaciones cartográficas y, en 1873, se acuña la palabra geoide para designar la figura física de la Tierra. Los avances científicos y tecnológicos que la Revolución Industrial trajo consigo, permitieron de manera directa e indirecta a perfeccionar y tecnificar la cartografía (Quintero, 2009).

El siglo XX es conocido como la era de las comunicaciones: el teléfono, la radio, la invención de las computadoras, los satélites de comunicación, la fibra óptica, etc., inventos que dieron como resultado un avance técnico y científico sin precedentes. A mediados de la década de 1950, tras la II Guerra Mundial, la Guerra Fría y la carrera espacial, surgió la necesidad de conocer más a profundidad las características del espacio geográfico, de tal forma que los avances de las ciencias físico-matemáticas impactaron en la geografía. Es en esa época cuando surge la llamada 'geografía cuantitativa', la cual sustituirá el concepto de área por el de unidad espacial, utilizando métodos matemáticos y estadísticos para la generación de modelos generalizables en la construcción regional (Buzai, 2013). El acelerado crecimiento del conocimiento informático aplicado en la geografía logró, por primera vez en 1959, unir ambas disciplinas. Waldo Tobler diseñó el sistema *Map In-Map Out* (MIMO) que estableció los principios básicos para la creación de datos geográficos, codificación, análisis y representación dentro de un sistema informatizado. El primer SIG desarrollado formalmente se originó en Canadá a principios de 1960 por Roger Tomlinson, este fue llamado *Canadian Geographical Information System* (CGIS), utilizado para el manejo de datos del inventario geográfico canadiense y para el análisis de la gestión del territorio rural. El desarrollo de Tomlinson fue pionero, en consecuencia, nace la denominación *Geographical Information System* (GIS); desde entonces, Tomlinson es conocido como 'el padre del SIG' (Olaya, 2014). Simultáneos a los trabajos canadienses, en Estados Unidos (*Harvard Laboratory*), y en el Reino Unido (*Experimental*

Cartography Unit), se producían avances en el desarrollo de *softwares* para la producción, el manejo y el análisis de información geográfica. En 1964 en el *Harvard Laboratory*, se crea el *Synergistic Mapping (SYMAP)* sistema que permitirá la entrada de información en forma de puntos, líneas y polígonos, lo cual corresponde, a grandes rasgos, con el enfoque conocido como vectorial. Años después de este evento, en 1969, David Sinton, investigador del mismo centro, desarrolla el GRID (cuadrícula por su significado en inglés), un programa que almacenaba la información en forma de cuadrícula, dando inicios al segundo formato más utilizado en los SIG, el ráster (Olaya, 2014).

Durante 1980 surge una nueva perspectiva basada en la automatización digital de los procedimientos geográficos, designada ‘geografía automatizada’, concebida por los notables adelantos tecnológicos de la computación y aplicados a la geografía y a la cartografía para brindar una nueva visión del mundo al resto de las ciencias (Buzai, 1999). Iniciando el siglo XXI, la investigación y el desarrollo de los SIG continuó, las nuevas perspectivas científicas y el avance de tecnologías, herramientas y disciplinas han influido en su funcionamiento y evolución. Actualmente es posible identificar el rumbo y la evolución de los SIG considerando: 1.- la presencia social de los SIG y su relación con otras disciplinas científicas, influenciándolas e influenciándose por ellas; 2.- el continuo cambio al que el software SIG se adapta, a partir de nuevas generaciones de ordenadores y elementos informáticos; 3.- la evolución de las generaciones de datos y su almacenamiento, así como el desarrollo de nuevas soluciones para su gestión; y 4.- la modificación y el desarrollo de nuevos conceptos, enfoques, teorías y ramas de conocimiento que se apoyan de los SIG (Quintero, 2009; Olaya, 2014).

2.3.2 Definición y elementos de un SIG

El establecimiento y el progreso de los SIG resultó del trabajo conjunto de pensadores e investigadores en diversas épocas de la historia humana, su surgimiento nació del trabajo geográfico en aras del desarrollo de la cartografía. Actualmente, estos sistemas son utilizados por una gran diversidad de ciencias para la resolución de problemas socio-espaciales, por lo cual se les consideran como una herramienta interdisciplinaria. Dicha situación hace que se multipliquen las visiones al momento de brindar una definición (Buzai, 2013). Descifrar una definición universal para los SIG es compleja, debido a los componentes y a las funcionalidades que cada disciplina utiliza, lo que acentúa las particularidades en sus definiciones. A continuación, se presentan las principales explicaciones que provienen de diferentes posicionamientos:

- Sistema de hardware, software, datos, personas, organizaciones y convenios institucionales para la recopilación, almacenamiento, análisis y distribución de información de territorios de la Tierra (Deuker y Kjerne, 1989).
- Sistema para capturar, almacenar, revisar, manipular, analizar y desplegar datos que están espacialmente referidos a la Tierra (Longley *et al.*, 1989).
- Tecnología de información que almacena, analiza y despliega datos espaciales y no espaciales (Parker, 1988; en Longley *et al.*, 1999).
- Un caso espacial de sistemas de información donde la base de datos consiste en observaciones de rasgos distribuidos espacialmente, actividades o eventos que son definidos en el espacio como puntos, líneas o áreas (Deuker, 1979; en Longley *et al.*, 1999).
- Un conjunto de funciones automáticas que proporciona a los profesionales avanzadas habilidades para almacenar, recuperar, manipular y desplegar datos localizados geográficamente (Ozemory, *et al.*, 1981; en Longley *et al.*, 1999).
- Un poderoso juego de herramientas para coleccionar, almacenar y recuperar a voluntad, transformando y desplegando datos espaciales del mundo real (Burrough, 1988; en Longley *et al.*, 1999).
- Sistema soporte de decisiones que involucra la integración de datos espacialmente referenciados orientados a resolver problemas ambientales (Cowen, 1988; en Longley *et al.*, 1999).

La amplia funcionalidad de un SIG radica principalmente en la combinación de datos gráficos con bases de datos alfanuméricas, para así representarlos dentro de un sistema de coordenadas geográficas, a fin de obtener información significativa gracias al tratamiento espacial de los datos (Buzai, 2013). Una de las definiciones más completas y aceptadas de SIG, tanto por desarrolladores, investigadores y usuarios, es la propuesta por Teixeira y colaboradores (1995) la cual establece que un SIG es: “un conjunto de programas, equipamientos, metodologías, datos y personas (usuarios), perfectamente integrados, de manera que hace posible la recolección, almacenamiento, procesamiento y análisis de datos georreferenciados, así como la producción de información derivada de su aplicación” (p24).

Como se ha mencionado anteriormente, en su concepción actual, los SIG son considerados sistemas complejos, integrados por una serie de distintos elementos interrelacionados. Para entender esta

complejidad, un SIG se encuentra constituido por diversos subsistemas, cada uno encargado de una serie de funciones particulares. Habitualmente es posible reconocer tres subsistemas fundamentales (Olaya, 2014):

1. El de datos, encargado de las operaciones de entrada y salida de datos, así como de su gestión. Permite a los otros subsistemas el acceso a los datos y en base a ellos realizar distintos procesos.
2. El de visualización y creación cartográfica, el cual compone representaciones gráficas a partir de los datos, permitiendo interacciones entre las variables.
3. El de análisis, que contiene métodos y procesos para examinar datos.

De ellos se desprenden los siguientes componentes (Rodríguez y Olivella, SF; Olaya, 2014):

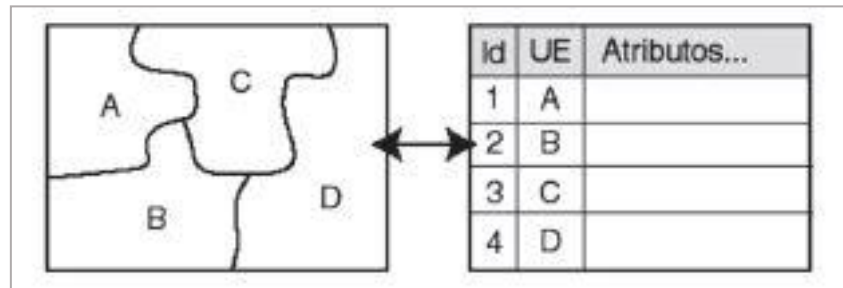
- Software: aplicación informática capaz de ejecutar análisis geoespaciales, a partir de la manipulación de información geográfica.
- Hardware: equipo necesario para ejecutar el software, así como los mecanismos de red y dispositivos periféricos de entrada y salida.
- Datos: captura, manejo y gestión de bases de datos con atributos particulares.
- Métodos: conjunto de algoritmos, formulaciones y metodologías para acceder, presentar, analizar y sintetizar los atributos espaciales de las bases de datos.
- Usuarios: personas encargadas de diseñar y utilizar el software.

2.3.3 Formatos de representación de datos

La creación de datos dentro de un SIG implica el establecimiento de un modelo geográfico con el cual se interpretará la realidad en una interfaz gráfica. Estos modelos ofrecen una concepción particular del espacio geográfico y sus atributos, proporcionando propiedades a los elementos representados y registrando las variables utilizadas para describirlos. Los modelos de datos o de representación más utilizados para expresar la información espacial de un fenómeno son dos (Olaya, 2014; Buzai, 2013):

1. De tipo vectorial: organiza los datos geográficos a partir de una serie de atributos dotados por el fenómeno o el usuario en una base de datos, y a partir de ella representa los objetos espaciales utilizando tres tipos de entidades geométricas: puntos, líneas y polígonos (Figura 1).

Figura 1. Representación vectorial y organización de la base de datos

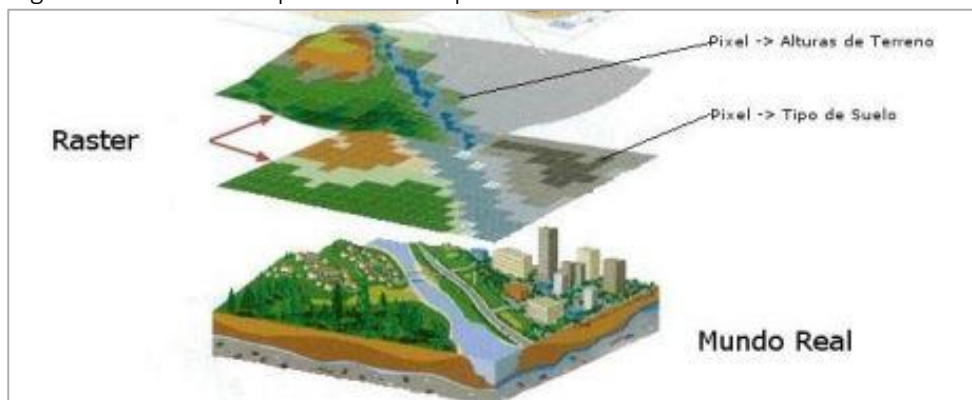


Fuente: Buzai (2013), p. 27

Estas geometrías pueden reducirse únicamente a puntos ya que están representadas por vértices o nodos que resultan del cruce de coordenadas (X,Y). De tal modo que las líneas son un conjunto de puntos interconectados en un determinado orden y los polígonos son líneas cerradas, también expresables como una serie de puntos. El formato vectorial utilizado en los SIG es el archivo *shapefile* desarrollado por el *Environmental Systems Research Institute* (ESRI).

2. De tipo ráster: divide el espacio geográfico mediante una matriz cuadrículada en donde cada celda (denominada técnicamente como píxel) contiene información de las características que predominan en ella: este modelo es la unidad mínima de representación espacial (Figura 2). La división del espacio en unidades mínimas se lleva a cabo de forma sistemática de acuerdo con algún patrón, de tal manera que existe una relación implícita entre las celdas, ya que estas son contiguas entre sí, cubren todo el espacio, y no se solapan. Por tanto, la posición de una celda depende del emplazamiento de las restantes, para así conformar en conjunto toda una malla regular que cumple con las anteriores características.

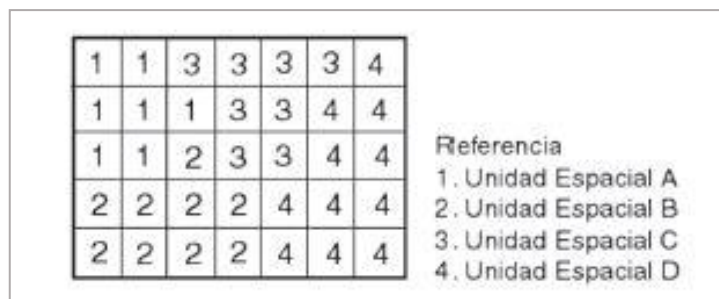
Figura 2. Modelo de representación tipo ráster



Fuente: UAM (2011), p. 3

Las celdas de una capa ráster deben contar con una localización geográfica exacta, y una distancia entre ellas en virtud de la escala que se esté trabajando, además de un conjunto de valores numéricos o alfanuméricos dependiendo del tipo de fenómeno representado (Figura 3).

Figura 3. Valores por píxel de una cuadrícula ráster



Fuente: Buzai (2013), p. 26

La orientación de las capas ráster es habitualmente norte-sur, de tal modo que si se pasa de la primera a la segunda fila se desciende en latitud, y si el plano se recorre de la primera a la segunda columna se aumenta en longitud. Otro de los parámetros fundamentales que caracteriza este tipo de modelo es el tamaño de la celda o del píxel, pues este determinará la resolución de la capa, por lo tanto, un tamaño de celda mayor implica una menor resolución, y viceversa. Los formatos ráster más utilizados y representativos dentro de los SIG son: ESRI Grid, GeoTIFF, JPEG 2000, MrSID, ECW, ASCII, IMG (ERDAS Imagine), GeoPackage y MBTiles.

2.3.4 Aplicación de los SIG

Un SIG es una herramienta que permite la integración de bases de datos espaciales y la implementación de diversas técnicas de análisis de datos. Consiguientemente, cualquier actividad relacionada con el espacio puede beneficiarse del trabajo con los SIG. Las aplicaciones más usuales y que destacan según la actividad en la que se realiza, se muestran en el cuadro 16.

Cuadro 16. Áreas de aplicación de los SIG como herramienta

Actividad	Aplicación
Científica	Desarrollo de modelos empíricos relacionados con variables continuas (temperatura, altitud, pendiente, etc.)
	Modelización de efectos meteorológicos
Medio ambiente	Localización, distribución y monitoreo de especies vulnerables o en peligro de extinción
	Análisis de cambios de coberturas vegetales y usos de suelo

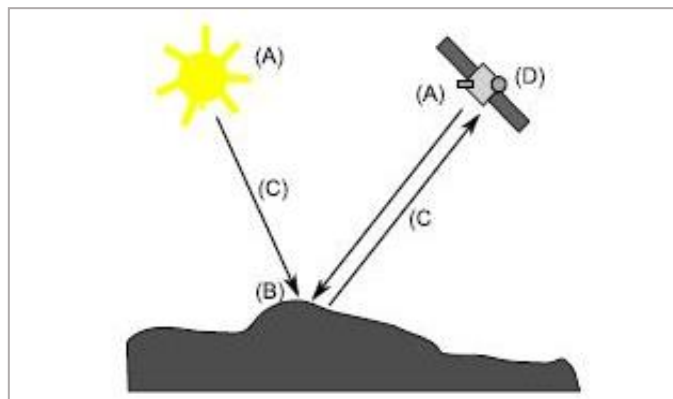
	Evaluación de riesgos por incendios forestales e inundaciones
	Manejo integral de cuencas
	Evaluación de impacto ambiental
Catastro y planificación	Análisis territorial de variables socioeconómicas y demográficas
	Ordenamiento territorial de actividades y asentamientos humanos
	Desarrollo y mantenimiento de infraestructura urbana
	Descripción de relaciones espacio-territoriales
Transporte	Generación de rutas para la apertura de nuevos caminos
	Evaluación mediante <i>buffer</i> para mitigar los impactos de una construcción carretera
Agricultura	Manejo y gestión de recursos naturales
	Ubicación y distribución de las distintas unidades económicas agrícolas, pecuarias, pesqueras y acuícolas
	Diseño de cultivos para maximizar los recursos hídricos basado en las curvas de nivel
	Monitoreo remoto de la productividad y rendimiento de un cultivo
Empresarial	Análisis socioeconómico basado en el requerimiento y acceso de servicios básicos
	Distribución y planificación comercial

Fuente: Elaboración propia a partir de datos recopilados de: Olaya, 2014; Alonso, 2006; Buzai, 2013

2.3.5 Percepción remota y análisis espacial

La percepción remota o teledetección espacial es un sistema integral de captura de información territorial a partir de la radiación electromagnética captada por un sensor, en su aspecto espacial, radiométrico, espectral y temporal (Arozarena y Fernández, 1989 en GIZ y CCAD, 2016). La figura 4 muestra los elementos que conforman el funcionamiento del sistema de teledetección (Olaya, 2014).

Figura 4. Elementos de un sistema de teledetección.

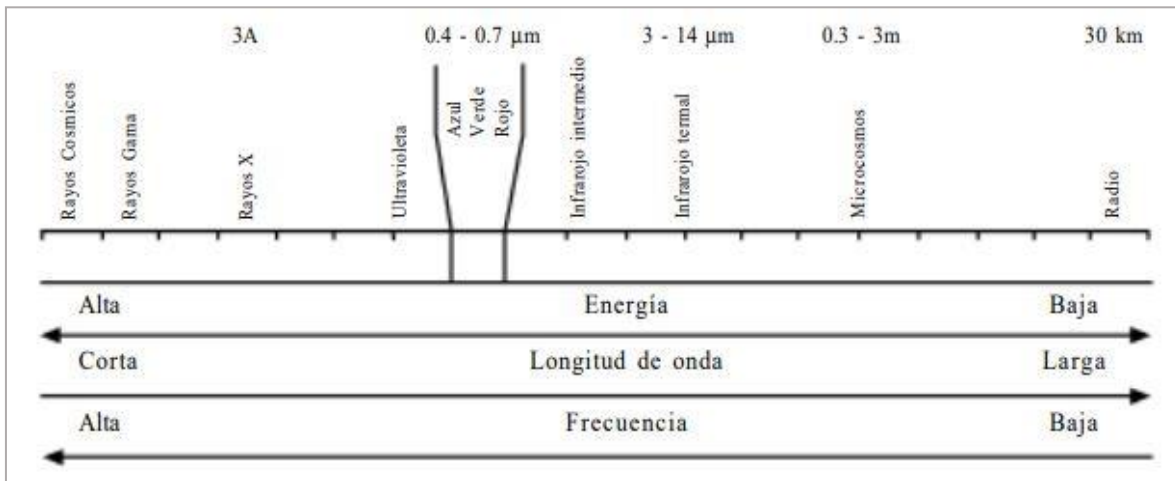


Fuente: Olaya (2014), p. 124

- A. Fuente de radiación: puede ser de origen natural o artificial. La radiación emitida por la fuente llega al terreno y sufre una perturbación, la cual es el objeto de estudio de la teledetección.
- B. Objetos de la superficie terrestre: cualquier entidad física que interactúe con las ondas electromagnéticas de la radiación promueve la absorción y la reflectancia de la energía recibida.
- C. Atmósfera: espacio por donde se desplazan las ondas electromagnéticas desde la fuente de radiación hasta el objeto y viceversa. La atmósfera, al interactuar con la radiación, introduce perturbaciones en el espectro electromagnético.
- D. Sistema sensor: infraestructura espacial compuesta por un sensor, que tiene por objetivo captar la energía procedente de la superficie terrestre, codificarla y enviarla a un sistema receptor. El producto final es una imagen multispectral cuyas celdas o píxeles contendrán un valor que indica la intensidad de la radiación.

De los elementos descritos, el que cobra especial relevancia para la interacción física entre objeto y sensor es la fuente de radiación. La principal fuente de energía del planeta proviene del Sol, esta energía —de la cual la luz visible forma parte— es la radiación electromagnética. La energía radiada se comporta básicamente acorde con la teoría ondulatoria de la luz: es un continuo de ondas, las cuales se caracterizan por su tamaño —longitud de onda, medida en micrómetros— y frecuencia — número de ondas por unidad de tiempo, medida en Hertz—. Ambas propiedades están relacionadas, la longitud de onda es la distancia entre cresta y cresta de la onda y la frecuencia es el número de ciclos, mientras más pequeña es la longitud de onda más alta es la frecuencia. El espectro electromagnético abarca longitudes de onda que van desde las muy cortas, del orden de 3 \AA ($1 \text{ \AA} = 10^{-7} \text{ mm}$) y los rayos X, hasta las más grandes, de los 30 km ($1 \text{ km} = 10^3 \text{ m}$) y las ondas de radio (Figura 5). Las longitudes de onda de importancia para la percepción remota son las ubicadas en el intervalo de la luz visible ($0.39 \text{ }\mu\text{m}$ – $0.78 \text{ }\mu\text{m}$, $1 \text{ }\mu\text{m} = 10^{-3} \text{ }\mu\text{m}$), el infrarrojo cercano (0.7 - $0.9 \text{ }\mu\text{m}$), el infrarrojo térmico (3 - $14 \text{ }\mu\text{m}$) y la radiación en microondas (arriba de $15 \text{ }\mu\text{m}$; González-Iturbe, 2004).

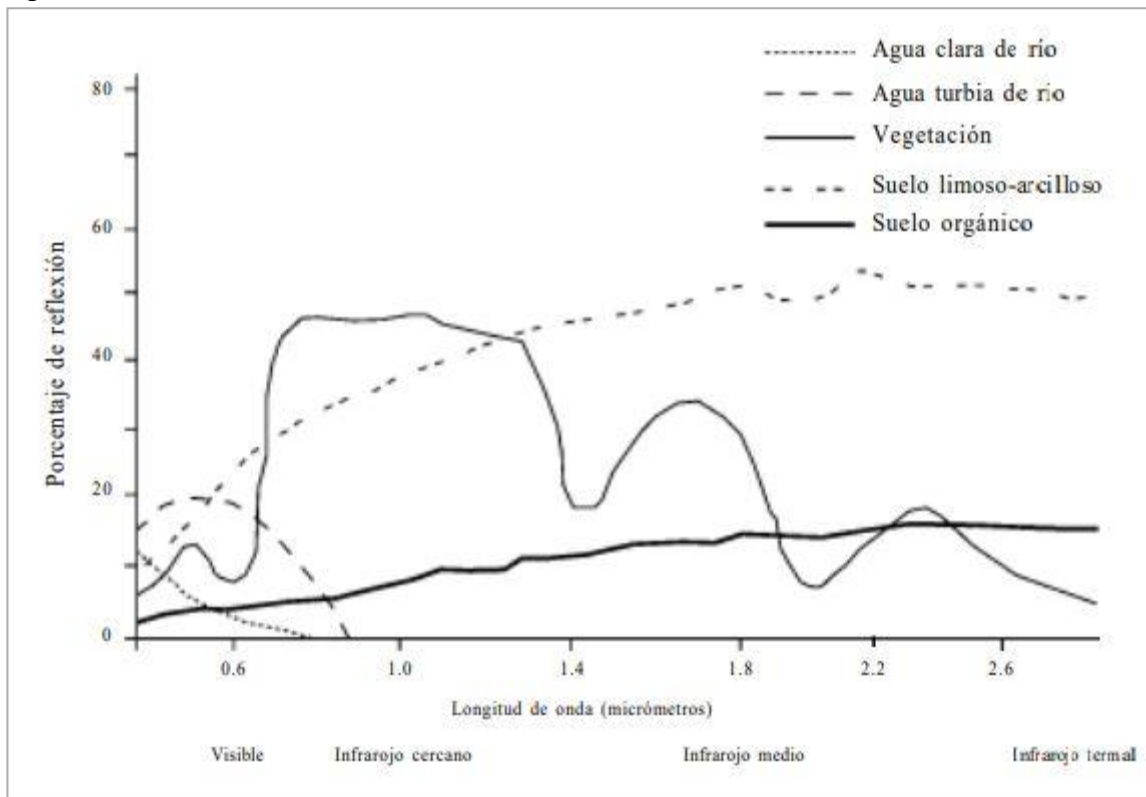
Figura 5. Regiones del espectro electromagnético



Fuente: González-Iturbe (2004), p.457

La radiación electromagnética que llega a un objeto puede ser reflejada, absorbida o transmitida. Si la proporción del flujo radiante que es reflejado, absorbido o transmitido es muy diferente para los distintos rasgos de la superficie terrestre, entonces es posible identificar objetos según sus propiedades espectrales. La cantidad de energía que refleja, transmite o absorbe cada objeto es diferente para cada longitud de onda (Figura 6); la reflectancia es el principal fenómeno de la radiación y en ella se basa la percepción remota. La capacidad para que un sensor remoto detecte las diferencias espectrales de un objeto con respecto a otro, depende de cuatro factores, a saber: 1.- la resolución radiométrica del sensor; 2.- la cantidad de dispersión atmosférica; 3.- la irregularidad de la superficie del objeto; y 4.- la variabilidad espectral de los objetos (González-Iturbe, 2004).

Figura 6. Patrones característicos de reflectancia de distintas clases de cobertura de suelo



Fuente: González-Iturbe (2004), p. 459

De estos parámetros, las resoluciones son esenciales en la definición de las propiedades del producto final, pues establecen el nivel de detalle y las magnitudes visuales de la imagen captada. Las resoluciones dependen del sensor y de la plataforma —medio que transporta al sensor—, como binomio operativo es posible distinguir cuatro resoluciones (Olaya, 2014):

1. La resolución espacial: indica la dimensión del objeto más pequeño que puede distinguirse en la imagen, esta dependerá de la altura, la velocidad de exploración y el número de detectores del sensor.
2. La resolución espectral: todo sensor cubre una región particular del espectro y la almacena mediante un número determinado de bandas. La resolución será elevada si el número de bandas es alto, dado que cada banda cubrirá un rango de frecuencias de menor amplitud, de este modo, pueden clasificarse las imágenes y los sensores que las generan. Las imágenes en color contienen tres bandas correspondientes a la frecuencia —rojo, verde y azul—, en algunos sensores existen también bandas adicionales como la del infrarrojo. Se puede generar un número de bandas no superior a diez.

3. La resolución radiométrica: para cada una de las bandas que produce un sensor, el dato recogido constituye su nivel digital, el cual indica la intensidad de radiancia o reflectividad correspondiente a la región del espectro.
4. La resolución temporal: indica el tiempo y la periodicidad que tarda el sensor en volver a tomar una imagen de una misma zona geográfica, determina la capacidad del sensor para detectar cambios en la superficie.

Los avances tecnológicos en los SIG y la percepción remota han permitido el desarrollo de herramientas de gran valía para el inventario y la gestión de los recursos naturales. La investigación se apoya en la descripción y el análisis cuantitativo de carácter territorial con énfasis en la distribución, la organización y la estructura de variables geofísicas, biológicas, socioeconómicas y culturales. Así se establecen las relaciones espaciales en un mismo espacio geográfico de los atributos que interactúan dentro del fenómeno descrito, con el objetivo de plantear una modelización geoespacial integral de las variables estudiadas.

El uso particular de la percepción remota a través de imágenes satelitales facilita el análisis espacial a partir de la elaboración de mapas temáticos que denotan el estado de los recursos vegetales. Con el tratamiento informático de los insumos satelitales se pueden discriminar los tipos de vegetación, su estado y el nivel de protección del suelo. Mediante el análisis multitemporal de imágenes satelitales es posible hacer un seguimiento de la evolución de las diferentes comunidades vegetales, así como las modificaciones en la cobertura realizadas por las actividades que aprovechen estos recursos (Aulló, 2014).

2.4 Análisis del CUSV del APFFC

2.4.1 Clasificación de los usos de suelo y vegetación en el período 1994-2020

Los avances en el desarrollo y la ejecución de los SIG para reconstruir de manera remota y con cierta precisión las modificaciones a los usos de suelo, han permitido evaluar el incremento o decremento de las coberturas vegetales, y con ello, localizar los sitios que han estado sujetos a fuertes dinámicas de transformación o que han permanecido con su cubierta original (Bocco y Garibay, 2011). Para tal efecto —en la elaboración del presente capítulo— se ha tomado en cuenta parte del proceso metodológico elaborado por Bocco y Garibay (2011), el cual consistió en dos fases:

Fase 1. Estandarización cartográfica. Aquí se estandarizaron las leyendas cartográficas de los mapas de usos de suelo y vegetación del INEGI más próximas a las temporalidades evaluadas (1994 y 2020). Es un proceso determinante para evaluar la compatibilidad de clases de los usos de suelo y coberturas vegetales del APFFC (Cuadro 17).

Cuadro 17. Estandarización de leyendas de los mapas de uso de suelo y vegetación serie II y VI del INEGI, correspondientes al APFFC y su zona de influencia

Clasificación	Leyendas cartográficas	
	Uso de suelo y vegetación INEGI Serie II (1993)	Uso de suelo y vegetación INEGI Serie VI (2014)
Agricultura	Riego	Agricultura de riego anual
	Riego suspendido	Agricultura de riego semipermanente
	Temporal	Agricultura de temporal anual
Cuerpo de agua	Cuerpo de agua	Agua
Bosque de mezquite	Mezquital	Bosque de mezquite
		Vegetación secundaria arbustiva de bosque de mezquite
		Mezquital xerófilo
Bosque de coníferas	Bosque de pino-encino	Bosque de pino-encino
		Vegetación secundaria arbustiva de bosque de pino-encino
	Bosque de oyamel	Bosque de oyamel
Matorral desértico	Matorral desértico micrófilo	Matorral desértico micrófilo
		Vegetación secundaria arbustiva de matorral desértico micrófilo
	Matorral desértico rosetófilo	Matorral desértico rosetófilo
Matorral xerófilo	Matorral submontano	Matorral submontano
	Chaparral	Chaparral
Vegetación gipsófila	Vegetación de desiertos arenosos	Vegetación de desiertos arenosos
	Vegetación gipsófila	Vegetación gipsófila
Vegetación halófila	Vegetación halófila	Vegetación halófila xerófila
		Vegetación secundaria arbustiva de vegetación halófila xerófila
Pastizal halófilo	Pastizal halófilo	Pastizal halófilo
		Pastizal natural
Pastizal inducido	Pastizal inducido	Pastizal inducido
Sin vegetación aparente	No aplicable	Sin vegetación aparente
Asentamiento urbano	Zona urbana	Urbano construido

Fuente: Elaboración propia a partir de datos vectoriales de los mapas de uso de suelo y vegetación serie II y VI del INEGI.

La clasificación quedó conformada por doce categorías, definida y homologada de esta manera por el tipo de ecosistema vegetal y principal uso del suelo.

Fase 2. Modelo del proceso de cambio. Para la elaboración del modelo de proceso de cambio se obtuvieron cuatro imágenes de la constelación de satélites Landsat del portal del Servicio Geológico de Estados Unidos (USGS por sus siglas en inglés); dos del sensor *Thematic Mapper* (TM; Landsat 5) de marzo de 1994, y dos del sensor *Operational Land Imager/Thermal infrared sensor* (OLI/TIRS; Landsat 8) de marzo de 2020. Cada uno de estos sensores posee características diferentes en cuanto a su constitución espectral, cualidades indispensables para la realización de esta etapa (Cuadro 18).

Cuadro 18. Características espaciales y espectrales de los satélites Landsat 5 y 8

Satélite	Modo espectral	Resolución					
		Espacial (m)	Espectral (µm)		Radiométrica	Temporal	
			Bandas	Micras			
Landsat 5	Multiespectral	30	B1 azul	0.45 - 0.52	8 bits	16 días	
			B2 verde	0.52 - 0.60			
			B3 rojo	0.60 - 0.69			
			B4 infrarrojo cercano 1	0.76 - 0.90			
			B5 infrarrojo cercano 2	1.55 - 1.75			
	B7 infrarrojo medio	2.08 - 2.35					
	Termal	120	B6 infrarrojo térmico	10.4 - 12.5			
Landsat 8	Multiespectral	30	B1 aerosol costero	0.43 - 0.45	16 bits	16 días	
			B2 azul	0.45 - 0.51			
			B3 verde	0.53 - 0.59			
			B4 rojo	0.64 - 0.67			
			B5 infrarrojo cercano	0.85 - 0.88			
			B6 SWIR 1	1.57 - 1.65			
			B7 SWIR 2	2.11 - 2.29			
	B9 cirrus	1.36 - 1.38					
		Panromático	15	B8 panromático	0.50 - 0.68		
		Termal	100	B10 infrarrojo térmico 1	10.60 - 11.19		
B11 infrarrojo térmico 2	11.50 - 12.51						

Fuente: Elaboración propia a partir de datos recopilados de: INEGI (SF); IGAC (2012).

Para cada temporalidad se realizó un mosaico con las imágenes obtenidas, dado que el APFFC y su zona de influencia se encuentran distribuidas en ambos insumos. Posteriormente se realizó el proceso de clasificación supervisada por temporalidad (1994 y 2020) en el *software* Qgis, el cual consiste en asignar a cada pixel de la imagen original una etiqueta correspondiente a las clases identificadas con anterioridad, partiendo de las firmas espectrales de cada clase (Eastman, 2012). Para la correcta asignación de pixeles dentro del espectro electromagnético, se realizó un

tratamiento digital que consistió en una conversión automática a reflectancia superficial², además de una corrección atmosférica que eliminó el efecto aerosol y la radiancia intrínseca provocados por la interacción del sensor con la atmósfera. Procesado y listo el mosaico por temporalidad (1994 y 2020), se configuraron los juegos y las combinaciones de bandas por tipo de sensor, con el fin de definir los sitios de entrenamiento (sitios clasificatorios) e interpretar en función de su espectro de emisión (textura, color y tono del píxel) las áreas reconocibles de coberturas vegetales y de usos del suelo del APFFC (Cuadro 19).

Cuadro 19. Combinación espectral de bandas por sensor y su aplicación en la definición de los sitios de entrenamiento

Combinación de bandas		Aplicación
Landsat 5	Landsat 8	
4, 3, 2	5, 4, 3	Sensibilidad a la vegetación y cuerpos de agua
5, 4, 1	6, 5, 2	Detección de zonas con uso agrícola
4, 5, 3	7, 6, 4	Detección de áreas urbanas
7, 4, 2	5, 6, 2	Análisis de cubiertas vegetales
5, 4, 3	5, 6, 4	Diferenciación de usos de suelo y masas de agua

Fuente: Elaboración propia a partir de datos recopilados de: Fernández-Copel (2001); Franco (2017).

A partir de los cambios en la frecuencia de las bandas, se seleccionaron 60 sitios de entrenamiento por clase, información utilizada como referencia para el reconocimiento de píxeles pertenecientes a la misma cobertura en base a sus firmas espectrales. Esta asignación se realizó mediante un algoritmo estadístico de clasificación, el empleado en este trabajo fue el de máxima verosimilitud: *Maximum likelihood*. Este método, relacionado con el teorema de Bayes, calcula las distribuciones de probabilidad para las clases, estimando si un píxel pertenece a una cobertura específica a partir de una evidencia previa. La fórmula de asignación (Figura 7) toma en cuenta las varianzas y las covarianzas de las firmas espectrales de las clases, asumiendo que la distribución de una muestra de clase es normal, otra clase puede estar caracterizada por el vector del valor medio y la matriz de covarianza. Empleadas ambas características para cada valor de píxel, se calcula la probabilidad estadística para cada clase, a fin de determinar la pertenencia de píxeles por cobertura (ArcGIS, 2020, Eastman, 2012).

² Cantidad de energía reflejada con respecto a la energía total incidente en un cuerpo de la superficie terrestre, la longitud de onda emitida es captada por el sensor de un satélite determinando el color del objeto en función de su firma espectral (Recuperado de: https://semiautomaticclassificationmanual-v5.readthedocs.io/es/latest/remote_sensing.html#training-areas)

Figura 7. Fórmula de asignación de píxeles relacionada al teorema de Bayes

$$g_k(x) = \ln p(C_k) - \frac{1}{2} \ln |\Sigma_k| - \frac{1}{2} (x - y_k)^t \Sigma_k^{-1} (x - y_k)$$

donde:

- C_k = clase de cobertura k ;
- x = vector de firma espectral de un píxel de la imagen;
- $p(C_k)$ = probabilidad de que la clase correcta sea C_k ;
- $|\Sigma_k|$ = determinante de la matriz de covarianzas de los datos en la clase C_k ;
- Σ_k^{-1} = inversa de la matriz de covarianzas;
- y_k = vector de firma espectral de la clase k .

Por consiguiente:

$$x \in C_k \iff g_k(x) > g_j(x) \forall k \neq j$$

Fuente: Recuperado de: https://semiautomaticclassificationmanual-v5.readthedocs.io/es/latest/remote_sensing.html#training-areas

Ambas temporalidades —1994 y 2020— fueron procesadas con el mismo algoritmo clasificador, para estimar la exactitud de ambas clasificaciones del CUSV del APFFC se realizó un ejercicio computarizado de comparación para definir el grado de concordancia entre las clases asignadas, el cual se puede apreciar en el siguiente subcapítulo.

2.4.2 Validación de la superficie clasificada

Los insumos cartográficos generados a partir de la clasificación deben ser evaluados para conocer el grado de confiabilidad temática, uno de los métodos más utilizados es la matriz de confusión. La evaluación de la confiabilidad temática consiste en:

Comparar la información del mapa con información de referencia considerada muy confiable. Generalmente, se basa en un muestreo de sitios de verificación cuya clasificación se obtiene a partir de observaciones de campo o del análisis de imágenes más detalladas —con mejor resolución— que aquellas utilizadas para generar el mapa (Mas *et al.*, 2003, p. 54).

La confrontación entre las clases cartografiadas y las clases determinadas en los insumos satelitales para los sitios de verificación se basa en el supuesto de que la información de referencia es altamente confiable y representa "la verdad"; por lo que esta confrontación permite evaluar la confiabilidad del mapa y conocer las confusiones que presenta (Congalton y Green, 1993). El proceso de validación para la temporalidad 1994 y 2020, consistió en la elaboración de una matriz

de confusión, para este proceso se seleccionaron 150 sitios aleatorios de las coberturas de la Serie II de Uso de suelo y vegetación INEGI (1993) y los mismos para la Serie VI de Uso de suelo y vegetación INEGI (2014), en virtud a los insumos cartográficos disponibles más cercanos a los periodos evaluados. La diagonal de esta matriz muestra la cantidad de puntos de verificación donde concuerdan las dos fuentes (clasificación y mapa de referencia), mientras que las marginales suponen errores en la asignación de píxeles. Las columnas pertenecen a las clases estandarizadas de la referencia cartográfica (expresado en el anterior Cuadro 17), y las filas a las categorías obtenidas por el proceso de clasificación. La fiabilidad global de la imagen clasificada de 1994 fue del 81.96%, mientras que las de 2020 fue del 76.32%, las cuales son consideradas aceptables de acuerdo con lo reportado por diversos estudios que emplean criterios similares de clasificación (Britos y Barchuk, 2008; Villegas *et al.*, 2011; Chico, 2018).

Según la interpretación de la matriz de confusión, los elementos que se sitúan fuera de la diagonal corresponden a celdas de la clasificación que se asignaron de forma errónea. Para este ejercicio es posible distinguir el error de comisión representado por la proporción de sitios de verificación cartografiada en una cierta clase, pero que en realidad pertenecen a otra categoría (Aronoff, 1982; Chuvieco, 1996). El error más alto de comisión del periodo correspondiente a 1994, los presentó el pastizal halófilo con un valor del 31.25%, que ganó cobertura del pastizal inducido y vegetación halófila, cubiertas caracterizadas por presentar durante el proceso clasificatorio texturas de píxel similares. Le siguió el bosque de mezquite, con el 27.27%, porción ganada a matorral desértico y matorral xerófilo, coberturas que durante la combinación de banda 4,3,2 del sensor Landsat 5 presentaron longitudes de onda similares, sensibles a la firma espectral de mezquite. Para la clasificación de 2020, la vegetación gipsófila presentó el error de comisión más alto con el 27.27%, cubierta que fue confundida durante el procesamiento con vegetación halófila y áreas sin vegetación aparente, debido a que este tipo de vegetación está asociada a suelos de tipo arenosos o de yeso, característica que dota al píxel con una firma espectral similar al suelo desnudo. A este valor le siguió el bosque de mezquite, con el 20%, asignando en su clase datos de matorral desértico y matorral xerófilo. Los errores de comisión, además de permitir reconocer la asignación de píxeles de una categoría en clase distinta, demuestra la probabilidad de que su representación en el mapa pueda abarcar mayor extensión a la que se encuentra en la realidad. En ambas matrices la cobertura con mayor porcentaje de fiabilidad fue la de agricultura y la de asentamientos urbanos.

Cuadro 20. Matriz de confusión clasificación CUSV 1994 en el APFF Cuatrociénegas

Tipo	Agricultura	Cuerpo de agua	Vegetación gipsófila	Sin vegetación aparente	Pastizal halófilo	Pastizal inducido	Vegetación Halófila	Bosque de mezquite	Bosque de coníferas	Matorral desértico	Matorral Xerófilo	Asentamiento urbano	Total	
Agricultura	16					1							17	
Cuerpo de Agua		8											8	
Vegetación gipsófila			12	1									13	
Sin vegetación aparente			2	7			1						10	
Pastizal halófilo					11	2	3						16	
Pastizal inducido	2		2		1	10							15	
Vegetación Halófila	1				2		13						16	
Bosque de Mezquite								8		2	1		11	
Bosque de coníferas								1	7	1			9	
Matorral desértico								1		13	2		16	
Matorral Xerófilo								2	1	1	11		15	
Asentamiento urbano												4	4	
Fiabilidad %	94.11	100	92.3	70	68.75	66.66	86.66	72.72	77.77	81.25	73.33	100	81.96	150
Error de Comisión %	5.88	0	7.69	10	31.25	0	0	27.27	11.11	12.5	0	0	8.8	
Fiabilidad global %	81.96													

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 21. Matriz de confusión clasificación CUSV 2020 en el APFF Cuatrociénegas

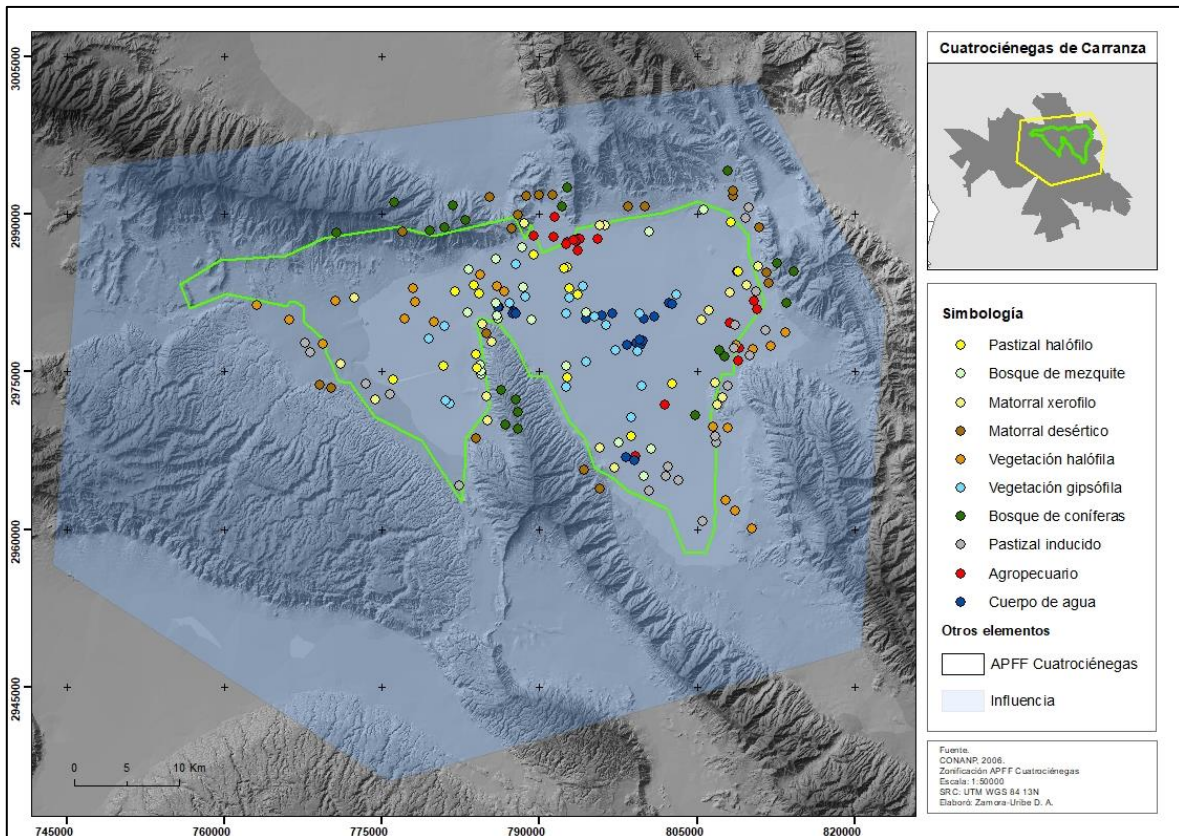
Tipo	Agricultura	Cuerpo de agua	Vegetación gipsófila	Sin vegetación aparente	Pastizal halófilo	Pastizal inducido	Vegetación Halófila	Bosque de mezquite	Bosque de coníferas	Matorral desértico	Matorral Xerófilo	Asentamiento urbano	Total	
Agricultura	17				1	1	1						20	
Cuerpo de Agua		3											3	
Vegetación Gipsófila			8	2			1						11	
Sin vegetación Aparente			2	7			1						10	
Pastizal Halófilo	2				10	1	2						15	
Pastizal Inducido	3		1	1	1	12	1						19	
Vegetación Halófila	2			1	2	1	13						19	
Bosque de Mezquite								8		1	1		10	
Bosque de coníferas								1	7		1		9	
Matorral desértico								2	1	13	2		18	
Matorral Xerófilo								2	1	2	8		13	
Asentamiento urbano												3	3	
Fiabilidad %	85	100	72.72	70	66.66	63.15	68.42	80	77.77	72.22	61.53	100	76.45	150
Error de Comisión %	15	0	27.27	10	20	5.26	0	20	11.11	11.1	0	0	9.97	
Fiabilidad global %	76.45													

Fuente: Elaboración propia.

2.4.3 Verificación aleatoria de puntos de cobertura vegetal y usos de suelo en campo

A partir de la clasificación y la validación de usos de suelo y vegetación generadas para 1994 y 2020, se llevó a cabo una verificación de la capa correspondiente al último año del período, con el fin de comprobar la presencia de las coberturas clasificadas, así como procesar de nueva cuenta la clasificación correspondiente a ese año. Esta consistió en seleccionar aleatoriamente veinte puntos de 10 de las 12 coberturas clasificadas para el APFFC y su zona de influencia, puntos que fueron generados al obtener el centroide de las entidades correspondientes a cada una de las clases (Mapa 10). Por lo que se generó una capa con 200 puntos de interés para su validación en campo, archivo que fue exportado en formato KML para su visualización en dispositivos móviles.

Mapa 10. Puntos de verificación de cobertura vegetal y usos de suelo para el APFF Cuatrociénegas y su zona de influencia

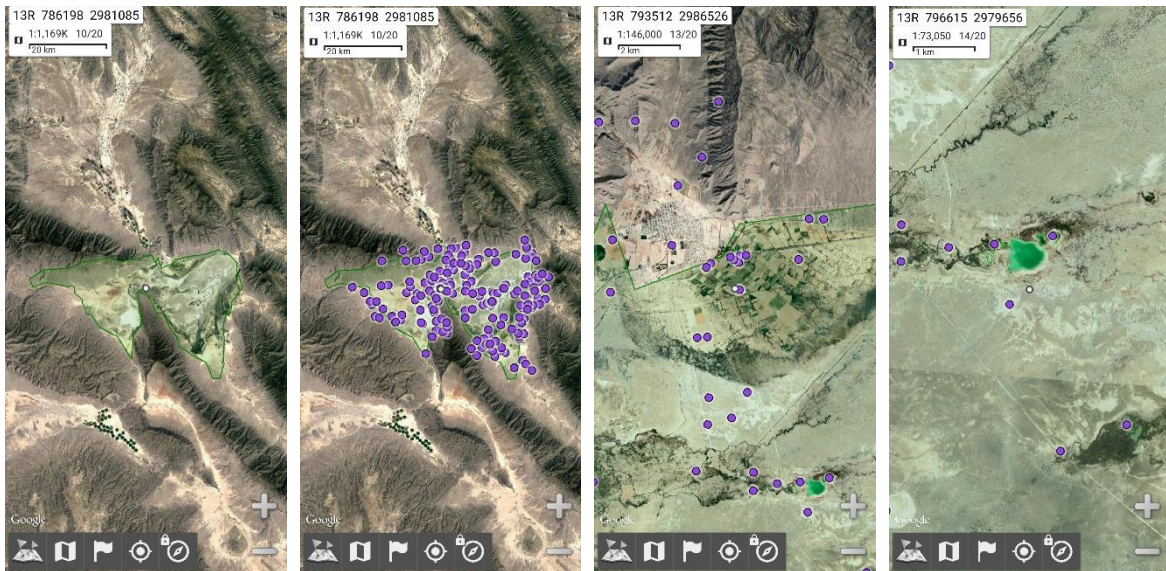


Fuente: Elaboración propia a partir de datos vectoriales de CONANP, 2006,

Durante el trabajo de campo realizado del 9 al 14 de mayo del 2021 en el APFFC, se verificó la capa generada en gabinete, y se obtuvo un total de 65 puntos coincidentes con la clasificación del 2020, mismos que fueron generados en virtud de la localización y el acceso a las zonas visitadas. La capa

de verificación en formato KML, se visualizó en un dispositivo móvil tipo Android, tras exportar el archivo KML a la aplicación celular *OfflineMaps* (Figura 8).

Figura 8. Interfaz de la aplicación móvil *OfflineMaps* con las capas KML de verificación y del APFC



Fuente: Capturas de pantalla del dispositivo móvil tipo Android, utilizado en campo, 9-14/05/2021.

OfflineMaps, también se utilizó para georreferenciar los puntos validados de los distintos tipos de cobertura vegetal y los usos de suelo observados durante los recorridos en campo (Figura 9).

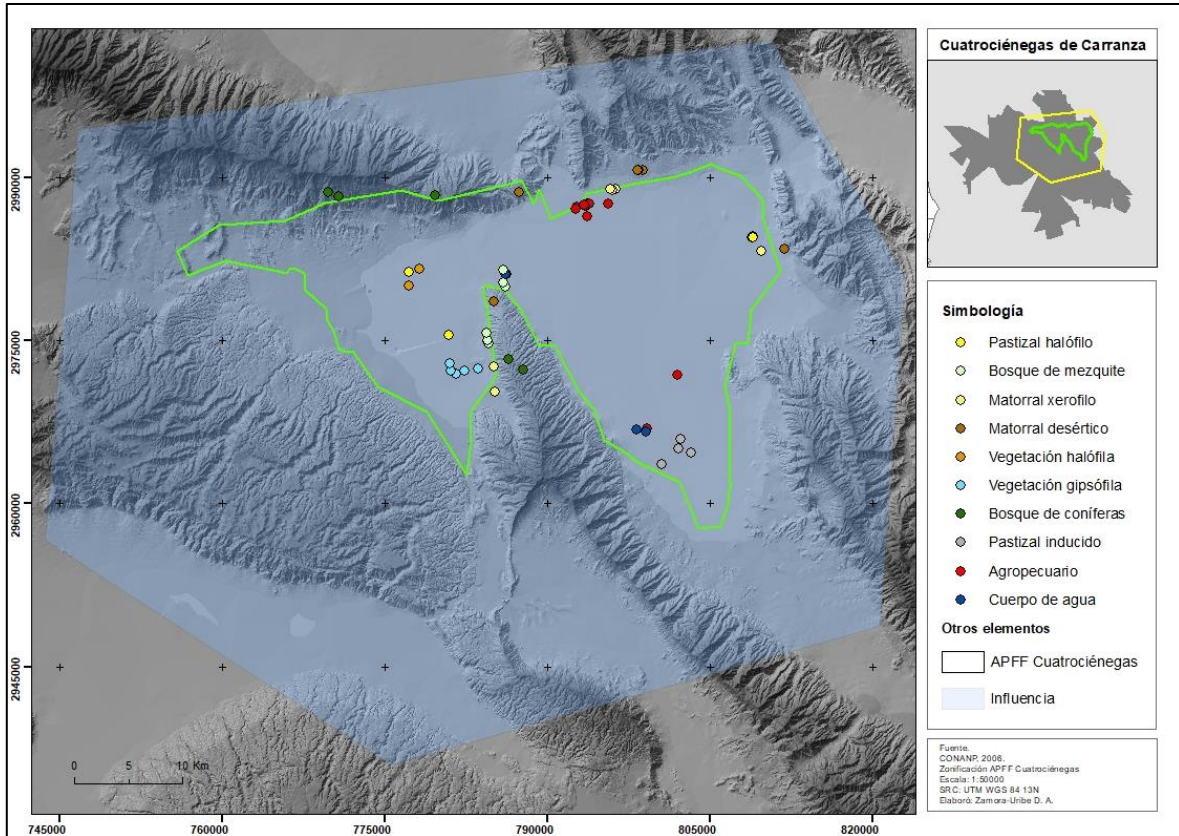
Figura 9. Georreferenciación de los puntos de cobertura en la aplicación *OfflineMaps*



Fuente: Capturas de pantalla del dispositivo móvil tipo Android, utilizado en campo.

Los 65 puntos generados en el dispositivo móvil se exportaron en formato KML, el cual fue convertido a formato *shapefile* y proyectado a un sistema de coordenadas UTM para su visualización y tratamiento en el SIG (Mapa 11).

Mapa 11. Puntos validados de cobertura vegetal y usos de suelo para el APFFC y su zona de influencia



Fuente: Elaboración propia a partir de datos vectoriales de CONANP, 2006.

2.4.4 Descripción, dinámica y tasa de cambio del APFFC del período 1994-2020

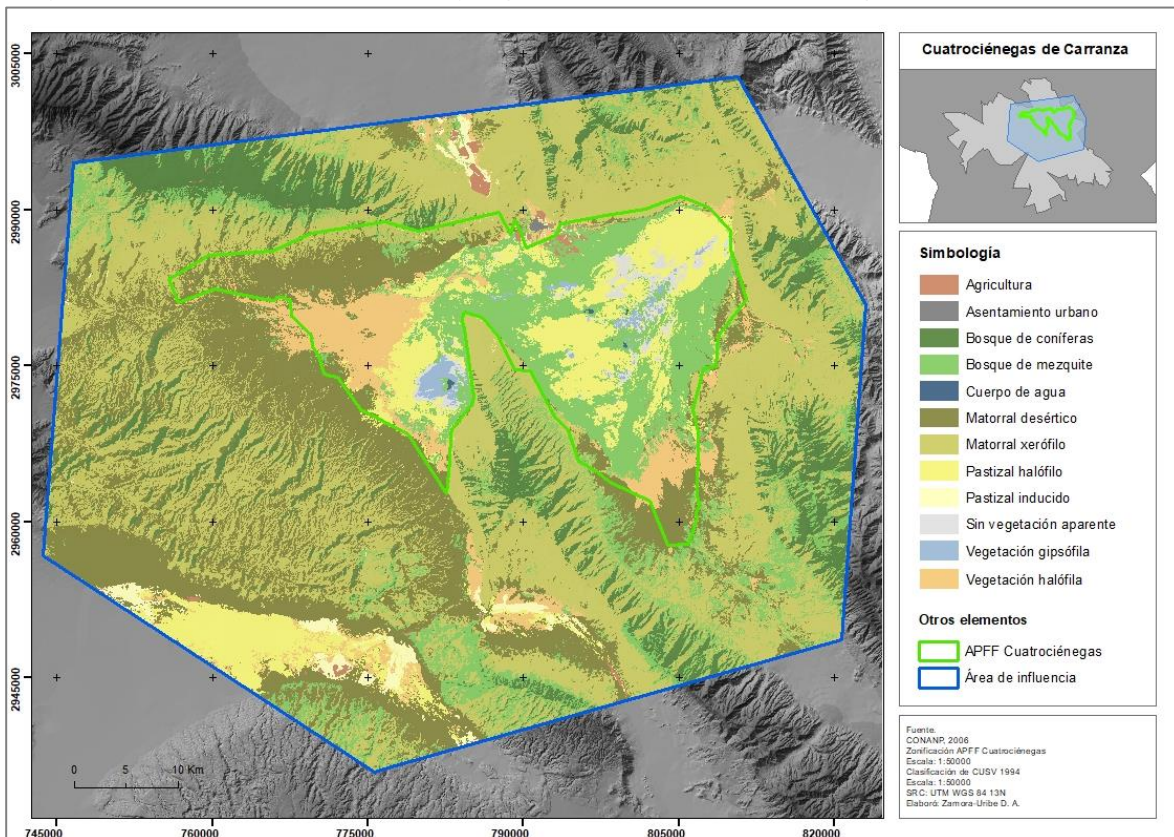
Posterior a los recorridos realizados en campo para validar los puntos de la capa de verificación aleatoria de las coberturas vegetales y los usos de suelo del APFFC y su zona de influencia, se realizó nuevamente el proceso de clasificación supervisada (mencionado en la fase 2 del Subcapítulo 2.4.1). Para ello, se utilizaron los 63 puntos validados como la capa de entrenamiento para la superficie a clasificar en el insumo satelital del sensor *Operational Land Imager/Thermal infrared sensor* (OLI/TIRS; Landsat 8) correspondiente a marzo de 2020. Una vez procesada la clasificación de USV del período 2020 con los puntos georreferenciados en campo se comprobó su validez y su fiabilidad, usando como referencia estos datos, así como la muestra aleatoria de la Serie VI de Uso de suelo y vegetación INEGI (2014). Se obtuvo un grado de fiabilidad global del 87%.

Conforme a la clasificación correspondiente a 1994 (Mapa 12), se observa que la principal vegetación del APFFC y su área de influencia la representó el matorral xerófilo con 157 682.01 ha que correspondió al 38.15% de la superficie total de la zona de estudio; se distribuía ampliamente

en las laderas del Valle de Cuatrociénegas. Por sus características semiáridas, le continuó la vegetación de matorral desértico, con 91 236.85 ha (22%), se emplazó en las zonas altas de las elevaciones montañosas que rodean el APFFC. Seguidamente, se posicionaron las formaciones con valor maderable, como el bosque de mezquite (60 124.52 ha; 14.55%) presente ampliamente en la región este del APFFC, y bosque de coníferas (40 034.34 ha; 9.68%) distribuido éste en los ápices de las regiones montañosas circundantes al valle. Las características edafológicas del área permiten la presencia de vegetación (20 115.92 ha; 4.86%) y pastizales halófilos (32 053.24 ha; 7.75%), asociados a suelos salinos como solonchak, xerosol, regosol y yermosol. La unidad de suelo litosol presente en la región sureste del APFFC confiere al sustrato características alcalinas, promoviendo la presencia de vegetación gipsófila en 1789.1 ha (0.43%).

La cobertura agrícola y los asentamientos urbanos —por tanto, uso antrópico— mostraron una superficie de 1817.91 ha (0.44%) y 135.3 ha (0.03%) respectivamente. Estas coberturas se concentraron en la región norte de la cabecera municipal de Cuatrociénegas de Carranza, área asociada a la presencia de pastizal inducido con una superficie de 4949.88 ha (1.19%).

Mapa 12. Coberturas de uso de suelo y vegetación del APFF Cuatrociénegas en 1994

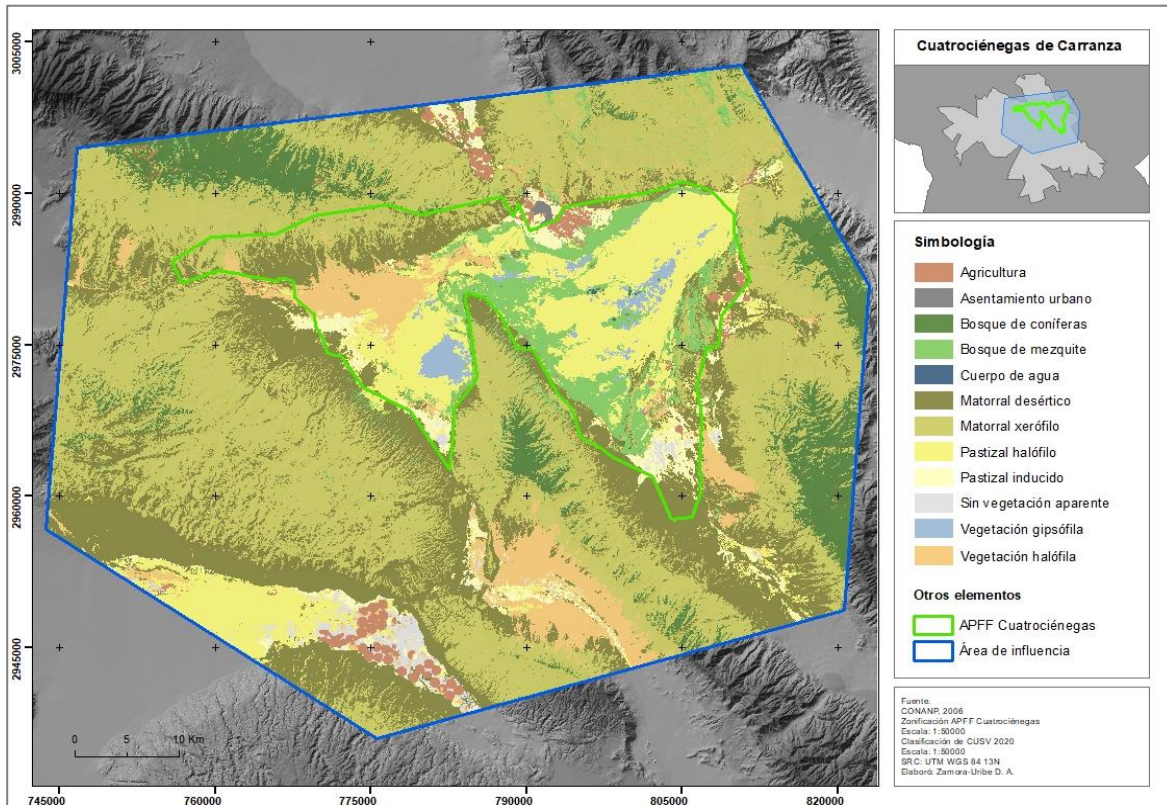


Fuente: Elaboración propia.

Para la segunda temporalidad evaluada, la de 2020 (Mapa 13), se halló que el matorral xerófilo siguió siendo la cobertura más abundante con el 42.5% (175 619.78 ha), seguido del matorral desértico con el 23.93% (98 902.16 ha). Los bosques de coníferas y mezquite redujeron su superficie al presentar 29 212.88 ha (7.06%) y 17 893.71 ha (4.33%) respectivamente, zonas donde el matorral xerófilo aumentó su presencia, ya que esta comunidad vegetal arbustiva puede establecerse en cualquier condición topográfica y no hace mayor discriminación en lo relativo al sustrato geológico (CONABIO, 2022). El desplazamiento de mezquite dentro del valle y las condiciones de alta salinidad del suelo propiciaron la expansión de pastizal y vegetación halófila con el 10.29% (42 521.29 ha) y el 5.87% (24 274.02 ha). La vegetación gipsófila asociada a suelos de yeso aumentó en zonas en donde la vegetación era escasa (3 563 ha; 0.86%), así como las zonas que anteriormente correspondían a cuerpos de agua, debido a que el sustrato contiene gran cantidad de sales de calcio y magnesio, el cual es favorecedor para su establecimiento (CONABIO, 2022).

La cobertura agrícola y los asentamientos urbanos incrementaron su superficie al presentar 6 016.23 ha (1.45%) y 256.51 ha (0.06%) respectivamente. El uso de suelo agrícola mostró una nueva distribución al establecerse en el sur y el norte de la cabecera municipal, así como en la región suroeste de la zona de influencia del área.

Mapa 13. Coberturas de uso de suelo y vegetación del APFF Cuatrociénegas en 2020



Fuente: Elaboración propia

Para mostrar el CUSV entre los años 1994 y 2020, se ejecutó un ejercicio computarizado de comparación entre las dos imágenes resultantes. El cruce de datos permitió ubicar con precisión las permanencias y las transformaciones de las coberturas a lo largo del tiempo (Cuadro 22). La forma en que se lee este cuadro es la siguiente: los datos del año 1994 se leen como líneas de izquierda a derecha, al final de cada una se presenta la suma total de hectáreas; y los datos del año 2020 se leen como columnas de arriba hacia abajo, al fondo de cada una se presenta la sumatoria total expresada en hectáreas.

Los cambios resultantes de la matriz 1994-2020 comprendieron el 44.85% del total área, porcentaje similar con lo reportado por Chico en 2017, identificando el 25.5% de cobertura cambiante en un período de 16 años (2000-2016), y por Bocco y Garibay (2011) que identificaron en el período 1976-2005, una superficie cambiante de 25.2%. El porcentaje cambiante se evalúa integralmente en el capítulo siguiente y se refuerza a partir de los datos cualitativos generados en campo.

De manera global, los procesos de cambio para vegetación primaria, secundaria y usos de suelo³ se agrupan en tres diferentes tipos (Bocco y Garibay, 2011): I.- permanencia de coberturas, II.- procesos de cambio negativos; y III.- procesos de cambio positivos. Seguidamente se detallan:

- I. Permanencia de coberturas:
 - Permanencia de coberturas predominantemente primarias: se refiere a aquellas coberturas de vegetación primarias con baja antropización, las cuales no están asociadas a vegetación secundaria y no han cambiado en el tiempo de manera perceptible.
 - Permanencia de vegetación predominantemente secundaria: concierne a áreas de vegetación secundaria sin cambios en su extensión en la escala temporal determinada por las fechas de los insumos cartográficos.
 - Permanencia de coberturas predominantemente agropecuarias: atañe a las regiones con uso agropecuario que no muestran modificación en su extensión territorial.
 - Permanencia de asentamientos humanos: se refiere a las coberturas de poblados urbanos o rurales (visibles a la escala de trabajo) que de igual forma no muestran un incremento o decremento en superficie.

- II. Procesos de cambios negativos:
 - Deforestación: hace referencia a aquellas superficies que muestran una sustitución (pérdida) de las coberturas primarias y secundarias de vegetación por usos de suelo predominantemente agropecuarios.
 - Deforestación (urbanización): proceso de cambios de las coberturas de vegetación primarias y secundarias por asentamientos humanos.
 - Urbanización: corresponde al cambio de las coberturas predominantemente agropecuarias por asentamientos humanos.
 - Alteración: se da en las superficies en las cuales la cobertura predominante de vegetación primaria es modificada durante un lapso de tiempo por vegetación secundaria (arbustiva y herbácea).

³ Vegetación primaria se define como la vegetación que conserva en su mayoría, su condición de densidad, cobertura y número de especies del ecosistema original; vegetación secundaria definida como la vegetación donde ha habido la sustitución total o parcial de la comunidad vegetal original; uso de suelo ocupación de una superficie determinada en función de su capacidad agrológica y por tanto de su potencial de desarrollo, se clasifica de acuerdo con su ubicación como urbano o rural, representa un elemento fundamental para el desarrollo socioeconómico de un territorio y de su estructura social (Sánchez-Gándara, 2011).

III. Procesos de cambios positivos:

- Revegetación (forestación): proceso de cambio de las coberturas predominantemente agropecuarias a coberturas predominantemente secundarias y primarias.
- Recuperación: es el cambio de coberturas predominantemente secundarias a coberturas predominante primarias. (p. 48)

En el período de análisis, el matorral xerófilo, la cobertura más predominante en el APFFC y su zona de influencia en ambos períodos, mantuvo una superficie de 106,693.28 ha, cubierta que ocupa un 25.82% del total del área de interés, la cual presentó una deforestación de 379.01 ha para la realización de labores agrícolas y 436.72 ha de pastizal inducido. 37 778.04 ha fueron alteradas a matorral desértico y una transformación en su cobertura al pasar 2230.67 ha a mezquital, sin embargo, presentó un aumento en su superficie del 11.35% en comparación con 1994. Similitud presentada por matorral desértico al conservar 47 104.79 ha, con una marcada reconversión a matorral xerófilo en 30 174.32 y una reducción forestal de 3 721.22 ha que se sumó a la frontera agrícola del área (pastizal inducido y agricultura). Además de la alteración de 6181.84 ha que pasó a formar parte de vegetación halófila.

Cambios de cobertura que en bosque de mezquite a lo largo del tiempo no manifestó un impacto positivo, al disminuir su superficie en un 70.2% (46 445.91 ha), ya que prácticamente todas las clases evaluadas modificaron su extensión a partir de esta. El bosque de coníferas presentó uno de los porcentajes más altos en cuanto estabilidad de superficie, al mantenerse en un 54.93% de su cobertura original de 1994, disminuyendo 10 821.46 ha, y transformando 16 978 ha en matorral xerófilo, además de reducir 136.37 ha en suelo agrícola. La vegetación y el pastizal halófilo aumentaron su superficie en un 20.67% (4158.1 ha) y un 32.65% (10 468 ha) respectivamente: ambas coberturas a lo largo del período vieron una deforestación a pastizal inducido (4887.95 ha y 899.96 ha). La vegetación halófila presentó una alteración de 6181.84 ha influenciada por matorral desértico, y el pastizal halófilo 5483.93 ha por bosque de mezquite. La cobertura vegetal asociada a suelos de yeso (gipsófila) presentó un aumento del 99.2% (1774.86 ha), alteración que se favoreció por la reconversión de 1073.14 ha de mezquital.

El uso de suelo agrícola incrementó su superficie en el período evaluado en un 230.94% (4198.32 ha), cobertura con mayor tendencia al cambio, siendo el matorral desértico la cubierta vegetal que más aportó a esta deforestación con un 18.63% (1121.2 ha). De igual manera, los

asentamientos urbanos aumentaron en un 89.58% su área de distribución (121.21 ha), incremento beneficiado por la deforestación del 93.67 ha de la vegetación halófila.

Cuadro 22. Matriz de transición de los cambios de uso de suelo y vegetación en el período 1994-2020 en el APFF Cuatrociénegas

Tipo	Agricultura	Cuerpo de agua	Vegetación gipsófila	Sin vegetación aparente	Pastizal halófilo	Pastizal inducido	Vegetación Halófila	Bosque de mezquite	Bosque de coníferas	Matorral desértico	Matorral xerófilo	Asentamiento urbano	Total ha año 1994	Pérdida de superficie original
Agricultura	931.16			23.53	125.05	392.82	56.62	11.51		247.38	23.48	6.36	1817.91	886.75
Cuerpo de Agua		34.47	47.68					8.64			1.17		91.96	57.49
Vegetación gipsófila		7.21	1683.8		75.95			22.14					1789.1	105.3
Sin vegetación aparente	3.96		701.02	1.08	2445.25	24.02	1.53	8.1					3184.96	3183.88
Pastizal halófilo	858.28		53.1	761.63	27249.41	899.96	876.26	870.85		481.25	2.5		32053.24	4803.83
Pastizal inducido	811.05			1204.21	491.76	843.99	1047.93	0.36	1.71	505.35	21.77	21.75	4949.88	4105.89
Vegetación Halófila	785.66			1233.65	3341.6	4887.95	7511.41	122.54		2122.25	17.19	93.67	20115.92	12604.51
Bosque de Mezquite	984.02	42.66	1073.14	31.04	5483.93	988.26	1456.42	13678.61	4432.45	10238.73	21707.82	7.44	60124.52	46445.91
Bosque de coníferas	136.37		0.18		1.53		100.15	403.97	21989.52	424.37	16978.25		40034.34	18044.82
Matorral desértico	1121.2		0.99	537.81	2556.06	2600.02	6181.84	536.32	423.5	47104.79	30174.32		91236.85	44132.06
Matorral Xerófilo	379.01		3.78	1.18	750.66	436.72	7041.86	2230.67	2365.7	37778.04	106693.28	1.11	157682.01	50988.73
Asentamiento urbano	5.52				0.09	3.51						126.18	135.3	9.12
Total ha año 2020	6016.23	84.34	3563.69	3794.13	42521.29	11077.25	24274.02	17893.71	29212.88	98902.16	175619.78	256.51	413215.99	
Incremento de superficie a otras coberturas	5085.07	49.87	1879.89	3793.05	15271.88	10233.26	16762.61	4215.1	7223.36	51797.37	68926.5	130.33		

Fuente: Elaboración propia.

Para conocer la dinámica de los usos de suelo y vegetación del APFFC y su área de influencia, en el período evaluado (1994-2020), se realizó el cálculo del cambio (pérdida y/o ganancia) neto de cada una de las categorías clasificadas. Éste se estimó en base a los valores derivados de la matriz de cambios. Los cálculos se determinaron a partir de la siguiente ecuación (FAO, 1996):

$$t = 1 - (S_2 / S_1)^{1/n}$$

Donde t corresponde a la tasa de cambio; S_1 a la superficie cubierta por un tipo dado de uso/cobertura de suelo al inicio del período (1994); S_2 a la superficie del mismo uso/cubertura de suelo en la fecha final del lapso evaluado (2020) y; n el número de años transcurridos entre las dos fechas.

Los cambios netos ocurridos en las distintas coberturas vegetales y usos de suelo que comprenden el APFFC y su área de influencia (Cuadro 23), están relacionados principalmente con la disminución de bosque de mezquite: presenta la mayor tasa de cambio con el 2.7%, lo que equivale a 1624.26 ha por año. El uso agrícola y el pastizal inducido presentaron una tasa de cambio del 2.68% (lo que significa 161.47 ha por año) y el 2.12% (235.67 ha por año), transformación vinculada a las actividades productivas de la región. Los asentamientos urbanos presentaron una tasa de cambio del 1.81% con un aumento anual de 4.66 ha, siendo la vegetación halófila la cobertura que más aportó en superficie: mostró una tasa de cambio del 0.65% (159.92 ha por año).

Cuadro 23. Tasa de cambio de uso de suelo y vegetación en el APFF Cuatrociénegas (1994-2020)

Clase	1994	2020	Cambio	Años	Tasa de cambio %	Ha/año
Agricultura	1817.91	6016.23	4198.32	26	2.68	161.47
Cuerpo de agua	91.96	84.34	7.62	26	-0.34	0.29
Vegetación gipsófila	1789.1	3563.69	1774.59	26	1.91	68.25
Sin vegetación aparente	3184.96	3794.14	609.18	26	0.61	23.43
Pastizal halófilo	32053.24	42521.29	10468.05	26	0.94	402.62
Pastizal inducido	4949.88	11077.25	6127.37	26	2.12	235.67
Vegetación halófila	20115.92	24274.02	4158.1	26	0.65	159.92
Bosque de mezquite	60124.52	17893.71	42230.81	26	-2.7	1624.26
Bosque de coníferas	40034.34	29212.88	10821.46	26	-1.03	416.21
Matorral desértico	91236.85	98902.16	7665.31	26	0.29	294.81
Matorral xerófilo	157682	175619.78	17937.78	26	0.39	689.91
Asentamiento urbano	135.3	256.51	121.21	26	1.81	4.66

Fuente: elaboración propia.

La vegetación de tipo matorral desértico y xerófilo fueron las coberturas predominantes en el APFFC y su área de influencia; la transición entre comunidades vegetales y su fácil adecuación y

subsistencia en el entorno desértico, provocó que estas presentaran una tasa de cambio del 0.29% (294.81 ha por año) y el 0.39% (689.91 ha por año) respectivamente. La transición a vegetación gipsófila de las demás coberturas durante el período de interés, se expresó en un incremento anual de 68.25 ha por año, con una tasa de cambio del 1.91%. Transformaciones que se reflejaron en áreas desprovistas de agua continental. La superficie de los cuerpos de agua evaluados se expresó en una disminución anual de 0.29 ha por año y una tasa de cambio del 0.34%. En el siguiente capítulo se evaluarán los porcentajes cambiantes de la superficie de suelo y vegetación, en comparación con estudios similares y en función al análisis de los factores próximos y subyacentes.

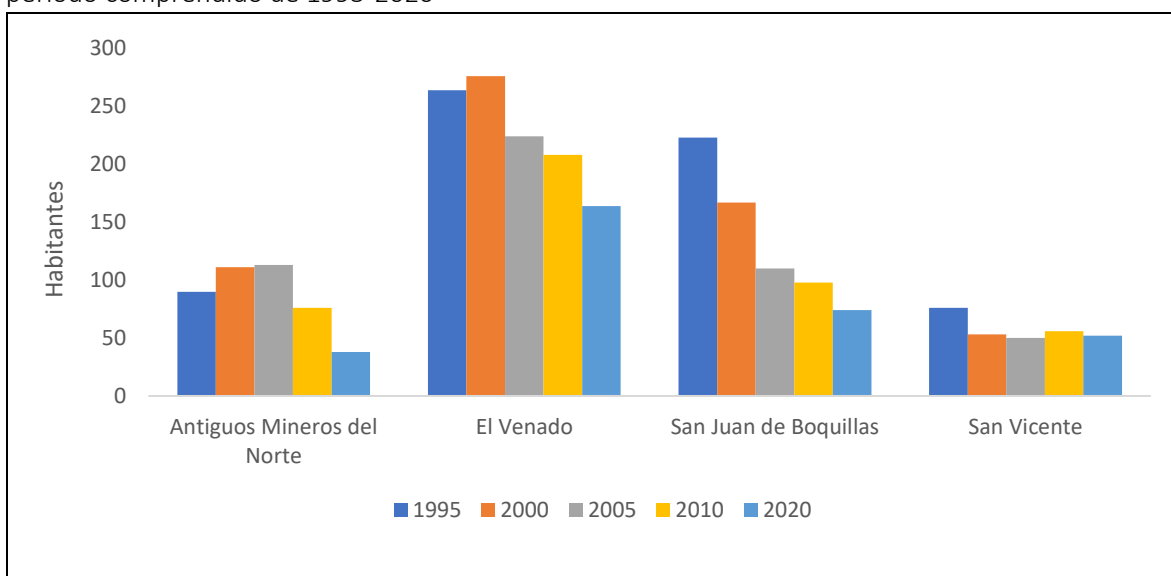
CAPÍTULO 3. PREDOMINIO DE LAS ACTIVIDADES ANTRÓPICAS DEL APFFC Y SU ÁREA DE INFLUENCIA SOBRE EL CUSV

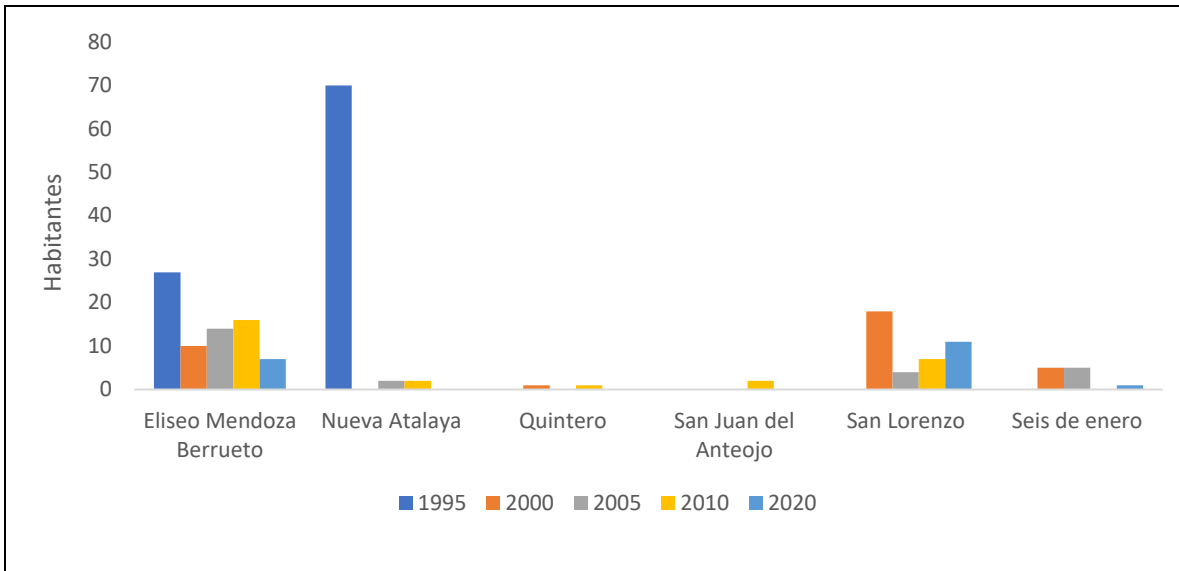
3.1. Estructura demográfica, social y económica del APFFC y su área de influencia

Los procesos económicos y sociales de un núcleo poblacional son continuos y dinámicos. La estructura social está determinada por elementos interrelacionados, cambiantes y complejos. Algunos factores que interactúan en ese conjunto, se vinculan con la estratificación demográfica y sus características sociales, entre las que resaltan la ocupación y la migración (Castells, 2001).

En base al marco geoestadístico del 2021 del INEGI, en la poligonal del APFFC se emplazan 19 localidades, y en el AI, 36 ejidos y caseríos aislados. De acuerdo con el último censo de población y vivienda del INEGI 2020, la población total estimada del APFFC y de su zona de influencia es de 11 476. En las gráficas 1 y 2 se aprecian las tendencias poblacionales de las localidades inmersas en el APFFC y su AI durante el periodo 1995-2020.

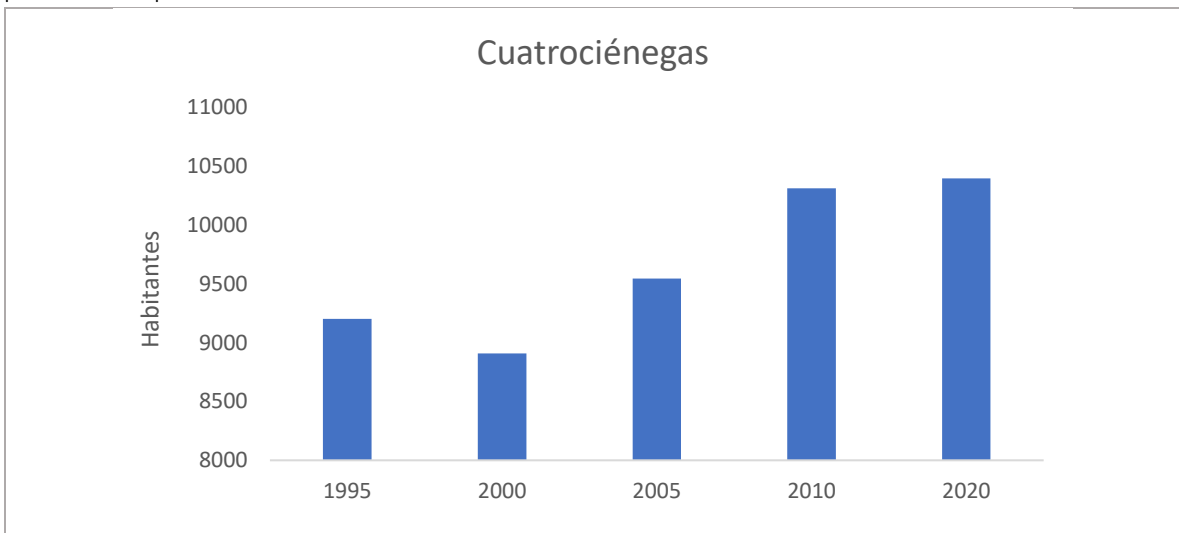
Gráfica 1. Evolución del número de habitantes por localidad dentro del APFF Cuatrociénegas del periodo comprendido de 1995-2020

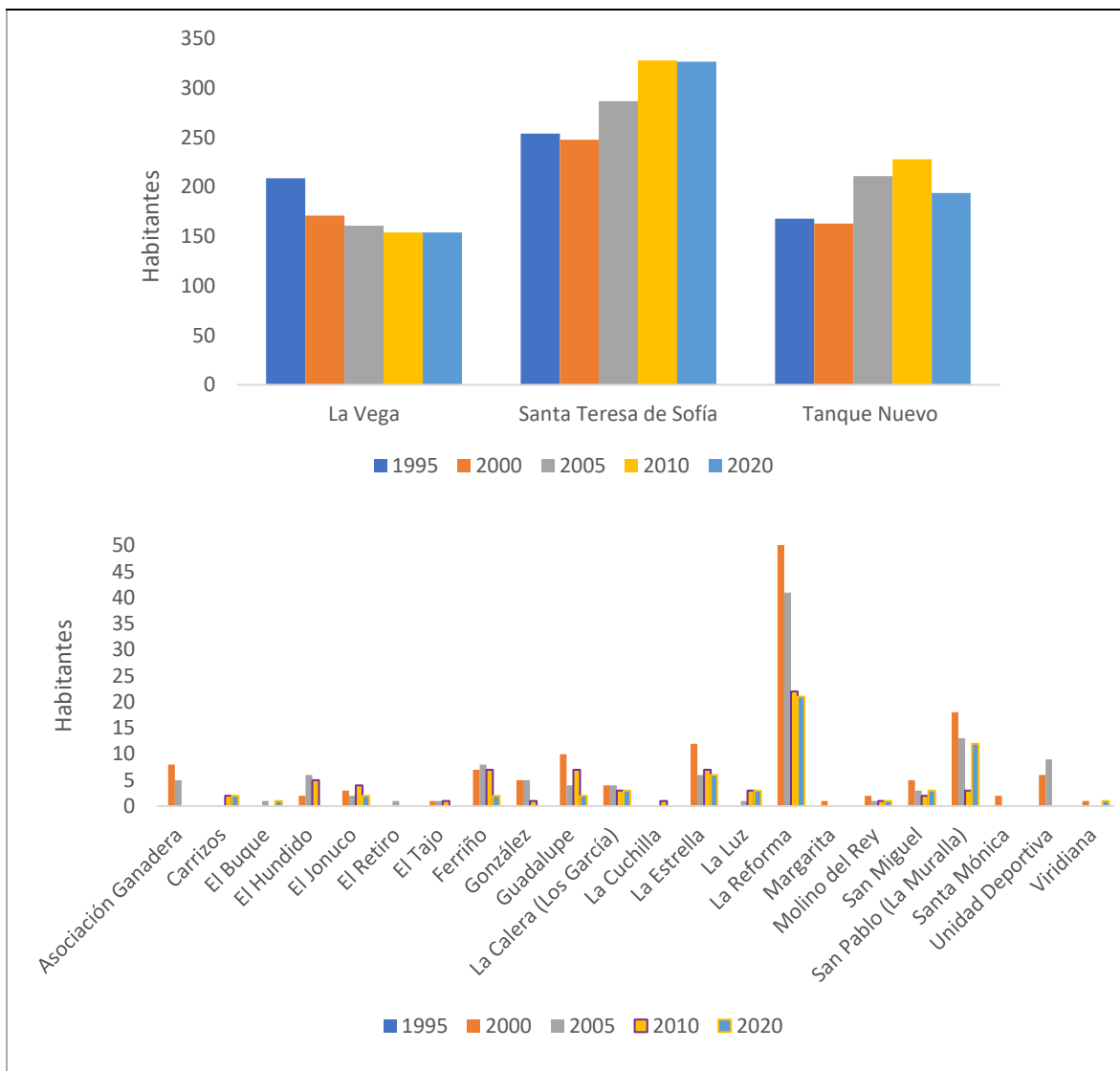




Fuente: Elaboración propia a partir de datos recopilados por el censo de población y vivienda INEGI 1995; 2000; 2005; 2010; 2020.

Gráfica 2. Número de habitantes por localidad del área de influencia del APFF Cuatrociénegas del período comprendido de 1995-2020





Fuente: Elaboración propia a partir de datos recopilados por el censo de población y vivienda INEGI 2000; 2020.

La estructura demográfica del período evaluado (1994-2020) ha presentado un aumento poblacional en la AI (13.18%), debido a un proceso de concentración en la cabecera municipal de Cuatrociénegas, mismo que ha provocado una disminución en las localidades inmersas en el APFFC (46.46%). Fenómeno relacionado con la diversificación productiva de la cabecera, generando un incremento en el número de habitantes ocupados y económicamente activos dentro de esta localidad (Cuadro 24 y 25).

Los datos disponibles de carácter económico de los Censos de población y vivienda del INEGI, correspondieron al año 2000 y 2020. Entre estos años, disminuye la población ocupada y económicamente activa para las localidades emplazadas en APFFC; no obstante, el porcentaje en comparación entre la población total del 2020 con la del 2000, indica un aumento respectivo del 8.7

y el 8.2% (Cuadro 26). Indicador que demuestra que, a pesar de la disminución de la población, la ocupación y las actividades productivas del APFFC continuaron su crecimiento, las cuales se diversificaron, aumentando considerablemente aquellas dedicadas a la prestación de servicios. La zona de influencia continuó con esta misma tendencia, al aumentar, respectivamente, el 10.02% y el 10.59% la población ocupada y económicamente activa. Diferencia que se nota en la cabecera del municipio de Cuatrociénegas, al concentrar el 94.4% de la población total de la AI, la cual aporta el 38.73% de ocupación y el 39.61% de población económicamente activa.

Cuadro 24. Población ocupada (PO), económicamente activa (PEA) e inactiva (PEIA) por localidad dentro del APFF Cuatrociénegas del período comprendido de 1995-2020

Nombre de la localidad	2000				2020			
	PT	PO	PEA	PEIA	PT	PO	PEA	PEIA
	Antiguos Mineros del Norte	111	41	41	27	38	24	24
El Venado	276	101	101	100	164	51	51	83
Eliseo Mendoza Berrueto	10	2	2	2	7	-	-	-
Nueva Atalaya	-	-	-	-	-	-	-	-
Quintero	1	-	-	-	-	-	-	-
San Juan del Anteojo	-	-	-	-	-	-	-	-
San Juan de Boquillas	167	40	43	65	74	34	34	26
San Lorenzo	18	7	7	3	11	7	7	2
San Vicente	53	19	19	17	52	28	28	15
Seis de enero	5	-	-	-	1	-	-	-
TOTAL	641	210 (32.7%)	213 (33.2%)	214 (34.3%)	347	144 (41.4%)	144 (41.4%)	136 (39.1%)

Fuente: Elaboración propia a partir de datos recopilados por el censo de población y vivienda INEGI 2000;2020.

Cuadro 25. Población ocupada (PO), económicamente activa (PEA) e inactiva (PEIA) por localidad del área de influencia del APFF Cuatrociénegas del período comprendido de 1995-2020

Nombre de la localidad	2000				2020			
	PT	PO	PEA	PEIA	PT	PO	PEA	PEIA
	Agua Nueva	-	-	-	-	0	-	-
Asociación Ganadera	8	-	-	-	0	-	-	-
Carrizos	-	-	-	-	2	-	-	-
Cuatrociénegas	8907	2793	2825	3451	10 395	4311	4409	3494
El Buque	-	-	-	-	1	-	-	-

El Hundido	2	-	-	-	-	-	-	-
El Jonuco	3	-	-	-	2	-	-	-
El Retiro	-	-	-	-	-	-	-	-
El Rosario	-	-	-	-	-	-	-	-
El Tajo	1	-	-	-	-	-	-	-
Ferriño	7	-	-	-	2	-	-	-
González	5	-	-	-	-	-	-	-
Guadalupe	10	3	3	2	2	-	-	-
Héctor Arocha	-	-	-	-	-	-	-	-
Jabalí	-	-	-	-	-	-	-	-
La Calera (Los García)	4	-	-	-	3	-	-	-
La Cuchilla	-	-	-	-	-	-	-	-
La Estrella	12	3	3	4	6	-	-	-
La Herradura	-	-	-	-	-	-	-	-
La Luz	-	-	-	-	3	-	-	-
La Plantita	-	-	-	-	-	-	-	-
La Presa	-	-	-	-	-	-	-	-
La Reforma	51	21	21	13	21	10	10	10
La Vega	171	67	67	64	154	80	80	53
Margarita	1	-	-	-	-	-	-	-
Mineral La Reforma	-	-	-	-	-	-	-	-
Molino del Rey	2	-	-	-	1	-	-	-
San Miguel	5	-	-	-	3	-	-	-
San Pablo (La Muralla)	18	8	8	5	12	-	-	-
Santa Mónica	2	-	-	-	-	-	-	-
Santa Teresa de Sofía	248	55	55	124	327	113	115	138
Tanque Nuevo	163	43	43	67	194	62	62	78
Unidad Deportiva	6	-	-	-	-	-	-	-
Unión Ganadera Ejidal	-	-	-	-	-	-	-	-
Viridiana	1	-	-	-	1	-	-	-
Total	9627	2993 (31%)	3025 (31.4%)	3730 (38.7%)	11 129	4576 (41.1%)	4676 (42%)	3773 (33.9%)

Fuente: Elaboración propia a partir de datos recopilados por el censo de población y vivienda INEGI 2000;2020.

Uno de los factores intrínsecos del crecimiento poblacional que interviene en el balance del crecimiento humano y su estructura socioeconómica en un lugar determinado es la migración, acción en la cual una persona deja de residir en una unidad geográfica para establecer su residencia en otra (CONAPO, 2020). El porcentaje de habitantes nativos de las localidades del APFFC durante el período del 2000 a 2020, se mantuvo constante a pesar de la disminución del 45% de la población

total, factor que se relaciona directamente con el crecimiento ocupacional, dependiente de las actividades productivas realizadas en la zona. El área de influencia del APFFC aumentó el 15.6% en población y el número de habitantes nacidos en la entidad se incrementó un 2%, de nueva cuenta la concentración poblacional de la cabecera del municipio de Cuatrociénegas de Carranza, aportó el 88.77% de la población nativa del área (Cuadro 26 y 27).

Cuadro 26. Migración interestatal entre la Población nacida en la entidad (PNACENT) y la Población nacida en otra entidad (PNACOENT) en las localidades ubicadas dentro del APFF Cuatrociénegas del período comprendido de 1995-2020

Nombre de la localidad	2000			2020		
	PT	PNACENT	PNACOENT	PT	PNACENT	PNACOENT
	Antiguos Mineros del Norte	111	96	7	38	35
El Venado	276	269	7	164	164	0
Eliseo Mendoza Berrueto	10	6	0	7	-	-
Nueva Atalaya	-	-	-	-	-	-
Quintero	1	-	-	-	-	-
San Juan del Antejo	-	-	-	-	-	-
San Juan de Boquillas	167	157	2	74	70	3
San Lorenzo	18	14	0	11	10	1
San Vicente	53	48	1	52	48	4
Seis de enero	5	-	-	1	-	-
TOTAL	641	590	17	347	327	10

Fuente: Elaboración propia a partir de datos recopilados por el censo de población y vivienda INEGI 2000;2020.

Cuadro 27. Migración interestatal en las localidades del área de influencia del APFF Cuatrociénegas del período comprendido de 1995-2020

Nombre de la localidad	2000			2020		
	PT	PNACENT	PNACOENT	PT	PNACENT	PNACOENT
	Agua Nueva	-	-	-	-	-
Asociación Ganadera	8	-	-	-	-	-
Carrizos	-	-	-	2	-	-
Cuatrociénegas	8907	8315	514	10 395	9880	474
El Buque	-	-	-	1	-	-
El Hundido	2	-	-	-	-	-
El Jonuco	3	-	-	2	-	-
El Retiro	-	-	-	-	-	-

El Rosario	-	-	-	-	-	-
El Tajo	1	-	-	-	-	-
Ferriño	7	-	-	2	-	-
González	5	-	-	-	-	-
Guadalupe	10	4	2	2	-	-
Héctor Arocha	-	-	-	-	-	-
Jabalí	-	-	-	-	-	-
La Calera (Los García)	4	-	-	3	-	-
La Cuchilla	-	-	-	-	-	-
La Estrella	12	12	0	6	-	-
La Herradura	-	-	-	-	-	-
La Luz	-	-	-	3	-	-
La Plantita	-	-	-	-	-	-
La Presa	-	-	-	-	-	-
La Reforma	51	40	3	21	20	1
La Vega	171	157	10	154	145	8
Margarita	1	-	-	-	-	-
Mineral La Reforma	-	-	-	-	-	-
Molino del Rey	2	-	-	1	-	-
San Miguel	5	-	-	3	-	-
San Pablo (La Muralla)	18	17	0	12	11	1
Santa Mónica	2	-	-	-	-	-
Santa Teresa de Sofía	248	227	21	327	306	19
Tanque Nuevo	163	158	3	194	185	9
Unidad Deportiva	6	-	-	-	-	-
Unión Ganadera Ejidal	-	-	-	-	-	-
Viridiana	1	-	-	1	-	-
Total	9627			11 129		

Fuente: Elaboración propia a partir de datos recopilados por el censo de población y vivienda INEGI 2000;2020.

Tanto las localidades inmersas en la ANP, así como las ubicadas en su zona de influencia mantienen una relación poblacional que indica un bajo porcentaje de migración interestatal. La base socioeconómica del área de interés (APFFC y AI) guarda una relación creciente en cuanto al aumento ocupacional de la población del área y decreciente en cuanto al número de habitantes en las localidades inmersas en el APFFC, concentrando el crecimiento poblacional en la cabecera del municipio de Cuatrociénegas de Carranza; escenario en el que se ahondará en el siguiente subcapítulo el cual relaciona integralmente los valores cuantitativos del CUSV del APFFC con las

variables generadas en campo a partir de la aplicación de los cuestionarios a los actores involucrados en las actividades antrópicas del APFFC y su área de influencia.

3.2. Diagnóstico y análisis cualitativo de las causas y los propósitos en el CUSV sobre el APFFC

3.2.1 Aplicación de entrevistas semiestructuradas en campo

Para reconocer las principales causas que determinan el CUSV en el APFFC —representadas en el estudio según el marco elaborado por Geist y Lambin (2002) por los factores próximos y subyacentes detonadores del proceso de cambio a nivel local— se aplicaron, por medio de la técnica de la entrevista, dos tipos de cuestionarios en campo (más adelante se detallan). Los cuestionarios semiestructurados son un instrumento técnico de utilidad en la investigación cualitativa. Un cuestionario se define como una herramienta que busca información por medio de “la comunicación interpersonal establecida entre el investigador y el sujeto de estudio, a fin de obtener respuestas verbales a las interrogantes planteadas sobre el problema propuesto” (Canales, 2006, p.163).

El cuestionario semiestructurado permite al investigador elegir un orden preestablecido y un modo de formular las preguntas sin influir en la respuesta del entrevistado (Ortiz y Romo, 2016). Se identifica por contener preguntas cerradas, abiertas y categorizadas⁴, lo que posibilita una mayor flexibilidad y la obtención de un mayor número de matices en las respuestas (García, 2003).

Durante el trabajo de campo, llevado a cabo en la zona de estudio del nueve al 14 de mayo de 2021 (Figura 10), se aplicaron dos tipos de cuestionarios semiestructurados, generados a partir de la investigación previa socioeconómica y ocupacional de los actores clave:

- a) El cuestionario 1 (Anexo 1) tuvo como objetivo obtener información de las variables que propiciaron los cambios progresivos durante el periodo de estudio (1994-2020). Así se consideraron las actividades antrópicas, según la ocupación y la experiencia de los principales actores inmersos en la dinámica productiva del APFFC y su área de influencia: productores agropecuarios, jornaleros agrícolas, prestadores de servicios turísticos, etc. Su metodología de aplicación se basó en la técnica “bola de nieve”, en la que los actores sujetos

⁴ La pregunta cerrada es aquella que presenta la ventaja de ser contestada de forma rápida y fluidamente, su análisis es de fácil codificación. La pregunta abierta es más fáciles de formular, también es más adecuada cuando trata un tema complejo; no obstante, la heterogeneidad de las respuestas dificulta el tratamiento de la información; categorizadas permite al entrevistado elegir entre un abanico de opciones, además es eficaz para la elección de respuestas alternativas (García, 2003).

a la entrevista en campo identificaban a un tercero y así sucesivamente hasta asociar una red en común (Baltar y Gorjup, 2012). Las entrevistas se realizaron en distintos puntos de la zona de estudio, habiéndose aplicado 20 cuestionarios.

- b) El cuestionario 2 (Anexo 2) se planteó para aquellos actores identificados como relevantes en el desarrollo y la gestión de las actividades antrópicas del área investigada; actores capaces de reconocer la dinámica económica y socioambiental de la región, así como las variables que promueven el cambio o la progresión de las actividades productivas en el tiempo. Fueron entrevistados el director del ANP y la presidenta municipal, además de funcionarios públicos con responsabilidades en materia agroalimentaria y ambiental. Para reconocer a los actores clave del área de estudio, se consultó bibliografía especializada en la región del VCC y el APFFC (artículos, programas de manejo, ordenamientos territoriales y urbanos, etc.). Una vez identificados y a fin de concertar citas en campo, se contactó con ellos vía correo electrónico. Sin embargo, debido a las medidas para contrarrestar la pandemia provocada por el virus SARS-CoV-2, tres de las diez entrevistas fueron vía remota.

Figura 10. Aplicación de los cuestionarios semiestructurados durante la salida de campo



Fuente. Fotografías capturadas por el Dr. José Manuel Crespo Guerrero durante el trabajo de campo (del 9 al 14 de mayo de 2020).

3.2.2 Identificación de actores involucrados por actividad en el APFFC

Derivado de la aplicación en campo de los cuestionarios 1 y 2 se identificaron y clasificaron a los actores clave involucrados directa o indirectamente en la dinámica productiva del APFFC y su AI. De acuerdo con la CONAGUA y la SEMARNAT (2007) los actores clave son:

Aquellos individuos cuya participación es indispensable y obligada para el logro del propósito, objetivos y metas de la actividad en cuestión. Tienen el poder, la capacidad y los medios para decidir e influir en campos vitales que permitan o no el desarrollo del proyecto (p.7).

Esta información permitió recopilar los factores próximos y adyacentes del CUSV en la región, así como reconocer las áreas de oportunidad entre los actores que se benefician del aprovechamiento de los recursos del APFFC y aquellos que se relacionan con la gestión y el uso del territorio en la toma de decisiones. Evidentemente, éstos pueden ejercer una influencia positiva o negativa en la transformación del área. Los actores clave se localizaron en la sociedad local y regional con intereses en la zona de estudio. El cuadro 28 describe los actores entrevistados según la escala social, la dependencia y el cargo desempeñado.

Cuadro 28. Entrevistados del APFFC y su área de influencia

Cuestionario	Número de actores	Ámbito espacial	Escala social	Dependencia	Cargo
1	1	Municipal	Gobierno municipal	Ayuntamiento municipal de Cuatrociénegas de Carranza	Presidencia municipal
1	1	Regional	Gobierno regional	Secretaría de Desarrollo Rural del estado de Coahuila (SADER)	Coordinador
1	1	Local	Ejidatario	Consejo ejidal	Juez auxiliar
1	1	Regional	Gobierno federal	Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP)	Director
1	1	Local	Ejidatario	Consejo ejidal	Tesorero
1	1	Local	Ejidatario	Consejo ejidal	Comisario
1	1	Local	Ejidatario	Consejo ejidal	Vigilancia
1	1	Regional	Asociación civil	Desarrollo Sustentable del Valle de Cuatrociénegas A.C.	Coordinador
1	1	Nacional	Académico	Universidad Nacional Autónoma de México	Investigador
1	1	Estatad	Gobierno estatal	Comisión Estatal de Aguas y Saneamiento de Coahuila	Gerente de geología
2	20	Local	Sociedad civil	Municipio de Cuatrociénegas de Carranza	Sociedad civil

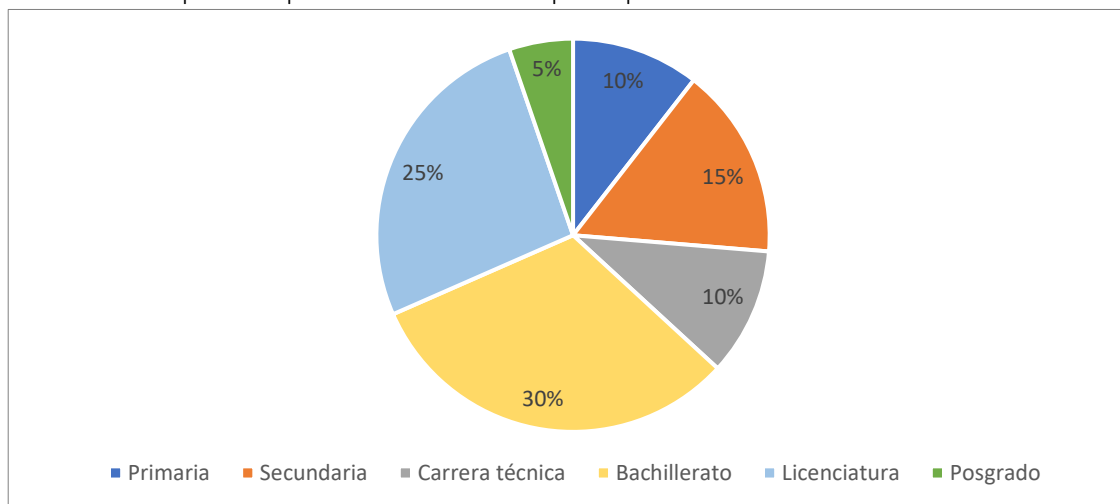
Fuente: Elaboración propia a partir de datos recopilados en campo.

3.2.3 Diagnóstico de resultados por cuestionario

3.2.3.1 Cuestionario 1. Dirigido a quienes desempeñan una labor productiva en el APFFC e AI

Los instrumentos de investigación aplicados en campo fueron diseñados con el objetivo de conocer, desde la perspectiva de los habitantes y los tomadores de decisiones, la progresión espacio-temporal de los CUSV en el APFFC y su AI, así como los factores intrínsecos que los promueven. El primer cuestionario —es de recordar que se refiere al que tiene interés en los pobladores de las localidades— tuvo como principal objetivo conocer las actividades antrópicas. Este cuestionario se aplicó a 20 actores de la sociedad civil, de forma presencial y con las medidas sanitarias requeridas ante la pandemia de Covid-19, en la cabecera municipal de Cuatrociénegas y en algunos ejidos y localidades. Los actores se eligieron en virtud de la actividad productiva que realizaban durante el trabajo de campo. El 37% de los cuestionarios aplicados correspondió al género femenino y el 63% al masculino. La gráfica 3 expresa los resultados de la pregunta vinculada a la escolaridad de los entrevistados.

Gráfica 3. Composición por escolaridad de los participantes entrevistados

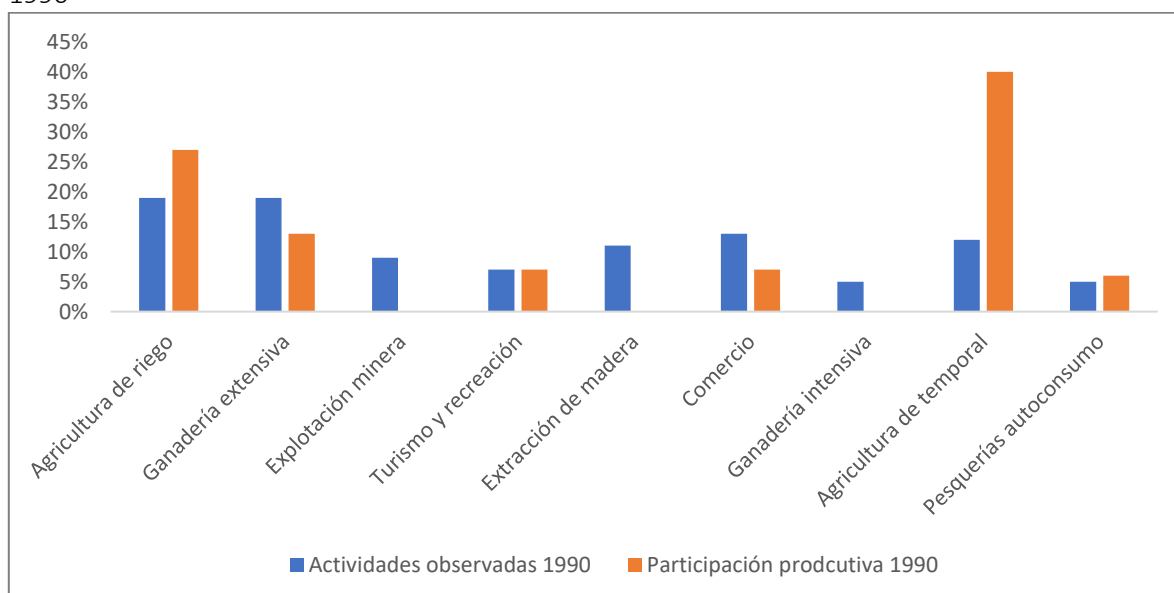


Fuente: Cuestionarios realizados durante el trabajo de campo.

Es apreciable que más de la mitad de los actores del cuestionario 1 superan los estudios básicos (55%). Los entrevistados señalaron, acorde a su experiencia, las diferentes actividades productivas realizadas desde la década de 1990, por tanto, antes de la declaración del VCC y del ANP, asimismo mencionaron su participación en dichas labores. Las respuestas fueron agrupadas de acuerdo con la proporción entre la frecuencia absoluta de cada actividad productiva y el total de datos

proporcionados por los participantes (frecuencia relativa). En la gráfica 4 se aprecia que la agricultura de riego y la ganadería extensiva fueron las actividades más representativas del APFFC y su AI (19% cada una); le siguieron el comercio (13%) y la agricultura de temporal (12%). Estas actividades fueron señaladas por los entrevistados como aquellas en las que participaron activamente durante el periodo en cuestión, siendo la agricultura de temporal la que concentró el mayor porcentaje de ocupación (40%), seguido de la agricultura de riego (27%) y la ganadería extensiva (13%).

Gráfica 4. Actividades productivas observadas y realizadas por los entrevistados en la década de 1990

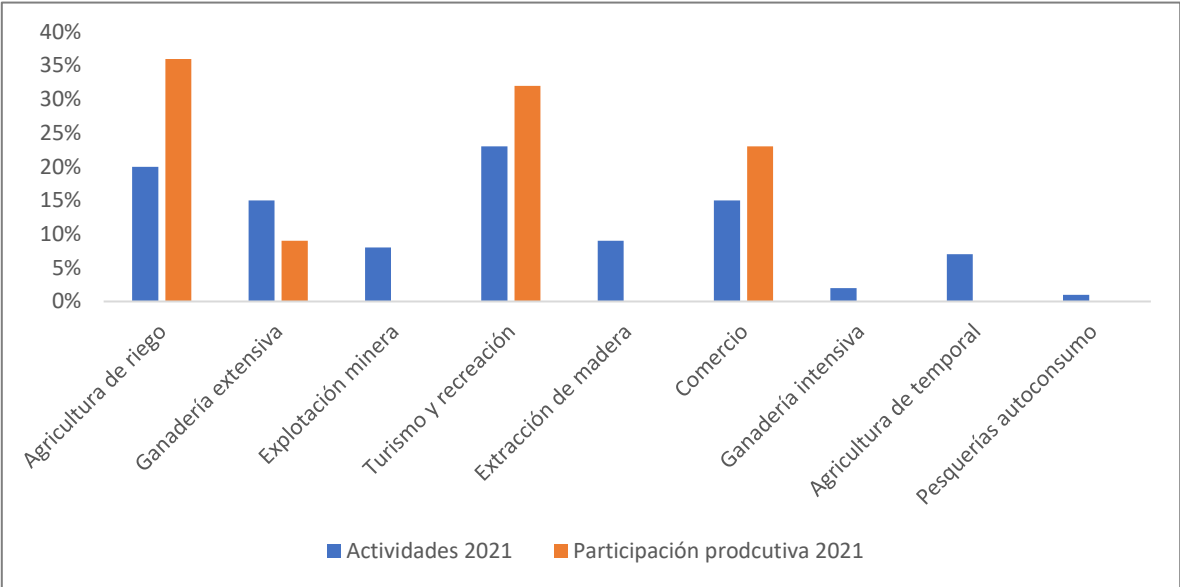


Fuente: Cuestionarios realizados durante el trabajo de campo.

Actualmente, el 58% de los entrevistados aún se dedica a la actividad señalada, ya sea por arraigo o tradición familiar y/o subsistencia; para el 32% no aplicó, al declarar no realizar ninguna actividad en ese tiempo. El 10% de los entrevistados informó que la actividad a la que se dedicaba en aquel entonces dejó de ser redituable, por lo cual la abandonaron. En cuanto a la percepción de las actividades productivas, después de la declaratoria de la ANP, el 21% de las respuestas apuntaron a que dichas actividades permanecieron igual; mientras que el 42% consideró que disminuyeron, debido a la gestión restrictiva del agua del valle; finalmente, el 37% observó un cambio procedente del trasvase de las labores primarias —agricultura y ganadería— a las terciarias vinculadas con el turismo y la prestación de servicios.

Las actuales actividades productivas fueron ordenadas de la siguiente manera: el 23% de las respuestas de los entrevistados, consideró el turismo como la más representativa, seguido de la agricultura de riego con el 20%, la ganadería extensiva y el comercio con un 15% cada uno, cerró la lista el aprovechamiento maderero con el 9% (Figura 26). Estos cambios en las respuestas se relacionan con la ocupación actual de los participantes, siendo la agricultura de riego la predominante con el 36%, el turismo y la recreación presentan una participación del 32% entre los entrevistados, porcentaje que contrasta claramente con el 7% de 1990. Asimismo, el comercio ha incrementado su presencia productiva en un 16% desde antes de la declaración del VCC como ANP (Gráfica 5).

Gráfica 5. Actividades productivas observadas y realizadas por los entrevistados en 2021



Fuente: Cuestionarios realizados durante el trabajo de campo

El 64% de los entrevistados afirmó que, de la agricultura, el turismo, el comercio y la ganadería provenía su principal ingreso, mientras que el 36% mencionó que, si bien se dedicaba a la agricultura, la ganadería y el turismo, estas no representaban su principal fuente de ingreso. Entre las actividades complementarias destacadas se encuentran: la función pública, empleado de gobierno, (21%) y la ganadería (10%). La cría de cerdos, la venta de maquinaria agrícola e insumos forrajeros, el comercio de carne, el trabajo hospitalario y la labor en el campo representaron cada una el 5%.

En cuanto a los efectos de la declaratoria del ANP en las actividades productivas, la mayoría (53%) afirmó que los impactos fueron tanto positivos como negativos según la actividad económica. El

37% consideró que la creación del ANP generó impactos negativos en todas las actividades, al restringir y condicionar sus labores de acuerdo con el tipo de recurso aprovechado. El 10% señaló que no generó impactos. Durante 2021, año en el que se realizó el trabajo de campo, los entrevistados señalaron el turismo y el comercio como las actividades productivas con mayor incremento en el APFFC y su AI (59% y 19% respectivamente). Los entrevistados también comentaron los factores subyacentes asociados y promoventes de este aumento: el crecimiento hotelero (31%), la promoción turística (31%), el turismo informal (16%), el incremento poblacional (10%), la expansión de asentamientos urbanos (9%), la difusión mediática y la declaratoria de Cuatrociénegas como Pueblo Mágico (2% cada uno).

La segunda actividad que se incrementó en los últimos años fue la agricultura de riego (13%), asociada a la apertura de nuevas áreas agrícolas (33%), la tecnificación de riego (32%), las mejoras agrícolas (18%) y la construcción de nuevos canales de riego (17%). La extracción de madera se relacionó con su uso tradicional como combustible (50%) y la apertura de nuevas áreas agrícolas (50%), la explotación minera (50%) y la inversión extractiva (50%) y la ganadería con la cría de ganado y la apertura de nuevos canales de riego (50% cada una).

3.2.3.2 Cuestionario 2. Dirigido a quienes desempeñan una labor de gestión e investigación en el APFFC e AI

El segundo cuestionario fue aplicado a diez entrevistados ligados al sector académico e institucional, ocho *in situ* durante el mismo período de aplicación del primero, tanto en la cabecera de Cuatrociénegas como en las localidades inmersas en el ANP. Dos más fueron aplicados vía correo electrónico debido a las ocupaciones de quienes respondieron y a la eventualidad provocada por las medidas restrictivas para frenar la enfermedad de la covid-19.

El carácter de los entrevistados de este cuestionario varía con el primer grupo en cuanto al grado de participación directa en la gestión y el uso de los recursos del valle, así como al conocimiento y la información que estos actores reconocen sobre la dinámica social, económica y ambiental de la región.

De las actividades productivas realizadas antes de la declaratoria como ANP, la agricultura de riego y temporal, la extracción de madera y la explotación minera estuvo presente en la respuesta de cada participante. El establecimiento del VCC como ANP en 1994 y la posterior publicación del programa de manejo en el 2000, influyó de manera directa en el desarrollo de las actividades productivas. Se

rescatan las proposiciones más sobresalientes de los entrevistados: “Al momento del decreto hubo descontento por las restricciones a las actividades agropecuarias” (funcionario público; 10/05/2021. Cuestionario [a partir de ahora C.] 2-01-DAZU. Cabecera municipal, Cuatrociénegas de Carranza); “Influenció de manera negativa en las actividades productivas por la canalización del agua” (agricultor; 11/05/2021. C.2-06-DAZU. San Vicente, Cuatrociénegas de Carranza); “Siguieron, pero de manera ordenada. Sin embargo, falta información para los poseedores de la tierra y que sepan qué se puede hacer dentro del ANP” (funcionaria pública; 12/05/2021. C.2-08-DAZU. Cabecera municipal, Cuatrociénegas de Carranza). Testimonios que reflejan las respuestas emitidas por el grupo del cuestionario uno, en el que el 42% aseguró que la declaratoria del VCC como ANP, provocó la disminución de las actividades productivas, principalmente la restricción en el uso del agua del acuífero Cuatrociénegas.

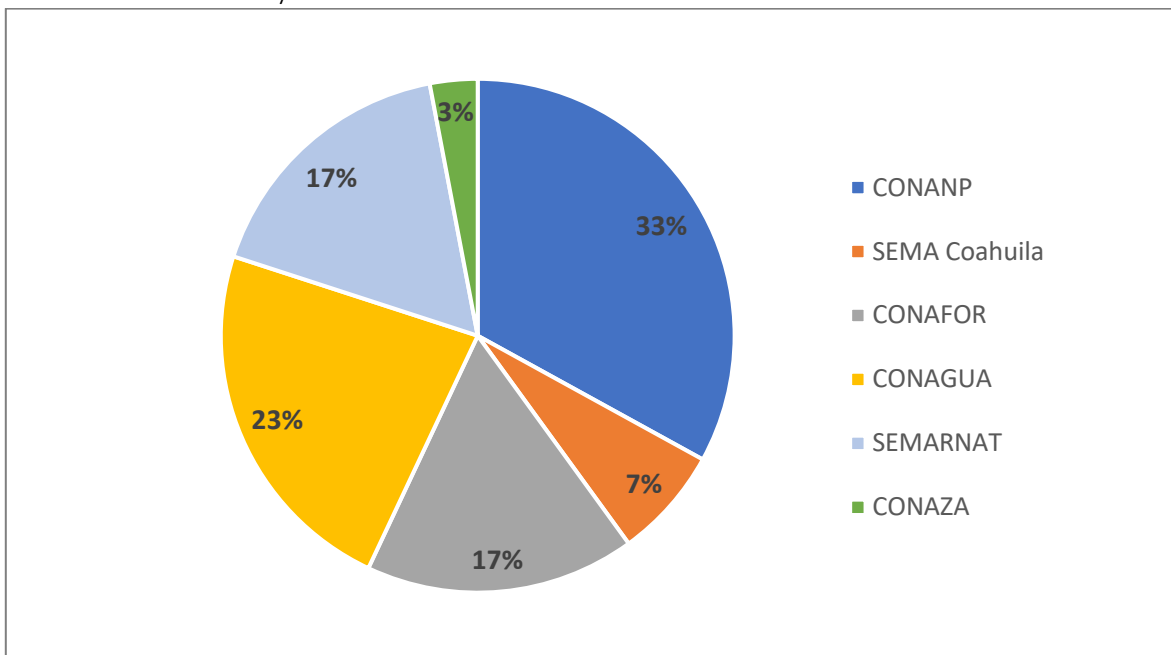
En cuanto a las actividades productivas que se realizan hoy, la agricultura de riego, la de temporal y la ganadería extensiva fueron citadas en todos los casos por los entrevistados; el turismo, el comercio y la extracción de recursos maderables estuvo presente en cinco de las diez respuestas; la explotación minera sólo registró una respuesta. Estas ocupaciones, a decir de los entrevistados, son la principal fuente de ingreso de la población económicamente activa de la región, tanto en la cabecera municipal como en las localidades sitas en el APFFC y su AI.

El período evaluado marcó un cambio en cuanto a la evolución productiva del APFFC y su AI, posicionando al turismo y la recreación como la actividad con mayor incremento en los últimos años, seguido de la agricultura de riego y la extracción de madera. Referente a los factores asociados al crecimiento y a la diversificación de las actividades productivas en el área, los entrevistados relacionaron el incremento del turismo, la recreación y el comercio con el crecimiento hotelero, la promoción turística. La segunda actividad más representativa, la agricultura de riego, se asoció con la apertura de nuevas áreas agrícolas, la tecnificación de riego, las mejoras agrícolas, la apertura de nuevos canales de riego y los apoyos gubernamentales. La extracción de madera se vinculó a su uso tradicional como combustible y al aprovechamiento furtivo del recurso.

Los entrevistados manifestaron que las labores agrícolas y las extractivas eran las que generaban mayores conflictos socioambientales en el área. La disponibilidad y el uso del agua fueron los temas señalados como los que ocasionan mayores disputas en el sector agropecuario. Mencionados desafíos han sido abordados por los entes del gobierno federal y estatal que intervienen en el manejo y en la gestión de los recursos y los servicios ecosistémicos del valle. Las herramientas de

manejo que se han puesto en marcha han ordenado territorialmente las actividades productivas. No obstante, se observó descoordinación entre lo expresado en el programa de manejo del ANP y los planes sectoriales desarrollados por las distintas dependencias administrativas. Las instituciones públicas señalan por su importancia en el manejo administrativo y la gestión de los recursos y los servicios ambientales del ANP se representan en la gráfica 6.

Gráfica 6. Organizaciones de gobierno que intervienen en el manejo administrativo y en la gestión de los recursos del APFFC y su AI

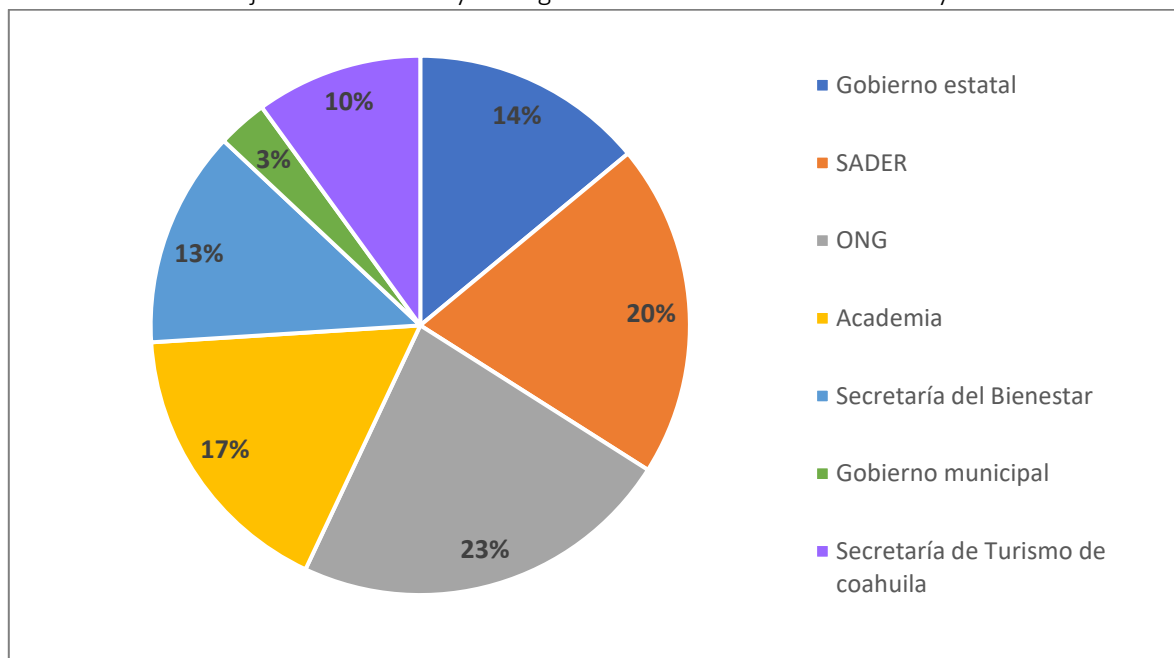


Fuente: Cuestionarios realizados durante el trabajo de campo.

La Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP) fue señalada como el órgano federal con mayor influencia en el manejo del APFFC, seguido de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR) y la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT).

La diversidad de actividades productivas de la región implica la intervención indirecta de organizaciones con distintas atribuciones de carácter económico, social y ambiental (Gráfica 7). Las Organizaciones no gubernamentales se ubican como el principal ente que interviene indirectamente en cuestiones de gestión del APFFC, seguido de la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER), las Instituciones académicas y el gobierno estatal.

Gráfica 7. Organizaciones de carácter estatal, federal, público y privado que intervienen de forma indirecta en el manejo administrativo y en la gestión de los recursos del APFFC y su AI



Fuente: Cuestionarios realizados durante el trabajo de campo.

3.2.4 Análisis de las causas y los propósitos de las actividades antrópicas de la región del APFFC sobre el CUSV

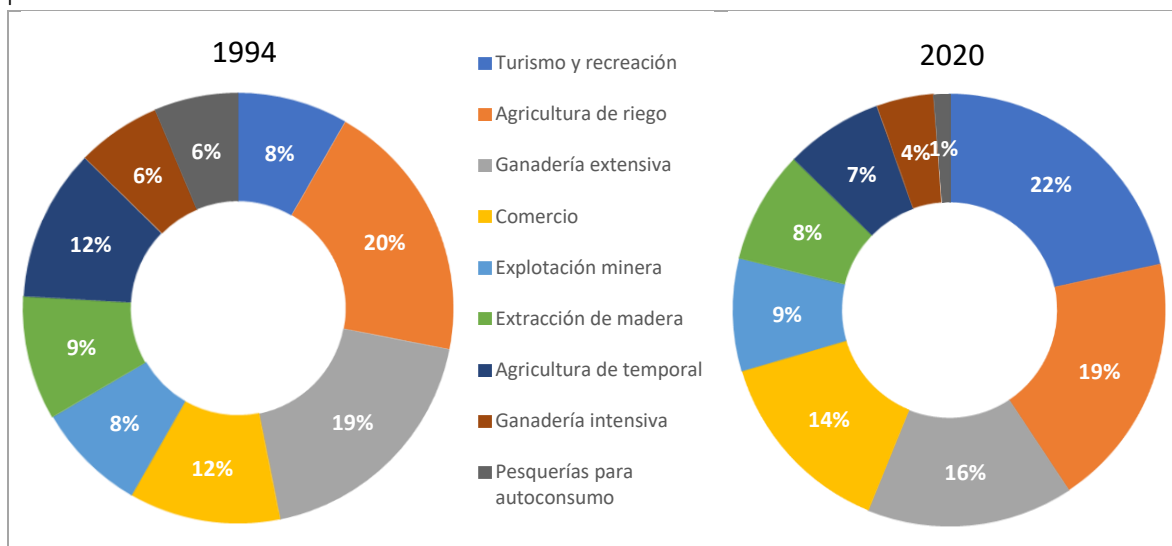
El cambio de la cubierta vegetal ha sido una constante en la dinámica socioeconómica de los países latinoamericanos, principalmente en aquellos con grandes regiones tropicales, lugares donde se ha detectado la mayor incidencia de deforestación en el mundo (Turner y Robbins, 2008; Lambin y Geist, 2002; Lambin *et al.*, 2001; NRC, 2014). En los últimos años, el cambio del uso del suelo y la transformación de las cubiertas vegetales se han constituido como uno de los factores implicados en el cambio global, alterando procesos y ciclos biogeoquímicos indispensables en los procesos naturales. Lo anterior es trascendental si se considera que por medio de estas modificaciones se materializa la relación entre el ser humano y el medio ambiente (Lambin *et al.*, 1999).

La identificación de las fuerzas o las causas impulsoras de los cambios de uso del suelo que inducen a modificaciones en las comunidades vegetales y en la biodiversidad que contienen, es uno de los objetivos primordiales de los estudios de biodiversidad que se interesan por los paisajes boscosos tropicales modificados por las personas. En estos bosques, numerosos estudios determinaron que la deforestación es la actividad humana de mayor impacto, impulsada por combinaciones sinérgicas de causas inmediatas y fuerzas subyacentes (Geist y Lambin, 2001). Las causas próximas o

inmediatas se refieren a las actividades humanas que afectan directamente a la vegetación, al usar y al transformar el suelo, por tanto, son fuentes inmediatas de cambios (Geist y Lambin, 2002). De tal manera, la expansión agrícola, la extracción de madera y la expansión de la infraestructura son las principales causas inmediatas identificadas. Las fuerzas subyacentes o secundarias son procesos sociales que apuntalan las causas directas a nivel local, o actúan indirectamente desde los niveles regional, nacional e incluso mundial. Entre los principales factores subyacentes se encuentran las variables demográficas, económicas, tecnológicas, político/institucionales, sociopolíticas y culturales (Geist y Lambin, 2001, 2002).

Para analizar las causas y los propósitos de las actividades antrópicas en la región del Valle de Cuatrociénegas, los factores próximos y adyacentes expresados por los actores clave de ambos tipos de cuestionarios, se organizaron en dos grupos. Los factores fueron relacionados con los porcentajes y tasas de transformación de la cubierta vegetal y los usos de suelo del APFFC y su área de influencia. Los actores identificados fueron: ejidatarios, comerciantes, agricultores, ganaderos, académicos, funcionarios públicos del estado y del municipio, así como miembros de la sociedad civil. Las actividades con potencial de impacto de cambio sobre la cobertura vegetal en el período analizado de acuerdo a la práctica actual, así como el incremento productivo fueron: agricultura de riego y temporal, turismo y recreación, ganadería extensiva e intensiva, comercio, explotación minera y extracción de recursos maderables y no maderables (Gráfica 8).

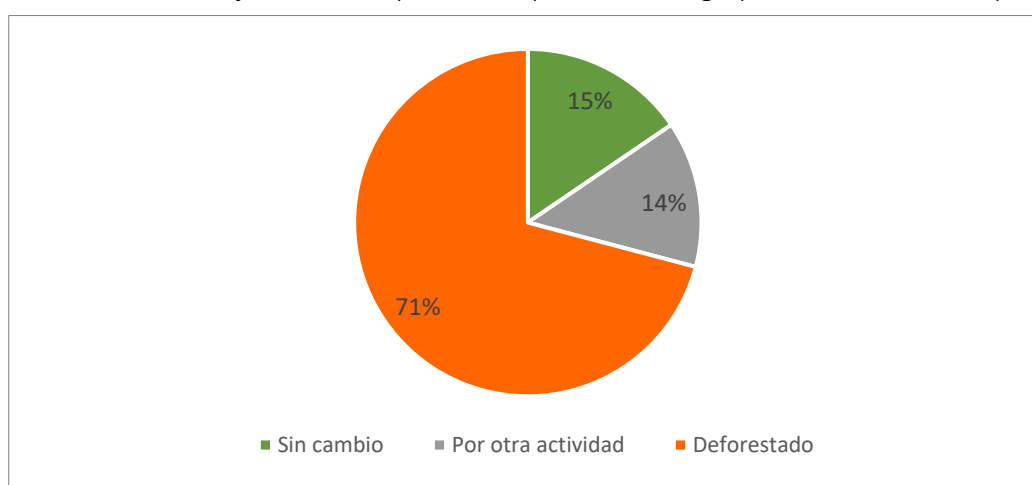
Gráfica 8. Cambio porcentual entre las actividades productivas realizadas en el APFFC y su AI en el periodo 1994-2020



Fuente: Cuestionarios realizados durante el trabajo de campo.

Como se aprecia en la gráfica anterior, el sector agropecuario (agricultura de riego y temporal, y ganadería extensiva e intensiva) fue el más determinante en la diversidad económica del APFFC y su AI, teniendo una presencia del 57% en 1994 y del 46% para 2020. Estas actividades fueron el principal factor próximo o inmediato promovente del CUSV, con una tasa de cambio de un 5.41% considerando el pastizal inducido y las áreas sin vegetación (Bocco et al.,2011). Labores que, durante el periodo evaluado, promovieron la deforestación de 4 258.83 ha de matorral desértico, 2 003.32 ha de bosque de mezquite, 2519.87 ha de pastizal halófilo, 6 907.26 ha de vegetación halófila, 816.91 ha de matorral xerófilo y 136.37 ha de bosque de coníferas (Gráfica 9).

Gráfica 9. Porcentaje cambiante promovido por el sector agropecuario en la APFFC y AI



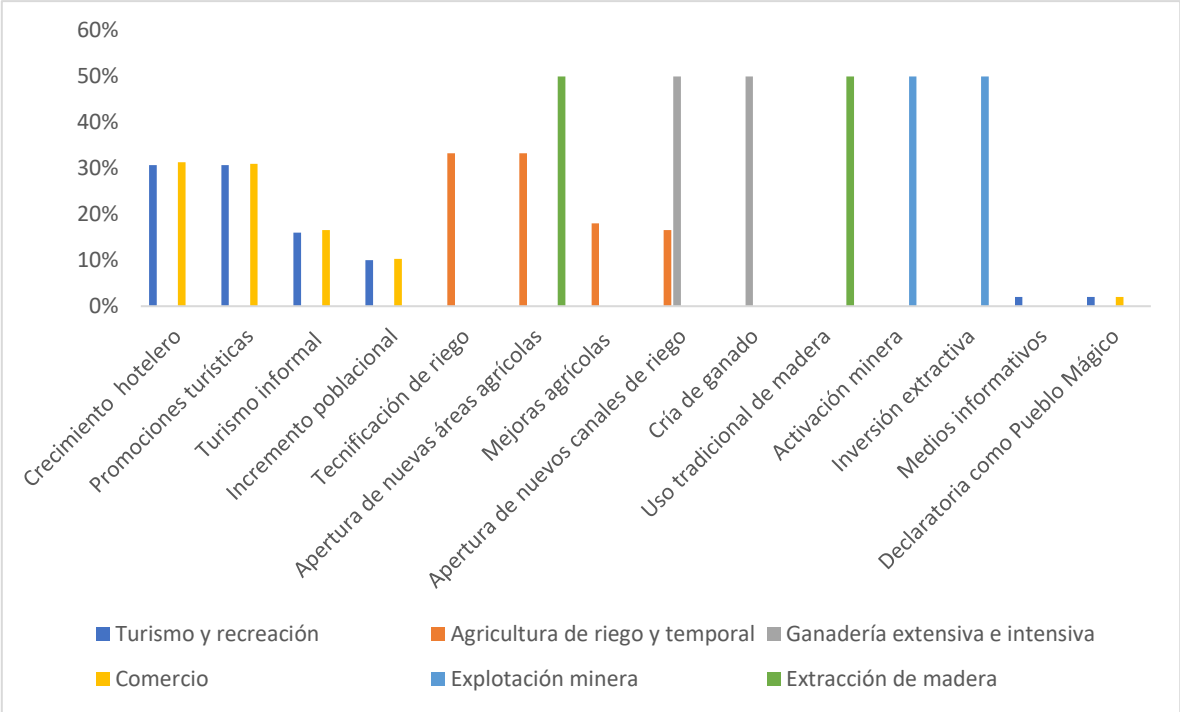
Fuente: Trabajo de gabinete

En cuanto a las causas próximas secundarias según los cambios generados por el sector agropecuario, con arreglo a los datos obtenidos en la consulta en campo, se observa que la tecnificación de riego y la apertura de nuevas áreas agrícolas incidieron de manera individual en un 33% en los procesos de CUSV. Paralelamente, las mejoras en insumos agrícolas y la apertura de nuevos canales de riego propiciaron este cambio en un 18% y 17% respectivamente (Gráfica 10). Estos factores optimizan los cultivos y garantizan su producción. Además, la mejora en la conducción del recurso hídrico contribuye a acrecentar el rendimiento agrícola, pero aumenta la frontera agrícola⁵, creando nuevas tierras útiles y parcelando superficies ajenas a las labores agrarias (FAO, 2021). La expansión de la frontera agrícola se mantiene como la principal causa de deforestación y fragmentación de las coberturas vegetales y la pérdida de biodiversidad forestal, en especial de las

⁵ Frontera agrícola: conjunto de terrenos sembrados más los terrenos que en los últimos cinco años fueron sembrados y hoy se encuentran en descanso por causas de migración o de fertilidad (SIAP-SAGARPA, 2016).

especies arbustivas y arbóreas adaptadas a las tierras áridas que ayudan a combatir la desertificación, así como aquellas con sistemas radiculares complejos que se encuentran en ecosistemas montañosos y que evitan la erosión del suelo (FAO, 2020).

Gráfica 10. Factores secundarios o subyacentes promoventes del CUSV en el APFFC y AI



Fuente: Cuestionarios realizados durante el trabajo de campo.

La apertura de nuevos canales de riego, así como el entubamiento de acequias generó conflictos en el área de estudio, debido a que las pozas de agua del Valle de Cuatrociénegas eran utilizadas con fines agrícolas antes de su declaratoria como ANP. A este respecto, una productora agrícola del Valle mencionó que: "Las restricciones en el uso del agua por diversas instituciones, limitó la producción de cultivos agrícolas" (10/05/2021. C.1-09-DAZU. Cabecera municipal, Cuatrociénegas de Carranza). Limitaciones motivadas por las características únicas en su sustrato y columna de agua, las cuales son el origen de una gran biodiversidad de flora y fauna (SEMARNAP, 1999). La agricultura se ha mantenido a lo largo del tiempo y ha impactado negativamente en el Valle, por ser la que más agua consume del acuífero de Cuatrociénegas (82.83%) y la escasa tecnificación de los sistemas de riego. Este hecho provoca pérdidas de agua por evaporación e infiltración. Para evitar estos efectos y reabastecer los humedales, se entubaron los canales, lo que produjo una reducción del volumen de agua que recibían los ejidatarios, lo que derivó en su descontento (Ortiz y Romo, 2016). Diversos medios periodísticos han publicado los impactos sociales de la actividad agrícola en el uso y la

gestión del agua del Valle. El diario digital Milenio (2019) publicó el desecamiento de más del 90% de las pozas a causa de la sobreexplotación del agua para el cultivo de alfalfa, lo que desencadenó el desabasto hídrico total de la poza de Nuevo Atalaya y Laguna de Churince. Ante este panorama, diversas organizaciones no gubernamentales bajo el amparo de diversas instituciones públicas propusieron la tecnificación y la modernización de los sistemas de riego. Sin embargo, la ejecución de estas propuestas ha generado tensiones en la población, al grado de amenazar y golpear a activistas y funcionarios públicos que cumplen con la instalación de gaviones —estructuras de contención que tienen como finalidad canalizar y recargar el acuífero del Valle— (El Siglo de Torreón, 2020; El Sol de la Laguna, 2020). En relación a estos hechos un agricultor del Valle, cuestionó la ejecución de diversas propuestas de canalización de las pozas: "Los programas gubernamentales no tiene valor en el sector productivo, no existe un programa unificado para el bienestar social y el desarrollo del municipio" (11/05/2021. C.1-15-DAZU. Cabecera municipal, Cuatrociénegas de Carranza).

Las modernizaciones agrícolas buscan hacer más eficiente el suministro de riego de uno de los cultivos más representativo de la región y también el más demandantes de agua, la alfalfa. El cual se ha mantenido desde el primero Censo agrícola, ganadero y forestal con información digital disponible (2007) como el cultivo perenne con mayor superficie en el municipio (1 977.86 ha).

La segunda causa promotora del CUSV fue el turismo, la recreación y el comercio, al pasar del 20% al 36% en la dinámica económica del área de interés (Figura 31). Así, se ha constatado un aumento de los asentamientos urbanos, en un 89.58%, deforestando: 93.76 ha de vegetación halófila, 7.44 ha de bosque de mezquite, 1.11 ha de matorral xerófilo; urbanizando: 6.36 ha de zonas agrícolas y 21.75 ha de pastizal inducido. En cuanto a las causas próximas secundarias de acuerdo con los cambios generados por el sector del turismo y comercio, según los datos obtenidos en campo, se observa que el crecimiento de la industria hotelera y las promociones turísticas incidieron de manera individual un 31% en el crecimiento de estas actividades. El turismo informal y el incremento poblacional propiciaron este aumento en un 16% y un 10% respectivamente.

El turismo en el municipio de Cuatrociénegas comenzó como una alternativa a las actividades económicas más representativas (agricultura y minería), dos acontecimientos detonaron su arranque como destino turístico: 1.- el decreto federal de 1994 del Valle de Cuatrociénegas como ANP, y 2.- el que en 1995 George Grall publicara en la revista National Geographic un artículo sobre la belleza escénica de Cuatrociénegas (García y López, 2017). Más recientemente, la designación en

2012 de la cabecera del municipio como Pueblo Mágico promovió el desarrollo turístico, tanto de la localidad como del ANP. La actividad turística ha encontrado en el ANP un recurso territorial turístico con alto valor para el desarrollo de actividades recreativas y en particular con aquellas relacionadas con la naturaleza (CONANP, 2018). De acuerdo con la Encuesta 2017 del Protocolo de Turismo Sustentable en Áreas Naturales Protegidas, los atractivos naturales que más destacan de un ANP son los siguientes: dunas, bahías, arrecifes, islas, cuevas y/o grutas, lagos y/o lagunas, playas, ríos/arroyos, barrancas, cañadas, cañones y biodiversidad (CONANP, 2018). Atractivos que el APFFC cumple en: dunas, cuevas, ríos, arroyos y especies relictas de flora y fauna.

El primer Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas (DENUE) del INEGI publicado en 2010, indica que en la zona de estudio están inscritas 202 unidades económicas (UE)⁶ relacionadas con el turismo. Entre las que se destaca la infraestructura hotelera, constituida por seis hoteles, con una ocupación remunerada de 45 empleados, mientras que la actividad más abundante, el comercio al por menor, presentaba 138 UE y se encontraba con una ocupación de 48 empleados (Censos económicos INEGI, 2019). Unidades que para el 2020 aumentaron a 233 UE, la industria hotelera incrementó en un período de diez años un 150%, al presentar 15 establecimientos en la cabecera del municipio, aumentando la empleabilidad en un 217.7% al mantener ocupado a 153 empleados. El comercio al por menor concentró 146 UE (incrementó 5.8%), elevando la ocupación remunerada un 41.66% (68 empleados; DENUE, 2010 y 2020).

A consideración de los entrevistados (95%), en la etapa de campo, el turismo y el comercio ha sido el ramo que más se ha desarrollado: "Ha aumentado el turismo por la declaratoria de ANP y de Pueblo Mágico" (prestador de servicios turísticos; 11/05/2021. C.1-10-JMCG. Cabecera municipal, Cuatrociénegas de Carranza). Crecimiento que promovió un aumento en el capital económico de la región, el cual se denota también en la concentración poblacional en la cabecera del municipio y el bienestar social de sus pobladores: "Cuatrociénegas es todo, es el gancho turístico, es que te voltees a ver el gobierno, es el diamante de la región" (comerciante; 13/05/2021. C.1-19-DAZU. Cabecera municipal, Cuatrociénegas de Carranza).

⁶ Unidad económica: entidad (institución, empresa, negocio o persona) que se dedica a la producción de bienes, compra-venta de mercancías o prestación de servicios públicos y privados (Recuperado de: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/401527/Glosario_de_terminos_Laborales.pdf)

Cuatrociénegas de Carranza ha diversificado sus atractivos, infraestructura y servicios para el desarrollo de actividades turísticas y comerciales. La población de la zona de análisis mostró un aumento del 8.44% en el período 1994-2020. De manera particular, la población de las localidades insertas en el APFFC disminuyó un 46.26% desde la publicación del decreto constituyente del ANP, sin embargo, el área de influencia presentó un aumento del 13.18%.

La cabecera municipal ha concentrado el crecimiento poblacional del AI con el 5.71%. También ha mostrado un aumento del número de habitantes ocupados y económicamente activos. El AI aumentó su población ocupada en este mismo período un 10.02% y económicamente activa un 10.59%. Es de subrayar que Cuatrociénegas de Carranza concentra el 94.4% de la población total de esta área, además de aportar el 38.73% de ocupación y el 39.61% de población económicamente activa. Incremento que ha motivado diferentes discursos en contra de esta actividad en la población del Valle, así como a la infraestructura para sostenerla a corto y mediano plazo: "Impacto negativo en la zona por el turismo, entre más gente más basura se genera" (comerciante; 13/05/2021. C.1-17-JMCG. Cabecera municipal, Cuatrociénegas de Carranza); "El pueblo no está preparado para recibir tantos visitantes" (agricultor; 11/05/2021. C.2-02-DAZU. Antiguos Mineros del Norte, Cuatrociénegas de Carranza); "El uso de los servicios básicos provoca el agotamiento de agua en el pueblo" (miembro de una asociación civil conservacionista; 12/05/2021. C.2-05-DAZU. Cabecera municipal, Cuatrociénegas de Carranza).

En las zonas del valle del APFFC y en las regiones submontanas del AI, el aprovechamiento de recursos maderables y no maderables continuó de forma particular en los bosques de mezquite y en la vegetación arbustiva secundaria de candelilla, siendo el 8% en las actividades productivas del área. Los registros disponibles en 2005 y 2011 de la unidad de manejo forestal desierto oeste de Coahuila, demuestran que en el municipio de Cuatrociénegas se constataron 13 permisos de candelilla y sotol, y dos de mezquite. Los ejidos Seis de Enero, Nuevo Atalaya, Antiguos Mineros del norte, La Vega y El Venado fueron los principales productores del área. El total de unidades productivas de carácter forestal en el municipio fue de 13 (CONAFOR, 2011; GOB, 2005).

La candelilla forma parte de la cobertura arbustiva de matorral seca o xerófila, y según el proceso de clasificación, durante el periodo evaluado se mantuvo como la vegetación más representativa del APFFC y su AI. Mencionada cobertura se comprobó ampliamente distribuida, manteniendo una superficie en este lapso de 106 693.28 ha (25% del área total). Además, presenta un bajo índice de

deforestación en su cobertura del 0.51%, y una alteración del 25.37% al cambiar su asociación vegetal a matorral desértico y mezquite, resultado de su aprovechamiento.

Las causas próximas secundarias con relación a los cambios generados por el sector maderable y no maderable, de acuerdo con los datos obtenidos en la consulta en campo, son representados en el mismo porcentaje (50%) por el uso tradicional de madera y la apertura de nuevas áreas agrícolas. La extracción rústica o tradicional de los activos forestales en esta área es determinada por los permisos de aprovechamiento, los cuales deben considerar criterios, procedimientos, y especificaciones técnicas para su aprovechamiento (SEMARNAT, 2022). Durante el trabajo de campo, en el ejido La Vega (localidad ubicada al pie de monte de la Sierra La Purísima) y cuya organización ejidal cuenta con un Programa de Manejo Forestal (CONAFOR, 2011), la jueza auxiliar de la localidad mencionó: "La conservación era buena, sin embargo, la restricción del área promovió la tala ilegal de mezquite" (11/05/2021. C2-03-DAZU. La Vega, Cuatrociénegas de Carranza). Aprovechamiento maderable que, debido a las autorizaciones y permisos para su extracción y transporte, fomentó en los mismos pobladores del ejido y de aquellas localidades con superficie forestal con las mismas características, actividades ilícitas para reconvertir la madera de mezquite en carbón. El comisario ejidal de El Venado presentó una postura similar al afirmar lo siguiente: "El uso de madera impacta en el ambiente en la tala y en la contaminación que provoca la producción de carbón vegetal" (11/05/2021. C2-04-DAZU. El Venado, Cuatrociénegas de Carranza). Situación similar presentó el aprovechamiento de candelilla, debido a las grandes cantidades del material vegetal requerido para la generación de un kilogramo de cerote (42 kg): este rendimiento no asegura la continuidad de la especie en condiciones naturales. Por dicho motivo, su comercialización hacia el extranjero se encuentra regulada por la CITES. La candelilla ofrece funciones complejas en los ecosistemas desérticos, como la retención de humedad y partículas del suelo a través del crecimiento de macollos⁷, lo que permite el establecimiento de otras especies, así como la protección del suelo de la radiación solar evitando la erosión y la desertificación (CITES, 2009).

La información registrada en el programa de manejo del APFFC manifiesta que la explotación de yeso y sales minerales en los arenales del área, fueron suspendidos en 1997 (SEMARNAP, 1999). No

⁷ Macollo: conjunto de hojas, flores o vástagos que brotan de un mismo pie en la mayoría de las gramíneas y otras plantas parecidas; constituye una unidad estructural y desarrolla su propio sistema radicular, el cual se ramifica copiosamente a partir de la raíz primaria, en las plantas perennes, o echa a su alrededor vástagos que se agrupan en un manojo (Recuperado de: <https://dem.colmex.mx/Inicio>)

obstante, las políticas de manejo del ANP consideran las actividades de extracción en dos de las tres zonas definidas para su conservación —Uso restringido y Aprovechamiento contralado—. Estas actividades deben restringirse a los sitios donde tienen lugar, siempre y cuando no perjudiquen los recursos naturales ni comprometan el futuro de las especies florísticas y faunísticas del lugar (SEMARNAP, 1999). El Servicio Geológico Mexicano (SGM) considera el municipio de Cuatrociénegas como uno de los principales distritos mineros del estado de Coahuila (SGM, 2018). En las localidades mineras se emplazan depósitos de minerales no metálicos, bancos de roca dimensionable, acumulaciones de agregados pétreos y minerales metálicos (SGM, 2013).

Durante el periodo evaluado, la minería aumentó del 8 al 9% debido a la reactivación de la productividad minera. Las empresas que mantuvieron una concesión anterior al decreto del ANP, reestablecieron sus labores al presentar ante la SEMARNAT el Manifiesto de Impacto Ambiental. Dicho documento muestra el impacto ambiental, significativo y potencial, que generaría una obra o actividad, así como la forma de evitarlo o atenuarlo en caso de que sea negativo (SGM, 2013; LGEEPA, 2021). Posterior a la presentación de este manifiesto de impacto ambiental, la Secretaría expidió a los interesados la autorización para su aprovechamiento. Actualmente, existen localidades con yacimientos de yeso y salmueras (lagunas concentradas de sales minerales) que se ubican dentro del APFFC. El ANP tiene una mina activa de yeso evaporítico llamada “Alma Rosa” en el ejido San Vicente. Las localidades mineras inactivas desde el decreto del APFFC, así como por la falta de estudios justificativos para la actividad son: Los Arenales, Lupita 1, Tierra Blanca, El Pilón, Las Albardas, Las Playitas y Loma Altamira (SGM, 2013). En el AI se constatan dos concesiones mineras en la falda oriente y sur de la Sierra El Granizo: la primera denominada “La Luz” con una superficie de aprovechamiento de 825 ha, y la segunda denominada “Cuatro Ciénegas” con una extensión de 459 ha. Ambas concesiones, sitas en el Valle del Jabalí, se refieren a la extracción de plata, cobre, plomo y zinc (SE, 2021).

Cualquier tipo de reconversión de suelo forestal a agrícola, pecuario o por actividades extractivas en el APFFC, se autorizará únicamente en la zona de uso restringido —posterior a la Evaluación de Impacto Ambiental—, al ser un hábitat con algún grado de impacto, siempre y cuando no perjudique la vocación original de la cobertura a cambiar, manteniendo en el presente y el futuro las condiciones de conservación del área (SEMARNAP, 1999; LGEEPA, 2021). La modificación en los usos de suelo y vegetación en el APFFC en el período de análisis, correspondió a una tasa de cambio total del 7.3% en todas sus coberturas, equivalente a una transformación de 4 081.5 ha por año. Este

dato coincidente con las variables cualitativas obtenidas en la consulta realizada en campo sobre las principales actividades productivas de la región, y los factores próximos y subyacentes de su dinámica.

La economía de la región se ha basado históricamente en la producción primaria, en especial de agricultura de riego, ganadería (bovino y caprino) y minería. La introducción del pastoreo de ganado doméstico a mediados del siglo XIX tuvo un importante efecto ecológico e hidrológico. El pastoreo es común a lo largo de la región ecológica de los Desiertos de América del Norte, misma en la que se encuentra el Desierto Chihuahuense. La minería en esta área ha suscitado la aparición y el abandono de muchos y pequeños poblados que se dedicaban al aprovechamiento de recursos minerales como cobre, oro, plata, hierro, carbón, uranio y sales minerales. La reconversión de la vocación del suelo en zonas áridas, resultantes de las actividades antrópicas como el sobrepastoreo, la expansión de áreas agrícolas y la sobreexplotación de coberturas vegetales frágiles con fines maderables y no maderables, así como la realización de actividades mineras, provoca una degradación conocida como desertificación. Proceso causado por el mal manejo de los recursos naturales, promoviendo una mayor susceptibilidad al deterioro de regiones áridas, desencadenando una serie de procesos negativos. Algunos de éstos son: pérdida de suelos por erosión eólica e hídrica, empobrecimiento químico del suelo, reducción del nivel de agua del subsuelo, alteración general del ciclo hidrológico, regeneración natural menor de plantas herbáceas y leñosas, reducción severa de la productividad ecosistémica y la pérdida de la diversidad biológica (Granados *et al.*, 2013).

En la actualidad, el turismo y las actividades recreativas se han vuelto un importante factor en el crecimiento de las economías local y regional. Actividades que a mediano y largo plazo podrían convertirse en la principal actividad económica de la región, diversificando las ofertas laborales, promoviendo una ocupación en un sector menos intrusivo con el aprovechamiento de los recursos naturales, disminuyendo los cambios en la cobertura del APFFC. Cambio que deberá adecuarse a las relaciones socioambientales de sus pobladores y de la oferta turística que visite esta ANP, fomentando en ambas partes el valor socioecológico que este brinda al ambiente y las poblaciones inmersas y adyacentes del Valle de Cuatrociénegas.

CONCLUSIONES

La estructura ecosistémica de un ANP es compleja debido a los factores inmersos en su dinámica, las variables naturales, sociales, económicas y culturales deben fluir armónicamente para cumplir el objeto central de preservación. Funcionamiento de los ecosistemas, que a corto, mediano y largo plazo mantendrá sus recursos y proporcionará sustento a las comunidades locales pertenecientes a esta figura normativa. El APFFC fue decretada con esta categoría debido a su extraordinaria riqueza biológica, dependiente de la presencia de un sistema endorreico de pozas con características únicas, mismas que propician el desarrollo de especies endémicas. La ubicación restringida de esta área en el Desierto Chihuahuense en conjunto con los factores físicos de aridez e hidrológicos, ha promovido desde inicios del siglo XIX el crecimiento poblacional en el área, generando una presión antrópica en los recursos del Valle. Si bien, las actividades productivas primarias y secundarias están permitidas en el APFFC, estas deberán sujetarse a un aprovechamiento racional y sostenible, salvaguardando el equilibrio ecológico y los procesos evolutivos de las especies relictas que conforman a los ecosistemas terrestres y acuáticos del área.

El incremento poblacional y la consecuente demanda de recursos naturales se ve reflejada en el cambio de vocación del uso de suelo. La capacidad y dinámica productiva de la población del APFFC y su AI durante el periodo de 1994-2020, se ha sostenido principalmente por las actividades agropecuarias. Estas han aumentado la frontera agrícola de aprovechamiento, modificando la cubierta vegetal original. La estrategia cuantitativa y cualitativa empleada permitió reconocer los cambios de uso de suelo y vegetación. El periodo tratado (1994-2020) en los insumos satelitales, procesado bajo un criterio de clasificación, mostró la alteración y la transformación de la composición vegetal del Valle. El suelo agrícola del APFFC, transformó anualmente 161.47 ha su superficie, presentando durante el periodo evaluado un incremento total del 230.94%. La identificación de los principales actores que actúan sobre el CUSV fue confirmada durante el trabajo de campo, gracias a la aplicación de una serie de cuestionarios semiestructurados dirigidos a los habitantes y a los tomadores de decisiones del APFFC y AI. Los cuestionarios fueron diseñados para reconocer cualitativamente los factores próximos y adyacentes de la dinámica y progresión espacio-temporal de las actividades antrópicas que aprovechan directamente los recursos del Valle.

Las causas próximas o inmediatas fueron identificadas como aquellas actividades con un impacto potencial de cambio, siendo la agricultura de riego y temporal, el turismo y la recreación, el comercio y la ganadería extensiva, como las principales labores promoventes del CUSV. Éstas se ajustaron a

la información espacial de los valores de las tasas de deforestación de las categorías de la clasificación del periodo evaluado. Factores próximos que fueron motivados por un segundo grupo de causas subyacentes que involucraron variables demográficas, económicas y tecnológicas.

Se constató que el principal motivo del cambio para el sector agropecuario fue la tecnificación de riego, la apertura de áreas agrícolas y la mejora de insumos; para el turismo y el comercio fue el incremento de la infraestructura hotelera; para la extracción maderable y no maderable correspondió el uso tradicional del recurso como combustible y la apertura de áreas aprovechables; y para las actividades mineras los factores secundarios se relacionaron con la activación extractiva producto de la inversión en cuanto a la generación de documentales que reflejan el bajo impacto ambiental de su realización.

El estudio del territorio de un ANP bajo un enfoque integral espacial y social, permite reconocer los propósitos de la dinámica económica que promueven las modificaciones de la cobertura vegetal, proceso que el APFFC ha ido modificando en virtud de la diversificación productiva y de la concentración poblacional en la cabecera del municipio de Cuatrociénegas. Actualmente el sector turístico y el recreativo predomina en la zona de análisis, además de presentar el mayor crecimiento en los 26 años del periodo evaluado.

Es importante mencionar que el procesamiento de imágenes satelitales y el uso de sistemas de información geográfica generan resultados que se aproximan a la realidad. Es de considerar para estudios posteriores la realización de trabajo de campo en la identificación *in situ* de las formaciones vegetales, o en su caso considerar la escala y resolución de las cartas satelitales a procesar. Debe tenerse en cuenta también el universo de los actores participantes en los instrumentos aplicados, adaptados a la nueva normalidad provocada por la pandemia de la enfermedad de la covid-19, así como a la profundización de los conflictos y las tensiones socioambientales que provoca la restricción de los recursos del Valle.

Durante el tratamiento de datos en gabinete, como la aplicación de este trabajo en campo, se pudo establecer una relación entre las actividades antrópicas que propician el CUSV, con los factores que las promueven. Logrando diferenciar aquellas actividades productivas que por su origen y establecimiento anterior al decreto del APFFC han provocado una serie de transformaciones en la cubierta vegetal del área. Sin embargo, la diversificación productiva en el ramo de la prestación de servicios turísticos, posterior a la difusión científica y cultural del área, han provocado una concentración poblacional en el AI, situación que se ve reflejada en la disponibilidad de los servicios

básicos, principalmente el abastecimiento de agua. El alcance técnico y el enfoque social de este trabajo puede representar una herramienta para el ordenamiento y la planificación del territorio del APFFC, con el objeto de aprovechar de manera sostenible los recursos naturales, asegurando la resiliencia de los hábitats y los ecosistemas del área... todo un reto.

LITERATURA CITADA

- Alcántara, P., Bocco, G., Mendoza, M., Plascencia, H. y Rosete, F. (2010). *Análisis de la aptitud territorial. Una perspectiva biofísica*. D.F. México: SEMARNAT-INE-UNAM-CIGA.
- Alonso, F. (2006). *Sistemas de Información Geográfica*. Recuperado de: <https://www.um.es/geograf/sigmur/temariohtml/>
- ArcGIS (2020). *¿Cómo funciona la Clasificación de máxima verisimilitud?* Recuperado de: <https://desktop.arcgis.com/es/arcmap/10.3/tools/spatial-analyst-toolbox/how-maximum-likelihood-classification-works.htm>
- Arriaga, L., Aguilar, V. y Espinoza, J. (2009). Regiones prioritarias y planeación para la conservación de la biodiversidad. En CONABIO. (Ed.), *Capital natural de México, vol. II: Estado de conservación y tendencias de cambio* (pp. 433-457). D.F., México: CONABIO.
- Aulló, M. (2014). *La teledetección como herramienta para la evaluación de la vulnerabilidad de ecosistemas forestales latinoamericanos frente al cambio climático: fragmentación y conectividad*. Madrid, España: Estado del arte.
- Baltar, T. y Gorjup, M. (2012). Muestreo mixto online: una aplicación en poblaciones ocultas. *Intangible Capital*, 8(1), 123-149.
- Bocco, G. y Garibay, C. (2011). *Cambios de uso de suelo en la meseta purépecha (1976-2005)*. D.F. México: SEMARNAT-INE-UNAM-CIGA.
- Buzai, G. (1999). *Geografía Global*. Buenos Aires, Argentina: Luján.
- Buzai, G. (2013). *Sistemas de Información Geográfica (SIG): Teoría y Aplicación*. Buenos Aires, Argentina: Luján.
- Britos, A. y Barchuk, A. (2008). Cambios en la cobertura y en el uso de la tierra en dos sitios del Chaco Árido del noroeste de Córdoba, Argentina. *Agriscientia*, 25(2) 97-110.
- Briceño, N., Barboza, E., Maicelo, J., Oliva, S. y Salas, R. (2019). Deforestación en la Amazonía peruana: índices de cambios de cobertura y uso del suelo basado en SIG. *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*, 81(2538), 1-34.
- Calegari, V. (1997). *Environmental Perceptions and Local Conservation Efforts in Cuatro Ciénegas Coahuila, Mexico* (Tesis de maestría). Department of Geography. University of Texas, Austin, USA.
- Calzada, L. (2018). *Análisis socioambiental de los factores de cambio de uso de suelo y vegetación en el istmo oaxaqueño, México* (Tesis de Maestría). Universidad Nacional Autónoma de México, CDMX, México.

- Camacho-Sanabria, J., Juan, J., Pineda, N., Cadena, E., Bravo, L. y Sánchez, L. (2015). Cambios de cobertura/uso de suelo en una porción de la Zona de Transición Mexicana de Montaña. *Madera y Bosques*, 21(1), 93-112.
- Camacho-Sanabria, R., Camacho-Sanabria, J., Balderas, M. y Sánchez, M. (2017). Cambios de cobertura y uso de suelo; estudio de caso en Progreso Hidalgo, Estado de México. *Madera y Bosques*, 23(3), 39-60.
- Canales, M. (2006). *Metodologías de la investigación social*. Santiago, Chile: LON Ediciones.
- Capel, H. y Arteaga, L. (1984). *Las Nuevas Geografías*. Barcelona, España: Aula Abierta Salvat.
- Carabias, J. (2019). Medio ambiente y democracia: historias que se entrelazan. Recuperado de: https://www.ine.mx/wpcontent/uploads/2019/11/CM_33_MedioAmbienteyDemocracia.pdf
- Carabias, J. y Rabasa, A. (2017). Cien años de políticas y normatividad ambiental En G. Esquivel., F. Ibarra. y P. Salazar. (Eds), *Cien ensayos para el Centenario*, (pp. 49.67). CDMX, México: Instituto de investigaciones jurídicas.
- Castells, M. (2001). Materials for an exploratory theory of the network society. *British Journal of Sociology*, 51(1), 41-58.
- Chico-Avelino, M. (2017). *Delimitación de áreas con uso inadecuado del territorio confrontando el uso actual y potencial del suelo en el valle de Zapotitlán Salinas, Puebla, México* (Tesis de Maestría). Universidad Nacional Autónoma de México, CDMX, México
- CITES. (2020). *Apéndices I, II y III de la CITES*. Recuperado de: <https://www.cites.org/esp/app/index.php>
- CONABIO. (2004) *Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves (AICAS)*. Recuperado de: <http://conabioweb.conabio.gob.mx/aicas/doctos/aicas.html>
- CONABIO. (2012). Biodiversidad. En Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (Ed.), *Capital natural de México, Vol. III: Políticas públicas y perspectivas de sustentabilidad* (pp. 156-190). D.F., México: CONABIO.
- CONABIO. (2020). *Comité Mexicano de la UICN*. Recuperado de: <https://www.biodiversidad.gob.mx/planeta/internacional/uicn/comite-mexicano-de-la-uicn>
- CONABIO. (2021). *Manual de procedimientos para emitir consideraciones técnicas por especie para la formulación de Dictámenes de Extracción No Perjudicial (NDF): Candelilla (Euphorbia antisiphilitica)*. Recuperado de https://www.biodiversidad.gob.mx/media/1/planeta/cites/files/CONABIO_NDF_candelilla.pdf

- CONABIO. (2022). *Cuatrociénegas*. Recuperado de: http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/regionalizacion/doctos/rhp_048.html
- CONAFOR. (2011). *Estudio regional forestal; Unidad de manejo forestal desierto oeste de Coahuila*. Recuperado de: <http://www.conafor.gob.mx:8080/documentos/docs/9/3836Memoria%20del%20Estudio%20Regional%20Forestal%200505.pdf>
- CONAFOR. (s/f). *Artesanías de madera de mezquite Ejido La Vega, Mpio. Cuatrociénegas, Coahuila*. Recuperado de: http://www.conafor.gob.mx/biblioteca/foros/Mezquite/ARTESANIAS_EN_MADERA_DE_MEZQUITE_EJIDO_LA_VEGA.PDF
- CONAGUA., IMTA., SEMARNAT., e INE. (2004). *Estudio hidrogeológico de los acuíferos el Hundido y Cuatrociénegas, Coahuila*. D.F., México: Comisión Nacional del Agua.
- CONAGUA y SEMARNAT (2007). *Guía de identificación de actores clave*. Distrito Federal, México: SEMARNAT.
- CONAGUA e IMTA. (2008). *Plan de manejo de los acuíferos Cuatrociénegas y Cuatrociénegas-Ocampo, Coahuila*. Coahuila, México: CONAGUA.
- CONANP. (2018). *100 años de conservación en México: Áreas Naturales Protegidas de México*. CDMX, México: SEMARNAT-CONANP.
- CONANP. (2018). *Marco Estratégico de Turismo Sustentable en Áreas Protegidas de México*. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. CDMX, México: Sakké.
- CONANP. (2019). *Origen de la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas*. Recuperado de: <https://www.gob.mx/articulos/conanp-historia>
- CONANP. (2020). *Cuatrociénegas*. Recuperado de: <https://www.gob.mx/conanp/dominios/cuatrociénegas/biodiversidad.php>
- CONAPO. (2009). *Informe de Ejecución del Programa de Acción de la Conferencia Internacional sobre la Población y el Desarrollo 1994-2009*. D.F., México: Consejo Nacional de Población.
- CONAPO. (2014). *Índice absoluto de intensidad migratoria México-Estados Unidos 2000-2010*. CDMX, México: Consejo Nacional de Población.
- CONAPO. (2020). *Glosario*. Recuperado de: http://www.conapo.gob.mx/work/models/CONAPO/Resource/2160/3/images/Glosario_Migracion_Interna.pdf

- Congalton, R. y Green, K. (1993). A practical look at the sources of confusión in error matrix generation. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 59(5), 641-644.
- Congreso de Coahuila. (2020). *Ley de Turismo del estado de Coahuila de Zaragoza*. Recuperado de: http://congresocoahuila.gob.mx/transparencia/03/Leyes_Coahuila/coa165.pdf
- Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos. (2020). Recuperado de: http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/1_080520.pdf
- Contreras-Balderas, S. (1984). Environmental impacts in Cuatro Ciénegas, Coahuila, México: a commentary. *Journal of the Arizona-Nevada Academy of Science*, 19 (1), 85-88.
- De la Maza, R. (1999). Una historia de las áreas naturales protegidas en México. *Gaceta Ecológica. Mensual* (51), pp. 15-68.
- Delgado, L., Matteucci, S., Acevedo, M., Valeri, C., Blanca, R. y Márquez, J. (2017). Causas directas que inducen el cambio de uso de suelo y de la cobertura boscosa, a escala de paisaje, en el sur de Venezuela. *Interciencia*, 42(3), 148-157.
- Deuker, K. y Kjerne, D. (1989). Multipurpose Cadastre Terms and Definitions. En Falls Church (Ed.), *Proceedings of the American Society for Photography and Remote Sensing and American Congress on Surveying and Mapping* (pp 12-35). Virginia, USA: Falls Church.
- Domínguez, C. (1999). El Sistema Nacional de Áreas Naturales Protegidas. *Biodiversitas. Mensual* (27), pp. 9-11.
- DOF. (1997). *Programa de Ordenamiento Ecológico para la Región de Cuatrociénegas, Coahuila*. Diario Oficial de la Federación. Recuperado de: <http://www.conanp.gob.mx/conanp/dominios/cuatrociénegas/docs/ordenamientoecologiocuatrociénegas.pdf>.
- DOF. (1999). *NOM-018-SEMARNAT-1999; Procedimientos, criterios y especificaciones técnicas y administrativas para realizar el aprovechamiento sostenible de la hierba de candelilla, transporte y almacenamiento del cerote*. Recuperado de: <http://biblioteca.semarnat.gob.mx/janium/Documentos/Ciga/libros2009/DO2264.pdf>.
- DOF. (2002). *ACUERDO por el que se recategorizan como áreas de protección de recursos naturales, los territorios a que se refiere el Decreto Presidencial de fecha 8 de junio de 1949, publicado el 3 de agosto del mismo año*. https://simec.conanp.gob.mx/pdf_recategorizacion/152_reca.pdf
- DOF. (2008). *Acuerdo por el que se dan a conocer los estudios técnicos del Acuífero 0528 Cuatrociénegas y se modifican los límites y planos de localización que respecto del mismo se dieron a conocer en el Acuerdo por el que se dan a conocer los límites de 188 acuíferos de*

los Estados Unidos Mexicanos, los resultados de los estudios realizados para determinar su disponibilidad media anual de agua y sus planos de localización. Recuperado de: http://dof.gob.mx/nota_detalle_popup.php?codigo=5045495

DOF. (2014). *Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Áreas Naturales Protegidas.* Diario Oficial de la Federación. Recuperado de: <http://www.ordenjuridico.gob.mx/Documentos/Federal/pdf/wo88541.pdf>.

DOF. (2018). *Ley General de Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente.* Diario Oficial de la Federación. Recuperado de: <http://www.ordenjuridico.gob.mx/Documentos/Federal/pdf/wo83191.pdf>.

Dudley, N. (2008). *Directrices para la aplicación de las categorías de gestión de áreas protegidas.* Gland, Suiza: UICN.

Eastman, R. (2012). *IDRISI SELVA: Guía para SIG y procesamiento de imágenes.* Córdoba, Argentina: Clark University.

Espinosa, D. y Ocegueda, S. (2008). El conocimiento biogeográfico de las especies y su regionalización natural. En Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. *Capital Natural de México, Vol. I: Conocimiento actual de la biodiversidad* (pp. 33-65). México.

FAO. (1996). *Forest resources assessment 1990. Survey of tropical forest cover and study of change processes.* Italia, Roma: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.

FAO. (2009). *Guía para la descripción de suelos.* Recuperado de: <http://www.fao.org/3/a-a0541s.pdf>

FAO. (2010). *Evaluación de los recursos forestales mundiales 2010 (Informe Principal 163).* Roma, Italia: FAO.

FAO. (2012). *El estado de los bosques del mundo.* Italia, Roma: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.

FAO. (2015). *Carta Mundial de los suelos.* Italia, Roma: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.

FAO. (2015). *Evaluaciones de recursos forestales mundiales. ¿Cómo están cambiando los bosques del mundo?* Recuperado de: <http://www.fao.org/forest-resources-assessment/es/>

FAO. (2018). *El estado de los bosques del mundo, las vías forestales hacia el desarrollo sostenible.* Italia, Roma: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.

- FAO. (2018). *Guía de buenas prácticas para la gestión y uso sostenible de los suelos en áreas rurales*. Colombia, Bogotá: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.
- FAO. (2020). *El estado de los bosques del mundo 2020*. Recuperado de <https://www.fao.org/3/ca8642es/CA8642ES.pdf>
- FAO. (2021). *Mejora de la producción agrícola y optimización del uso del agua mediante la tecnificación del riego*. Recuperado de <https://teca.apps.fao.org/teca/en/technologies/8032>
- Farmer, G. y Cook, J. (2013). *Climate change science: A modern Synthesis: Volume I The physical climate*. London, England: Springer Science & Bussines Media.
- Fernández-Copel, I. (2001). *El satélite Landsat. Análisis visual de imágenes obtenidas del sensor ETM+, satélite Landsat*. Valladolid, España: Universidad de Valladolid.
- Franco, R. (2017). *Composiciones Landsat en ArcGIS*. Recuperado de: https://mixdyr.files.wordpress.com/2017/06/composiciones_landsat_en-arcgis.pdf
- Galván, D. (2007). *Y nosotros ¿qué?, incorporación del ejido La Vega al Área de Protección de Flora y Fauna Cuatrociénegas* (Tesis de licenciatura). Universidad de las Américas, Puebla, México.
- García, T. (2003). *El cuestionario como instrumento de investigación/evaluación*. Recuperado de http://www.univsantana.com/sociologia/El_Cuestionario.pdf
- García, I. y López, A. (2017). Cuatrociénegas: conflictos asociados al turismo en un área natural protegida. *Cuadernos de Turismo* (40), 295-314.
- García, F. (29 de septiembre de 2019). Secas, más de 90% de pozas en Cuatro Ciénegas, Coahuila. *Milenio Diario*. Recuperado de <https://www.milenio.com/estados/cuatro-cienegas-se-secaron-90-por-ciento-de-sus-pozas>
- Geist, H. y Lambin, E. (2001). *What Drives Tropical Deforestation? A meta-analysis of proximate and underlying causes of deforestation based on subnational case study evidence*. Louvain-la-Neuve, Belgium: LUCC.
- GIZ. y CCAD. (2016). *Análisis de cambios de la cobertura forestal y uso de la tierra mediante imágenes satelitales de alta resolución espacial: Años 2009-2012-2015*. San José, Costa Rica: Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit.
- GOB. (2005). *Programa estratégico forestal 2005-2025. Gobierno de Coahuila*. Recuperado de: https://www.sema.gob.mx/SRN/DESCARGABLES/PROGRAMA_ESTRATEGICO_FORESTAL_2005-2025.pdf.
- González-Iturbe, J. (2004). Introducción a la Percepción Remota. En F. Bautista, H. Delfín y J. Palacio. (Ed.), *Técnicas de muestreo para manejadores de recursos naturales* (pp. 455-481). D.F., México: INE-UNAM-CONACYT.

- González, S. y Mendoza, J. (2017) Clima. En CONABIO. y SEMA (Eds.), *La biodiversidad en Coahuila* (pp. 45-54). CDMX, México: CONABIO-SEMA.
- Grall, G. (1995). *Cuatro Ciénegas. Mexico's Desert Aquarium*. Recuperado de: <http://www.stat.rice.edu/~siefert/CCNatlGeog.pdf>
- Granados, D. Hernández, M., Vázquez, A. y Ruíz, P. (2013). Los procesos de desertificación y las regiones áridas. *Revista Chapingo*, 19(2), 45-66.
- Hersperger, A., Gennaio, M., Verbug, P. y Bürgi, M. (2010). Linking Land Change with Driving Forces Forces and Actors; Four Conceptual Models. *Ecology and Society*, 15(4).
- Hubbs, C. y Miller, R. (1965). *Studies of Cyprinodont Fish Variation in *Lucania parva*, Its Establishment in Western Unites States and Description of a New Species from an interior Basin in Coahuila, Mexico*. Michigan, USA: Publications of the Museum of Zoology.
- IGAC. (2013). *Descripción y corrección de productos Landsat 8, LDCM (Landsat Data Continuity Mission)*. Recuperado de: <https://www.un-spider.org/sites/default/files/LDCM-L8.R1.pdf>
- INAH. (2020). Cuatro Ciénegas, santuario rupestre del semidesierto coahuilense. Recuperado de: <https://www.inah.gob.mx/boletines/9044-cuatro-cienegas-santuario-rupestre-del-semidesierto-coahuilense>
- INE. (2009). Análisis multitemporal de los cuerpos de agua del Área de Protección de Flora y Fauna de Cuatro Ciénegas, Coahuila, informe final. D.F., México: INE-SEMARNAT.
- INEGI. (2004). *El rezago educativo en la población mexicana*. http://internet.contenidos.inegi.org.mx/contenidos/Productos/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/historicos/2104/702825497538/702825497538_1.pdf
- INEGI. (2017). *Cuarenta años de cambios en la cubierta vegetal*. Recuperado de: https://www.inegi.org.mx/contenidos/saladeprensa/boletines/2017/especiales/especiales_2017_12_01.pdf.
- INEGI. (2017). *Guía para la interpretación de cartografía, uso de suelo y vegetación*. Recuperado de: http://internet.contenidos.inegi.org.mx/contenidos/Productos/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/nueva_estruc/702825092030.pdf
- INEGI. (SF). *Aspectos técnicos de las imágenes Landsat*. Recuperado de: https://www.inegi.org.mx/temas/imagenes/imgLANDSAT/doc/Aspectos_tecnicos_landsat.pdf.
- Jarosz, L. (2006). Defining Deforestation in Madagascar. En: Peet, R. y Watts, M. (Ed.), *Liberation ecologies: environment, development, social movements* (pp 148-164). Nueva York, EUA: Routledge; Taylor and Francis Group.

- Johnson, J. (1984). Special Symposium on the biota of Cuatro Ciénegas: A Summary. *Journal of the Arizona-Nevada Academy of Science*, 19 (1), pp. 89-90.
- La Prensa. (10 de diciembre 2019). Cuatro Ciénegas fortalece su economía a través del turismo. *La Prensa de Monclova*. Recuperado de: <http://laprensademonclova.com/2019/12/10/cuatro-cienegas-fortalece-su-economia-a-traves-del-turismo/>
- Lambin, E., Baulies, X., Bockstael, N., Fischer, G., Krug, T., Leemans, R., Moran, E., Rindfuss, R., Sato, Y., Skole, D., Turner, B. y Vogel, C. (1999). *Land-use and land-cover change (LUCC): Implementation strategy*. Stockholm, Sverige: IGBP.
- Lambin, E., Rounsevell, M. y Geist, H. (2000). Are agricultural land-use models able to predict changes in land-use intensity? *Elsevier Science. Agriculture, Ecosystems and Environment*, (82), 321-331.
- Lambin, E., Turner, B., Geist, H., Agbola, S., Angelsen, A., Bruce, J., Coomes, O., Dirzo, R., Fischer, G., Folke, C., George, P., Homewood, K., Imbernon, J., Leemans, R., Li, X., Moran, E., Mortimore, M., Ramakrishnan, P., Richards, J., Skanes, H., Steffen, W., Stone, G., Svedin, U., Veldkamp, T., Vogel, C. y Xu, J. (2001). The causes of land-use and land-cover change: moving beyond the myths. *Global Environmental Change* (11), 261–269.
- Lambin, E. y Geist, H. (2002). Proximate causes and underlying driving forces of tropical deforestation. *BioScience*, 52 (2), 143-150.
- Longley, P., Goodchild, M., Maguire, D. y Rhind, D. (1999). *Geographical Information Systems, Principles, Techniques, Applications and Management*. London, UK: John Wiley & Sons, Inc.
- Martín-Meras, L. (2010). Las cartas portulanas. Origen y desarrollo. En M. Domingo e I. Muña (Ed.), *Investigación, conservación y restauración de materiales y objetos cartográficos* (pp. 27-41). Madrid, España: Ministerio de Educación, Cultura y Deporte.
- Mas, J.-F., Velázquez, A. y Couturier. (2009). La evaluación de los cambios de cobertura/uso de suelo en la República Mexicana. *Investigación ambiental*, 1(1), 23-39.
- Mas, J.-F., Díaz-Gallegos, J., y Pérez, A. (2003). Evaluación de la confiabilidad temática de mapas o de imágenes clasificadas: una revisión. *Investigaciones geográficas*, 51, 53-72.
- Mas, J., Lemoine-Rodríguez, R., González, R., López-Sánchez, J., Piña-Garduño, A. y Herrera-Flores, E. (2017). Evaluación de las tasas de deforestación en Michoacán a escala detallada mediante un método híbrido de clasificación de imágenes SPOT. *Madera y Bosques*, 23(2), 119-131.
- Minckley, W. (1992). Three decades near Cuatro Ciénegas, Mexico: Photographic Documentation and a Plea for Area Conservation. *Limnology and Aquatic Biology of The Southwest*, 26 (2), 89-118.
- Monjardín, S., Pacheco, C., Plata, W. y Corrales, G. (2017). La deforestación y sus factores causales en el estado de Sinaloa, México. *Madera y Bosques*, 23(1), 7-22.

- Neger, C. y Crespo, J.M. (2021). Problemática de la gestión de las Áreas Naturales Protegidas de México: un análisis en las Reservas de la Biosfera de los Tuxtlas y los Petenes. *Anales de Geografía de la Universidad Complutense*, 41(2), 463-481.
- NRC. (2014). *Advancing Land Change Modeling: Opportunities and Research Requirements*. Washington, USA: National Research Council of the National Academies Press.
- Olaya, V. (2014). *Sistemas de Información Geográfica*. Recuperado de: https://www.icog.es/TyT/files/Libro_SIG.pdf
- Osorio, L., Mas, J.-F., Guerra, F. y Maass, M. (2014). Análisis y modelación de los procesos de deforestación: un caso de estudio en la cuenca del río Coyuquilla, Guerrero, México. *Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía, UNAM*, (88), 60-74.
- Ortiz, A. y Romo, A. (2016). Impactos socioambientales de la gestión del agua en el área natural protegida de Cuatrociénegas, Coahuila. *Región y Sociedad*, 28 (66), pp. 195-230.
- Pacheco, C., Aguado, I., Vilanova, E. y Martínez, S. (2012). *Utilización de las tecnologías de la información geográfica (TIG) en el desarrollo de un sistema de medición, reporte y verificación (MRV) de emisiones de CO2 en tres áreas "hot spot" de deforestación en Venezuela*. Madrid, España: Congreso Nacional de Tecnologías de la Información Geográfica
- Pineda, J., Bosque, J., Gómez, M. y Plata, W. (2009). Análisis de cambio del uso del suelo en el Estado de México mediante sistemas de información geográfica y técnicas de regresión multivariantes. Una aproximación a los procesos de deforestación. *Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía, UNAM*, (69), 33-52.
- Pingarroni, A. (2017). *Diversidad de árboles en un gradiente de paisajes Agroforestales tropicales con diferentes niveles de modificación por actividad antrópica* (Tesis de Maestría). Universidad Nacional Autónoma de México, Michoacán, México.
- Pinkava, D. (1983). Vegetation and Flora of The Bolson of Cuatro Ciénegas Region, Coahuila, Mexico IV: Summary, Endemism and Corrected Catalogue. *Journal of the Arizona-Nevada Academy of Science*, 19 (1), pp 23-47.
- Pisanty, I. y Rodríguez, M. (2017) Amenazas a la biodiversidad de Cuatro Ciénegas. En CONABIO. y SEMA (Eds.), *La biodiversidad en Coahuila* (pp. 485-498). CDMX, México: CONABIO-SEMA.
- Presuntos ejidatarios amenazan a activistas en Cuatro Ciénegas. (20 de octubre de 2020). *El Sol de la Laguna*. Recuperado de <https://www.noticiasdelsoldelalaguna.com.mx/local/presuntos-ejidatarios-amenazan-a-activistas-en-cuatro-cienegas-5914940.html>
- Puerta, R., Rengifo, J. y Bravo, N. (2011). *Manual de Arcgis básico*. Lima, Perú: Universidad Nacional Agraria de la Selva.
- Quintero, J. (2009). Definición y origen de los sistemas de información geográfica. En R. Aguirre (Ed.), *Conceptos de Geomática y estudios de caso en México* (pp. 115-148). D.F., México: Instituto de Geografía UNAM.

- Ramírez, S. (2006). *Análisis Ecológico de la vegetación gipsófila del Valle de Cuatro Ciénegas, Coahuila, México* (Tesis de Maestría). Universidad Autónoma Chapingo, Edo. Méx., México.
- Reid, W., Money, H., Cropper, A., Capistrano, D., Carpenter, S., Chopra, K., Dasgupta, P., Dietz, T., Duraipappah, A., Hassan, R., Karperson, R., Leemans, R., May, R., McMichael, T., Pingali, P., Samper, C., Scholes, R., Watson, R., Zakri, A., Shidong, N., Ash, J., Bennett, E., Kummar, P., Lee, M., Raudsepp-Hearne, C., Simons, H., Thonell, J. y Zurek, M. (2004). *Evaluación de los ecosistemas del milenio: Informe de síntesis*. Recuperado de: <https://www.millenniumassessment.org/documents/document.439.aspx.pdf>.
- Rodríguez, M. J., Valeria Souza S. y L. E. Arriaga D. (2007). Effect of overexploitation of the aquifer of the Hundido Valley and the impact on the ecological reserve of the Cuatro Ciénegas Valley of Coahuila, Mexico. *Ciencia FIC 1*, pp. 32-38.
- Rodríguez, J. y Olivella, R. (SF.) *Introducción a los sistemas de información geográfica. Conceptos y operaciones fundamentales*. Recuperado de: <http://openaccess.uoc.edu/webapps/o2/bitstream/10609/53645/1/Introducci%C3%B3n%20a%20los%20sistemas%20de%20informaci%C3%B3n%20geogr%C3%A1fica.pdf>.
- Rzedowski, J. (1991). Diversidad y orígenes de la flora fanerogámica de México. *Acta Botánica Mexicana*, 14 (14), 47-56.
- Sánchez-Gándara, A. (2011). *Conceptos básicos de gestión ambiental y desarrollo sustentable*. D.F. México: S y G.
- Secretaría de la Convención de Ramsar. (2006). *Manual de la Convención de Ramsar: Guía a la Convención sobre los Humedales (Ramsar, Irán, 1971)*. Gland, Suiza: Secretaría de la Convención de Ramsar.
- SECTUR. (2014). *Diagnóstico de competitividad de Cuatro Ciénegas, Pueblo Mágico*. Recuperado de: <https://s3.amazonaws.com/s3ghost/municipios/cuatrociénegas/ACDT+CUATROCIE%E2%95%A0u%CC%88NEGAS+Coahuila.pdf>
- SEMARNAP. (1995). *Programa de Áreas Naturales Protegidas de México 1995-2000*. Recuperado de: <http://legismex.mty.itesm.mx/progs/panpm.pdf>
- SEMARNAP. (1999). *Programa de Manejo del Área de Protección de Flora y Fauna Cuatrociénegas*. Recuperado de: https://www.conanp.gob.mx/que_hacemos/pdf/programas_manejo/cuatrociénegas.pdf
- SEMARNAT. (2015). *Informe de la situación del Medio Ambiente en México. Compendio de estadísticas ambientales, indicadores clave de desempeño ambiental y de crecimiento verde*. Ciudad de México, México: SEMARNAT.

- SEMARNAT. (2018). Sin precedentes, el cuidado de nuestras Áreas Naturales Protegidas. *Nuestro Ambiente. Mensual* (19), pp. 16-21.
- SEMARNAT. (2022). *Áreas naturales protegidas decretadas.* Recuperado de: http://sig.conanp.gob.mx/website/pagsig/datos_anp.htm
- SGM. (2013). *Inventario físico de los recursos minerales de la carta Cuatrociénegas G13-B59; Municipio de Cuatrociénegas de Carranza, Estado de Coahuila.* Recuperado de: https://mapserver.sgm.gob.mx/InformesTecnicos/InventariosMinerosWeb/T0513VEBJ0001_01.PDF
- SGM. (2018). Panorama minero del Estado de Coahuila. Recuperado de: <http://www.sgm.gob.mx/pdfs/COAHUILA.pdf>
- SIAP-SAGARPA. (2016). *Utilidad de la frontera agrícola en la Delegación de la SAGARPA en el estado de Chiapas.* Recuperado de https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/287234/Utilidad_de_Frontera_Agr_co_la_en_Chiapas.pdf
- Simonian, L. (1999). *La defensa de la tierra del jaguar. Una historia de la conservación en México.* D.F., México: Instituto Nacional de Ecología.
- SMN. (2020). *Normales climatológicas por estado.* Recuperado de: <https://smn.conagua.gob.mx/es/informacion-climatologica-por-estado?estado=coah>
- Souza, V., Escalante, A., Espinoza, L. y Valera, A. (2004). Cuatro Ciénegas, un laboratorio natural de astrobiología. *Ciencias, mensual* (75), 4-13.
- Souza, V., Espinosa-Asuar, L., Escalante, A., Eguiarte, L., Farmer, J., Forney, L. y Elser, J. (2006). An endangered oasis of aquatic microbial biodiversity in the Chihuahuan desert. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 103 (17), pp. 6565-6570.
- Souza, V., Avitia, M., Escalante, A., Rebollar, E., Moreno-Letelier, A. y Eguiarte, L. (2014). Population expansions shared among coexisting bacterial lineages are revealed by genetic evidence. *PeerJ*, 2, e696, pp. 2-17.
- Souza, V., Moreno-Letelier, A., Travisano, M., Alcaraz, L., Olmedo, G., y Eguiarte, L. (2018). The lost world of Cuatro Cienegas Basin, a relictual bacterial niche in a desert oasis. *eLife*, 7, e38278.
- Stein, B., Lynn, S. y Admas, J. (2000). *Precious heritage: the status of biodiversity in the United States.* Oxford, Gran Bretaña: Oxford University Press

- Teixeira, A., Matías, L., Noal, R. y Moretti, E. (1995). Qual melhor definicao de SIG. *Fator GIS*, 3(11), 20-24.
- The Nature Conservancy. (2000). *Conservation of biodiversity in Mexico: ecoregions, sites and conservation targets; synthesis of identification and priority setting exercises*. Recuperado de: https://www.researchgate.net/profile/Juan_Bezaury-Creel/publication/281359459_DRAFT_Conservation_of_biodiversity_in_Mexico_ecoregions_sites_and_conservation_targets_Synthesis_of_identification_and_priority_setting_exercises_092000_BORRADOR_Conservacion_de_la_biodiversidad_en_/links/55e3c81208aede0b5733ce5c/DRAFT-Conservation-of-biodiversity-in-Mexico-ecoregions-sites-and-conservation-targets-Synthesis-of-identification-and-priority-setting-exercises-09-2000-BORRADOR-Conservacion-de-la-biodiversidad-e.pdf
- Turner, B. y Robbins, P. (2008). Land-change science and political ecology: similarities, differences, and implications for sustainability science. *Annual Review of Environment and Resources* (33), 295-316
- UAM. (2011). *Tutorial (nivel básico) para la elaboración de mapas con ArcGIS*. Madrid, España: Universidad Autónoma de Madrid.
- UICN. (2018). *México, América Central y el Caribe. Informe Anual 2017*. Recuperado de: <https://portals.iucn.org/library/sites/library/files/documents/2018-010-Es.pdf>
- UICN. (2019). *Categorías de manejo de áreas protegidas de UICN*. Recuperado de: <https://www.iucn.org/es/regiones/am%C3%A9rica-del-sur/nuestro-trabajo/%C3%A1reas-protegidas/categor%C3%ADas-de-manejo-de-%C3%A1reas-protegidas-de-uicn>
- UICN. (2020). *Protected Areas*. Recuperado de: <https://www.iucn.org/es/node/25114>
- UNESCO., SEMARNAT. y CONANP. (2018). *Memoria documental del Patrimonio Mundial Natural y Mixto, México 2012-2018*. CDMX, México: CONANP.
- Urquiza, J. (2015). Miguel Ángel de Quevedo y el proyecto de conservación hidrológica forestal de las cuencas nacionales de la primera mitad del siglo XX, 1900-1940. *Historia Caribe*, 10 (26), pp. 215-255.
- Villareal, J. y Encina, J. (2005). Plantas vasculares endémicas de Coahuila y algunas áreas adyacentes, México. *Botánica Mexicana, Mensual* (70), 1-46.
- Villegas, P., Muñoz, R., Gallo, G. y Ponce, R. (2011). *Tasa de cambio de uso de suelo en el Parque Nacional Pico de Orizaba, Veracruz, México en el período 2003-2011*. D.F., México: Instituto de Ecología-CONANP.
- Williams, (2002). *Deforesting the earth: from prehistory to global crisis*. Chicago, USA: University of Chicago Press.

WWF., (2020). *Región Desierto Chihuahuense*. Recuperado de:
https://www.wwf.org.mx/quienes_somos/nuestras_alianzas2/alianza_wwf_fundacion_carlos_slim/region_desierto_chihuahuense/

ANEXO. CUESTIONARIOS



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
Instituto de Geografía UNAM

Análisis de los cambios de uso de suelo y vegetación por actividades antrópicas en el área de protección de flora y fauna Cuatrociénegas (Coahuila, México)



Cuestionario 1

Fecha:

Lugar:

Nombre:

Sexo: Hombre () Mujer ()

1. ¿Sabía usted que el valle de Cuatrociénegas es un área natural protegida (ANP)?

a) Sí

b) No

2. ¿Conoce su categoría de decreto?

Sí () ¿Cuál es? No ()

a) Reserva de la biosfera

b) Área de protección de flora y fauna

c) Área de protección de recursos naturales

d) Parque nacional

3. ¿Conoce alguna otra categoría?

Sí ¿Cuál? No

4. ¿Cuántos años lleva viviendo en la región?

a) De 1 a 8 años

b) De 8 a 15 años

c) De 15 a 25 años

d) Más de 25 años

5. ¿Cuál fue el último grado de estudios que completó?

No estudió

Primaria incompleta

Primaria completa

Secundaria incompleta

Secundaria completa

Bachillerato incompleto

Bachillerato completo

Carrera técnica

Licenciatura incompleta

Licenciatura completa

Otro _____

6. De las siguientes actividades ¿cuáles recuerda que se realizaban durante la década de 1990?

- | | | |
|--|---|-------------------------------------|
| <input type="checkbox"/> Agricultura de temporal | <input type="checkbox"/> Extracción de madera | <input type="checkbox"/> Pesquerías |
| <input type="checkbox"/> Agricultura de riego | <input type="checkbox"/> Explotación minera | Otra _____ |
| <input type="checkbox"/> Ganadería intensiva | <input type="checkbox"/> Turismo y recreación | |
| <input type="checkbox"/> Ganadería extensiva | <input type="checkbox"/> Comercio | |

7. ¿En cuál de las actividades anteriormente mencionadas participaba?

8. ¿Aún se dedica a esa actividad?

Sí () No () ¿Por qué?

9. ¿Cree que el establecimiento del ANP benefició o perjudicó dichas actividades?

Sí () No () ¿Por qué?

10. ¿Actualmente cuáles son las principales actividades productivas que se realizan en la región?

- | | | |
|--|---|------------|
| <input type="checkbox"/> Agricultura de temporal | <input type="checkbox"/> Extracción de madera | Otra _____ |
| <input type="checkbox"/> Agricultura de riego | <input type="checkbox"/> Explotación minera | |
| <input type="checkbox"/> Ganadería intensiva | <input type="checkbox"/> Turismo y recreación | |
| <input type="checkbox"/> Ganadería extensiva | <input type="checkbox"/> Comercio | |

11. ¿Usted participa en alguna?

Sí () No () ¿Por qué?

12. ¿Considera que esta actividad es la principal fuente de ingresos de su familia?

- a) Sí
- b) No

13. ¿Se dedica a otro tipo de actividad para complementar su ingreso?

Sí () ¿Cuál? No ()

14. ¿Es beneficiario de algún programa gubernamental que apoye al sector en el que labora?

Sí () ¿Cuáles? No ()

15. ¿Qué efecto tuvo la declaratoria de Cuatrociénegas como ANP en la calidad de vida de sus habitantes?

16. ¿Qué actividad(es) productiva(s) piensa usted que ha(n) incrementado en los últimos años?

- | | | |
|--|---|------------|
| <input type="checkbox"/> Agricultura de temporal | <input type="checkbox"/> Extracción de madera | Otra _____ |
| <input type="checkbox"/> Agricultura de riego | <input type="checkbox"/> Explotación minera | |
| <input type="checkbox"/> Ganadería intensiva | <input type="checkbox"/> Turismo y recreación | |
| <input type="checkbox"/> Ganadería extensiva | <input type="checkbox"/> Comercio | |

17. De los siguientes factores ¿cuáles atribuye a ese crecimiento?

- | | |
|--|--|
| <input type="checkbox"/> Mejoras en insumos agrícolas | <input type="checkbox"/> Uso tradicional de madera (combustible) |
| <input type="checkbox"/> Tecnificación de riego | <input type="checkbox"/> Activación minera |
| <input type="checkbox"/> Apertura de nuevas áreas agrícolas | <input type="checkbox"/> Expansión de asentamientos urbanos |
| <input type="checkbox"/> Apoyos gubernamentales | <input type="checkbox"/> Turismo informal |
| <input type="checkbox"/> Cría de ganado | <input type="checkbox"/> Crecimiento de la industria hotelera |
| <input type="checkbox"/> Apertura de potreros | <input type="checkbox"/> Incremento poblacional |
| <input type="checkbox"/> Incremento de comercialización | <input type="checkbox"/> Promociones turísticas |
| <input type="checkbox"/> Apertura de nuevos canales de riego | Otro _____ |
| <input type="checkbox"/> | |

18. Considera que esta(s) actividad(es) genera impactos en el ambiente? ¿de qué manera? ¿cuáles cree que son positivos y cuáles negativos?

19. ¿Conoce la distribución por zonas de las actividades permitidas y restringidas dentro del ANP?

Sí () ¿Cuáles? No ()

20. En orden de importancia (1 a 8) señale los temas prioritarios para el desarrollo social de la región.

- | | | |
|---|---|------------|
| <input type="checkbox"/> Oportunidades de empleo | <input type="checkbox"/> Acceso a servicios básicos | Otro _____ |
| <input type="checkbox"/> Acceso a servicios de salud | <input type="checkbox"/> Mejorar el ingreso | |
| <input type="checkbox"/> Mejora de servicios públicos | <input type="checkbox"/> Calidad de la vivienda | |
| <input type="checkbox"/> Educación y alfabetización | <input type="checkbox"/> Alimentación saludable | |

21. En orden de importancia (1 a 8) señale los temas prioritarios para el desarrollo económico de la región.

- | | | |
|--|---|------------|
| <input type="checkbox"/> Generación de empleo | <input type="checkbox"/> Comercialización | Otro _____ |
| <input type="checkbox"/> Mejora productiva agrícola y pecuaria | <input type="checkbox"/> Mejorar el ingreso | |
| <input type="checkbox"/> Promoción turística | <input type="checkbox"/> Remesas del extranjero | |
| <input type="checkbox"/> Apoyos gubernamentales | <input type="checkbox"/> Tecnificación agropecuaria | |

22. En orden de importancia (1 a 8) señale los temas prioritarios para el desarrollo ambiental de la región.

- | | | |
|---|--|---|
| <input type="checkbox"/> Inspección y vigilancia ambiental | <input type="checkbox"/> Conservación del ANP | <input type="checkbox"/> Investigación Científica |
| <input type="checkbox"/> Fomentar la cultura y la educación ambiental | <input type="checkbox"/> Mantener los hábitats acuáticos del ANP | Otro _____ |
| <input type="checkbox"/> Ordenamiento turístico | <input type="checkbox"/> Actividades productivas de bajo impacto | |
| <input type="checkbox"/> Aprovechamiento sostenible | | |

23. Con sus propias palabras, mencione la importancia del ANP Cuatrociénegas

24. ¿Desea añadir algo más?



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
Instituto de Geografía UNAM



Análisis de los cambios de uso de suelo y vegetación por actividades antrópicas en el área de protección de flora y fauna Cuatrociénegas (Coahuila, México)

Cuestionario 2

Fecha:

Lugar:

Nombre:

Sexo: Hombre Mujer

Cargo:

Dependencia:

1. ¿Sabía usted que el valle de Cuatrociénegas es un área natural protegida (ANP)?

a) Sí

b) No

2. ¿Conoce su categoría de decreto?

Sí ¿Cuál es? No

a) Reserva de la biosfera

b) Área de protección de flora y fauna

c) Área de protección de recursos naturales

d) Parque Nacional

3. ¿Conoce alguna otra categoría?

Sí ¿Cuál? No

4. ¿Cuál es el principal objetivo de Cuatrociénegas como ANP?

5. ¿Desde qué año conoce la región del valle de Cuatrociénegas? ¿cuál fue el motivo de su interés?

6. ¿De las siguientes actividades cuáles reconoce que se llevaban a cabo en la región antes de la declaratoria de Cuatrociénegas como ANP?

- | | | |
|--|---|-------------------------------------|
| <input type="checkbox"/> Agricultura de temporal | <input type="checkbox"/> Extracción de madera | <input type="checkbox"/> Pesquerías |
| <input type="checkbox"/> Agricultura de riego | <input type="checkbox"/> Explotación minera | Otra: |
| <input type="checkbox"/> Ganadería intensiva | <input type="checkbox"/> Turismo y recreación | |
| <input type="checkbox"/> Ganadería extensiva | <input type="checkbox"/> Comercio | |

7. ¿Cómo influyó el establecimiento del ANP en el desarrollo o cese de estas actividades?

8. ¿Qué efecto tuvo la declaratoria de Cuatrociénegas como ANP en la calidad de vida de sus habitantes?

9. ¿Actualmente cuáles son las principales actividades productivas que se realizan en la región?

- | | | |
|--|---|-------|
| <input type="checkbox"/> Agricultura de temporal | <input type="checkbox"/> Extracción de madera | Otra: |
| <input type="checkbox"/> Agricultura de riego | <input type="checkbox"/> Explotación minera | |
| <input type="checkbox"/> Ganadería intensiva | <input type="checkbox"/> Turismo y recreación | |
| <input type="checkbox"/> Ganadería extensiva | <input type="checkbox"/> Comercio | |

10. ¿Considera que estas actividades son la principal fuente de ingreso de la población económicamente activa?

- a) Sí
b) No

11. ¿Qué actividad(es) productiva(s) piensa usted que ha(n) incrementado en los últimos años?

- | | | |
|--|---|-------|
| <input type="checkbox"/> Agricultura de temporal | <input type="checkbox"/> Extracción de madera | Otra: |
| <input type="checkbox"/> Agricultura de riego | <input type="checkbox"/> Explotación minera | |
| <input type="checkbox"/> Ganadería intensiva | <input type="checkbox"/> Turismo y recreación | |
| <input type="checkbox"/> Ganadería extensiva | <input type="checkbox"/> Comercio | |

12. De los siguientes factores ¿cuáles atribuye a ese crecimiento?

- | | |
|---|--|
| <input type="checkbox"/> Mejoras en insumos agrícolas | <input type="checkbox"/> Uso tradicional de madera (combustible) |
| <input type="checkbox"/> Tecnificación de riego | <input type="checkbox"/> Activación minera |
| <input type="checkbox"/> Apertura de nuevas áreas agrícolas | <input type="checkbox"/> Expansión de asentamientos urbanos |
| <input type="checkbox"/> Apoyos gubernamentales | <input type="checkbox"/> Turismo informal |
| <input type="checkbox"/> Cría de ganado | <input type="checkbox"/> Crecimiento de la industria hotelera |
| <input type="checkbox"/> Apertura de potreros | <input type="checkbox"/> Incremento poblacional |
| <input type="checkbox"/> Incremento de comercialización | <input type="checkbox"/> Promociones turísticas |

Apertura de nuevos canales de riego Otro:

13. Considera que esta(s) actividad(es) genera(n) impactos en el ambiente? ¿de qué manera?

14 ¿Cuál(es) actividad productiva considera que es la principal generadora de conflictos socioambientales en la región? ¿por qué?

15. ¿Conoce la distribución por zonas de las actividades permitidas y restrictivas dentro del ANP?

Sí ¿Cuáles? No

16. ¿Cuáles son los principales ejidos o comunidades dentro y fuera de la poligonal del ANP, que perciben los beneficios de los recursos y los servicios ambientales que Cuatrociénegas provee?

17. De las siguientes organizaciones, señale en orden de importancia (1 a 6) cuáles intervienen directamente en el manejo administrativo y en la gestión de los recursos y los servicios ambientales del ANP.

- Comisión Nacional Forestal (CONAFOR)
- Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP)
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT)
- Secretaría de Medio Ambiente del estado de Coahuila (SMA)
- Comisión Nacional del Agua (CONAGUA)
- Comisión Nacional de Zonas Áridas (CONAZA)

Otra :

18. Asimismo, señale en orden de importancia (1 a 7) cuáles intervienen de manera indirecta en el manejo administrativo y en la gestión de los recursos y los servicios ambientales del ANP.

- Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER)
- Secretaría del Bienestar
- Instituciones Académicas (UNAM, UANL, UAAAN, etc.)
- Organizaciones no gubernamentales (PRONATURA, WWF, TNC, FMCN, etc.)
- Comisión Nacional de Zonas Áridas (CONAZA)
- Gobierno estatal
- Secretaría de turismo y desarrollo de Pueblos Mágicos de Coahuila
- Otra:

19. En orden de importancia (1 a 8) señale los temas prioritarios para el desarrollo social de la región.

- | | | | |
|--------------------------|------------------------------|--------------------------|----------------------------|
| <input type="checkbox"/> | Oportunidades de empleo | <input type="checkbox"/> | Acceso a servicios básicos |
| <input type="checkbox"/> | Acceso a servicios de salud | <input type="checkbox"/> | Mejorar el ingreso |
| <input type="checkbox"/> | Mejora de servicios públicos | <input type="checkbox"/> | Calidad de la vivienda |
| <input type="checkbox"/> | Educación y alfabetización | <input type="checkbox"/> | Otro: |
| <input type="checkbox"/> | Alimentación saludable | | |

20. En orden de importancia (1 a 8) señale los temas prioritarios para el desarrollo económico de la región.

- | | | | |
|--------------------------|---------------------------------------|--------------------------|----------------------------|
| <input type="checkbox"/> | Generación de empleo | <input type="checkbox"/> | Mejorar el ingreso |
| <input type="checkbox"/> | Mejora productiva agrícola y pecuaria | <input type="checkbox"/> | Remesas del extranjero |
| <input type="checkbox"/> | Promoción turística | <input type="checkbox"/> | Tecnificación agropecuaria |
| <input type="checkbox"/> | Apoyos gubernamentales | <input type="checkbox"/> | Otro: |
| <input type="checkbox"/> | Comercialización | | |

21. En orden de importancia (1 a 8) señale los temas prioritarios para el mantenimiento y el desarrollo ambiental de la región.

- | | | | |
|--------------------------|--|--------------------------|------------------------------------|
| <input type="checkbox"/> | Inspección y vigilancia ambiental | <input type="checkbox"/> | Conservación del ANP |
| <input type="checkbox"/> | Fomentar la cultura y la educación Ambiental | <input type="checkbox"/> | Investigación científica |
| <input type="checkbox"/> | Aprovechamiento sostenible | <input type="checkbox"/> | Mantener los manantiales del valle |
| <input type="checkbox"/> | Actividades productivas de bajo impacto | <input type="checkbox"/> | Ordenamiento turístico |
| | | <input type="checkbox"/> | Otro: |

22. Mencione la importancia del ANP Cuatrociénegas y cuál es su postura respecto a las actividades antrópicas realizadas en la región.

23. ¿Cuál fue el último grado de estudios que completó?

- | | | |
|--|--|-------|
| <input type="checkbox"/> No estudió | <input type="checkbox"/> Bachillerato incompleto | Otro: |
| <input type="checkbox"/> Primaria incompleta | <input type="checkbox"/> Bachillerato completo | |
| <input type="checkbox"/> Primaria completa | <input type="checkbox"/> Carrera técnica | |
| <input type="checkbox"/> Secundaria incompleta | <input type="checkbox"/> Licenciatura incompleta | |
| <input type="checkbox"/> Secundaria completa | <input type="checkbox"/> Licenciatura completa | |

24. ¿Desea añadir algo más?
