

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO FORESTAL



Propuesta de Unidades de Gestión Ambiental; Como Base de un Ordenamiento Ecológico
del Territorio en el Municipio de Arteaga, Coahuila

Por:

MACARIO ANTONIO BOCANEGRAS SAUCEDO

INVESTIGACIÓN DESCRIPTIVA

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO FORESTAL

Saltillo, Coahuila, México

Diciembre, 2025

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO FORESTAL



Propuesta de Unidades de Gestión Ambiental; Como Base de un Ordenamiento Ecológico
del Territorio en el Municipio de Arteaga, Coahuila

Por:

MACARIO ANTONIO BOCANEGRA SAUCEDO

INVESTIGACIÓN DESCRIPTIVA

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO FORESTAL

Saltillo, Coahuila, México

Diciembre, 2025

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO FORESTAL

Propuesta de Unidades de Gestión Ambiental; Como Base de un Ordenamiento Ecológico
del Territorio en el Municipio de Arteaga, Coahuila.

Por:

MACARIO ANTONIO BOCALEGRA SAUCEDO

INVESTIGACIÓN DESCRIPTIVA

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

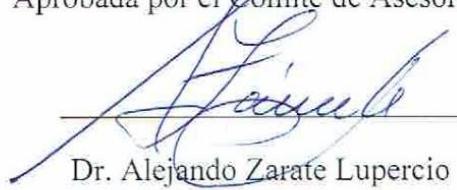
INGENIERO FORESTAL

Aprobada por el Comité de Asesoría:



M.C. Héctor Darío González López

Coasesor



Dr. Alejandro Zarate Lupercio

Asesor Principal



Ing. Sergio Braham Sabag

Coasesor



Dr. Alberto Salvador Rangel

Coordinador de la División de Agronomía

Saltillo, Coahuila, México

Diciembre, 2025

Declaración de no plagio

El autor principal quien es el responsable directo, jura bajo protesta de decir verdad que no se incurrió en plagio o conducta académica incorrecta en los siguientes aspectos:

Reproducción de fragmentos o textos sin citar la fuente o autor original (corta y pega); reproducir un texto propio publicado anteriormente sin hacer referencia al documento original (auto plagio); comprar, robar o pedir prestados los datos o la tesis para presentarla como propia; omitir referencias bibliográficas o citar textualmente sin usar comillas; utilizar ideas o razonamientos de un autor sin citarlo; utilizar material digital como imágenes, videos, ilustraciones, graficas, mapas o datos sin citar al autor original y/o fuente, así mismo tengo conocimiento de que cualquier uso distinto de estos materiales como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por las autoridades correspondientes.

Por lo anterior me responsabilizo de las consecuencias de cualquier tipo de plagio en caso de existir y declaro que este trabajo es original.

Autor principal


Macario Antonio Bocanegra Suárez
Firma y Nombre

Agradecimientos.

Agradezco a todas las personas que hicieron posible la realización del presente trabajo, y a todas las personas que me apoyaron y que aportaron un bien a lo largo de mi formación académica como ingeniero forestal.

Dedicatoria.

Dedico el presente trabajo a toda mi familia en especial a mi madre Antonia Yolanda Saucedo Flores y a mi padre Marco Antonio Bocanegra Martínez que donde sea que te encuentres te sientas orgulloso de mi, sin ustedes no sería nada de lo que soy ahora.

A compañeros y maestros de carrera que gracias a su ayuda y consejos se cumplieron todas mis metas y objetivos académicos.

A mis amigos dentro y fuera de la institución que también aportaron su granito de arena en este desierto que se convirtió en mar.

A mi compañera de vida Angélica Herrera Esquivel por estar siempre, a pesar de todas las batallas y complicaciones, puedo decir que, lo logramos junto

Resumen

La presente investigación tuvo como objetivo proponer Unidades de Gestión Ambiental (UGAS) como base para el ordenamiento ecológico del territorio en el municipio de Arteaga, Coahuila, a partir de un análisis técnico multicriterio que integró variables físicas, biológicas, sociales y ambientales. El estudio se desarrolló bajo el enfoque metodológico del ordenamiento ecológico del territorio, considerando las etapas de caracterización, diagnóstico y propuesta, conforme a lo establecido en la legislación ambiental vigente en México.

Para la caracterización del territorio se emplearon Sistemas de Información Geográfica (SIG), mediante el uso de información cartográfica oficial y modelos digitales de elevación, lo que permitió analizar componentes como clima, fisiografía, geología, hidrología, edafología, uso del suelo y vegetación, así como aspectos sociodemográficos. En la etapa diagnóstica se evaluaron parámetros morfométricos, la dinámica hidrológica y la susceptibilidad a procesos de erosión hídrica y eólica, además de determinar las aptitudes agrícolas, pecuarias y forestales del territorio. Posteriormente, se delimitaron las Unidades de Gestión Ambiental y se les asignaron políticas ambientales de aprovechamiento sustentable, conservación, protección y restauración, apoyadas en un análisis FODA.

Los resultados permitieron identificar zonas con diferentes niveles de aptitud, fragilidad y deterioro ambiental, evidenciando la necesidad de una planeación territorial diferenciada que considere las particularidades ecológicas y sociales del municipio. La propuesta final establece lineamientos, estrategias y acciones orientadas a promover el desarrollo sustentable, minimizar los conflictos por el uso del suelo y fortalecer la conservación de los recursos naturales. En este sentido, el estudio aporta una base técnica sólida que puede servir como referencia para la toma de decisiones en la gestión ambiental a nivel local y para la actualización de instrumentos de ordenamiento ecológico en regiones con características similares.

Palabras clave: Ordenamiento ecológico del territorio; Unidades de Gestión Ambiental; Sistemas de Información Geográfica; planeación territorial; desarrollo sustentable, Políticas ambientales, Protección, Conservación, Restauración, Aprovechamiento sustentable, Arteaga, Coahuila.

Tabla de contenido

I. INTRODUCCIÓN	15
I.1 OBJETIVO GENERAL.....	17
I.2 JUSTIFICACIÓN.....	17
II. MARCO TEÓRICO	18
II.1 MARCO CONCEPTUAL	18
II.2 ANTECEDENTES	22
II.3 MARCO LEGAL	23
III. DISEÑO METODOLÓGICO	25
III.1 METODOLOGÍA DE CARACTERIZACIÓN	25
III.2 DELIMITACIÓN DEL MUNICIPIO	25
III.3 ANÁLISIS DE LOS COMPONENTES NATURALES DEL MUNICIPIO.....	26
III.4 ASPECTOS CLIMÁTICOS.....	27
III.5 EVAPOTRANSPIRACIÓN REAL CON EL MÉTODO DE TURC	27
III.6 COMPONENTES SOCIALES.	28
III.7 PROCEDIMIENTOS DE LA FASE DIAGNOSTICA	29
III.8 PARÁMETROS MORFOLÓGICOS	29
III.8.1 <i>Parámetros del relieve</i>	30
III.8.2 <i>Parámetros del cauce principal</i>	32
III.8.3 <i>Parámetros relativos al drenaje.....</i>	33
III.8.4 <i>Otros análisis hidrológicos</i>	33
III.9 METODOLOGÍA PARA LA EROSIÓN HÍDRICA ACTUAL Y POTENCIAL.....	34
III.9.1 <i>Factor R, erosividad por lluvia</i>	35
III.9.2 <i>Factor K, erodabilidad del terreno</i>	37
III.9.3 <i>Factor LS, longitud y grado de pendiente (LS).....</i>	38
III.9.4 <i>Factor C, cobertura vegetal.....</i>	39
III.9.5 <i>Erosión hídrica potencial y actual.....</i>	40
III.10 METODOLOGÍA PARA LA EROSIÓN EÓLICA DEL SUELO.....	41
III.10.1 <i>Periodo de crecimiento (PECRE)</i>	43

III.10.2 <i>Indice de agresividad del viento</i>	43
III.10.3 <i>CATEX, calificador de textura y base del suelo</i>	43
III.10.4 <i>CAUSO, calificador por el uso del suelo y vegetación</i>	44
III.10.5 <i>Erosión eólica</i>	45
III.11 APTITUDES AGRÍCOLAS, PECUARIAS Y FORESTALES.....	45
III.12 DELIMITACIÓN DE UNIDADES DE GESTIÓN AMBIENTAL (UGAS).....	46
III.13 CRITERIOS PARA ASIGNAR POLÍTICAS AMBIENTALES.....	46
III.14 ANÁLISIS FODA.....	47
III.15 PROCEDIMIENTOS PARA LA ETAPA DE PROPUESTA.....	48
IV. RESULTADOS	49
IV.1 ETAPA DE CARACTERIZACIÓN DEL MUNICIPIO	49
IV.1.1 <i>Ubicación geográfica</i>	49
IV.1.2 <i>Clima</i>	50
IV.1.3 <i>Fisiografía</i>	54
IV.1.4 <i>Geología</i>	56
IV.1.5 <i>Hidrología</i>	57
IV.1.6 <i>Edafología</i>	59
IV.1.7 <i>Uso del suelo y vegetación</i>	62
IV.1.8 <i>Áreas naturales protegidas</i>	64
IV.2 ASPECTO SOCIAL.....	68
IV.2.1 <i>Indicadores demográficos</i>	68
IV.2.2 <i>Indicadores sociodemográficos</i>	70
IV.2.3 <i>Grado de marginación</i>	71
IV.2.4 <i>Núcleos agrarios</i>	72
IV.3 ETAPA DIAGNOSTICA.....	74
IV.3.1 <i>Área de análisis morfológicos</i>	74
IV.3.2 <i>Área de análisis del relieve</i>	75
IV.3.3 <i>Área de análisis del cauce principal</i>	76
IV.3.4 <i>Área de análisis de la curva hipsométrica</i>	77
IV.3.5 <i>Área de análisis de drenaje</i>	79

<i>IV.3.6 Erosión hídrica actual y potencial.....</i>	82
<i>IV.3.7 Erosión eólica.....</i>	83
<i>IV.3.8 Aptitudes de uso potencial del suelo.....</i>	85
<i>IV.3.9 Unidades de gestión ambiental</i>	86
<i>IV.3.10 Asignación de políticas a las UGAS</i>	87
<i>IV.3.11 Análisis FODA</i>	89
V. PROPUESTA.....	97
V.1 PROPUESTAS PARA LA POLÍTICA DE APROVECHAMIENTO SUSTENTABLE	97
V.2 PROPUESTAS PARA LA POLÍTICA DE CONSERVACIÓN	99
V.3 PROPUESTAS PARA LA POLÍTICA DE PROTECCIÓN	101
V.4 PROPUESTAS PARA LA POLÍTICA DE RESTAURACIÓN.....	103
VI. CONCLUSIONES	106
VII. RECOMENDACIONES.....	108
VIII. BIBLIOGRAFÍA	109

Índice de figuras

FIGURA III.1 CARTA DE EROSIVIDAD DE LA LLUVIA CORRESPONDIENTE AL TERRITORIO MEXICANO (CORTÉS, 1991).....	37
FIGURA III.2 METODOLOGÍA PARA LA OBTENCIÓN DE LA EROSIÓN HÍDRICA ACTUAL Y POTENCIAL	41
FIGURA III.3 METODOLOGÍA PARA LA OBTENCIÓN DE LA EROSIÓN EÓLICA	42
FIGURA IV.1 MAPA DE MACROLOCALIZACIÓN DEL MUNICIPIO DE ARTEAGA.....	50
FIGURA IV.2 MAPA DE CLASIFICACIÓN DE CLIMAS.....	51
FIGURA IV.3 CLIMOGRAMA PARA EL MUNICIPIO.....	53
FIGURA IV.4 MAPA DE TOPOFORMAS Y FISIOGRÁFIA.	55
FIGURA IV.5 MAPA GEOLÓGICO PARA EL MUNICIPIO	57
FIGURA IV.6 MAPA DE HIDROLOGÍA PARA EL MUNICIPIO.....	59
FIGURA IV.7 MAPA DE EDAFOLOGÍA PARA EL MUNICIPIO	62

FIGURA IV.8 MAPA DEL USO DEL SUELO Y VEGETACIÓN PARA EL MUNICIPIO	64
FIGURA IV.9 MAPA DE ÁREAS NATURALES PROTEGIDAS Y SITIOS DE ATENCIÓN PRIORITYA.....	68
FIGURA IV.10 INDICADORES SOCIODEMOGRÁFICOS	71
FIGURA IV.11 MAPA DE NÚCLEOS AGRARIOS, LOCALIDADES Y ASENTAMIENTOS HUMANOS	74
FIGURA IV.12 MAPA DEL CAUCE PRINCIPAL.....	77
FIGURA IV.13 CURVA HIPSOMÉTRICA DEL CAUCE PRINCIPAL	78
FIGURA IV.14 INTERPRETACIÓN DE LA CURVA HIPSOMÉTRICA PARA LA EDAD DE LOS RÍOS	78
FIGURA IV.15 MAPA DEL ORDEN DE CAUCES	80
FIGURA IV.16 CURVA LOGARÍTMICA PARA LA PRECIPITACIÓN MÁXIMA DIARIA.....	81
FIGURA IV.17 MAPA DE EROSIÓN HÍDRICA ACTUAL	83
FIGURA IV.18 MAPA DE EROSIÓN EÓLICA.....	84
FIGURA IV.19 APTITUDES DE USO POTENCIAL PARA EL MUNICIPIO.....	85
FIGURA IV.20 MAPA DE USO POTENCIAL DEL SUELO	86
FIGURA IV.21 MAPA DE UNIDADES DE GESTIÓN AMBIENTAL	87
FIGURA V.1 MAPA BASE PARA EL APROVECHAMIENTO SUSTENTABLE (APS)	99
FIGURA V.2 MAPA BASE PARA LA CONSERVACIÓN (CON)	101
FIGURA V.3 MAPA BASE PARA LA PROTECCIÓN (PRO).....	103
FIGURA V.4 MAPA BASE PARA LA RESTAURACIÓN (RES)	105

Índice de cuadros

CUADRO III.1 FUENTES DE INFORMACIÓN PARA LA CARACTERIZACIÓN DEL MUNICIPIO	27
CUADRO III.2 FUENTE DE INFORMACIÓN PARA LOS ASPECTOS SOCIALES	28
CUADRO III.3 MÉTODOS PARA LOS PARÁMETROS MORFOLÓGICOS	30
CUADRO III.4 METODOLOGÍA PARA LOS PARÁMETROS DEL RELIEVE	32
CUADRO III.5 METODOLOGÍA PARA LOS PARÁMETROS DEL CAUCE PRINCIPAL.....	32
CUADRO III.6 METODOLOGÍA PARA LOS PARÁMETROS RELATIVOS AL DRENAJE.....	33

CUADRO III.7 METODOLOGÍA PARA OTROS ASPECTOS HIDROLÓGICOS	34
CUADRO III.8 FÓRMULAS PARA CALCULAR LA EROSIVIDAD DE LA PRECIPITACIÓN (R) EN LAS DISTINTAS ZONAS DEL TERRITORIO NACIONAL (CORTÉS, 1991)	36
CUADRO III.9 ASIGNACIÓN DEL FACTOR K SEGÚN LA CLASIFICACIÓN DE CADA UNIDAD DE SUELO	38
CUADRO III.10 ASIGNACIÓN DE VALORES DEL FACTOR C SEGÚN LA COBERTURA Y EL USO DEL SUELO	39
CUADRO III.11 CLASIFICACIÓN POR GRADO DE EROSIÓN HÍDRICA.	40
CUADRO III.12 CATEX PARA SUELOS NO CALCÁREOS	44
CUADRO III.13 CATEX PARA SUELOS CALCÁREOS	44
CUADRO III.14 CAUSO	44
CUADRO III.15 CLASIFICACIÓN POR GRADO DE EROSIÓN EÓLICA.....	45
CUADRO IV.1. CLASIFICACIÓN CLIMÁTICA Y PORCENTAJES SEGÚN SU ÁREA	51
CUADRO IV.2 PRECIPITACIONES PARA EL MUNICIPIO.....	52
CUADRO IV.3 TEMPERATURAS PARA EL MUNICIPIO	52
CUADRO IV.4 EVAPOTRANSPIRACIÓN REAL PARA EL MUNICIPIO	52
CUADRO IV.5 SISTEMA DE TOPOFORMAS PARA EL MUNICIPIO	55
CUADRO IV.6 CLASIFICACIÓN DE LA SUPERFICIE POR PERIODOS GEOLÓGICOS.....	56
CUADRO IV.7 CLASIFICACIÓN DE LA SUPERFICIE POR TIPO DE ROCA	56
CUADRO IV.8 CLASIFICACIÓN DE SUPERFICIES Y CONDICIÓN DE ACUÍFEROS	58
CUADRO IV.9 CLAVE DE POZO REGISTRADO Y SU COORDENADA GEOGRÁFICA	58
CUADRO IV.10 CLASIFICACIÓN DE SUPERFICIES POR TIPO DE SUELO	60
CUADRO IV.11 CLASIFICACIÓN DE SUPERFICIES PARA EL USO DEL SUELO Y VEGETACIÓN	63
CUADRO IV.12 ÁREAS NATURALES PROTEGIDAS ESTATALES	65
CUADRO IV.13 ÁREAS NATURALES PROTEGIDAS FEDERALES.....	66
CUADRO IV.14 SITIOS DE ATENCIÓN PRIORITARIA PARA LA CONSERVACIÓN Y RESTAURACIÓN	68
CUADRO IV.15 INDICADORES DEMOGRÁFICOS	70
CUADRO IV.16 LOCALIDADES MÁS POBLADAS	70

CUADRO IV.17 NÚCLEOS AGRARIOS EN EL MUNICIPIO.....	73
CUADRO IV.18 RESULTADOS DE LOS PARÁMETROS MORFOMÉTRICOS.....	75
CUADRO IV.19 RESULTADOS DE LOS PARÁMETROS DEL RELIEVE	75
CUADRO IV.20 RESULTADOS DE LOS PARÁMETROS DEL CAUCE PRINCIPAL	76
CUADRO IV.21 PERÍODO DE RETORNO PARA PRECIPITACIONES MÁXIMAS	81
CUADRO IV.22 RESULTADOS DE ESCURRIMIENTO	82
CUADRO IV.23 CLASIFICACIÓN DE SUPERFICIES DE EROSIÓN HÍDRICA.....	82
CUADRO IV.24 CLASIFICACIÓN DE SUPERFICIES POR EROSIÓN HÍDRICA POTENCIAL.....	83
CUADRO IV.25 CLASIFICACIÓN DE SUPERFICIES DE EROSIÓN EÓLICA	84
CUADRO IV.26 CLASIFICACIÓN DE UGAS DE ACUERDO A SU POLÍTICA.....	88
CUADRO IV.27 ANÁLISIS FODA PARA APROVECHAMIENTO SUSTENTABLE (APS).....	89
CUADRO IV.28 ANÁLISIS FODA PARA CONSERVACIÓN (CON)	90
CUADRO IV.29 ANÁLISIS FODA PARA PROTECCIÓN (PRO)	93
CUADRO IV.30 ANÁLISIS FODA PARA RESTAURACIÓN (RES)	95
CUADRO V.1 PROPUESTA DE ESTRATEGIAS PARA APROVECHAMIENTO SUSTENTABLE	98
CUADRO V.2 PROPUESTA DE ESTRATEGIAS PARA CONSERVACIÓN	100
CUADRO V.3 PROPUESTA DE ESTRATEGIAS PARA PROTECCIÓN	102
CUADRO V.4 PROPUESTA DE ESTRATEGIAS PARA RESTAURACIÓN	104

I. INTRODUCCIÓN

En respuesta a la necesidad de gestionar de manera sostenible los recursos naturales y las actividades humanas aunando a los problemas ambientales han surgido en el mundo distintos enfoques y políticas que han dado origen a los ordenamientos ecológicos del territorio, siendo pioneros y sirviendo como ejemplo desde la década de los treinta países como Estados Unidos, donde después de la gran recesión económica que se vivía se creó, la dimensión territorial de la política de desarrollo económica-social y regional bajo la administración de Roosevelt (Palancar, 1959). Por otro lado, en países europeos como Gran Bretaña, Rusia y Francia se originó el ordenamiento territorial gracias a la planificación urbanística, a excepción del último que en este apareció a consecuencia de la II guerra mundial (Sanabria, 2014). Para América latina tiene una historia muy reciente que se remontan a los inicios de la década de los ochenta. Desde su origen ha sido concebida de manera diversa, asociada a las políticas ambientales, urbanísticas, de desarrollo económico regional y de descentralización (Massiris, 2002).

En México se han ido adoptando distintas metodologías, enfoques y políticas de otros países que han sido modificadas de acuerdo a las necesidades del país a lo que ha dado lugar a ser un instrumento de política ambiental cuyo objeto es regular o inducir el uso del suelo y las actividades productivas, con el fin de lograr la protección del medio ambiente y la preservación y el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales, a partir del análisis de las tendencias de deterioro y las potencialidades de aprovechamiento de los mismos (DOF, 2011). Pero el tema del ordenamiento ecológico del territorio debería ser no sólo política de Estado sino además un tema transparente y sin complicaciones innecesarias (Cabrales *et al.*, 2014).

Dada su gran escala este proceso se divide en varias modalidades nacional, regional y local (DOF, 1996), siendo esta última la que causa más impacto en nuestras vidas cotidianas y a la que a su vez se debería de dar la importancia

necesaria, ya que, el ordenamiento ecológico territorial ha representado el marco de referencia imprescindible para la implementación local del desarrollo sustentable (Delgado, 2006).

Al igual que en muchos otros lados, en el Norte de México las comunidades y los recursos naturales han tenido que enfrentarse y ser sometidos al desarrollo de grandes proyectos extractivos y turísticos en los últimos años (Benciolini, 2017). Esto, sumado a una mala gestión del territorio se pueden presentar una serie de problemas como conflictos por el uso del suelo, la perdida y fragmentación de hábitats naturales y la mala gestión de los recursos naturales (Benavides *et al.*, 2022). A lo que a su vez la creación de los programas de ordenación ecológica del territorio intentan resolver estas problemáticas (DOF, 1996).

En Coahuila, México, Estado de gran extensión territorial, dividido en 38 municipios, convergen diferentes tipos de ecosistemas y con aun más características y propiedades diferentes, si hablamos en escalas menores, en la cual, cada área demanda necesidades especiales y diferentes a tratar. Arteaga uno de los municipios del Estado, ubicado en la región sureste del mismo y anclando en una zona geográfica privilegiada, en el cual atraviesa la Sierra Madre Oriental y la formación geológica peculiar de la Gran Sierra Plegada (INEGI, 2010). Lo cual hace que el municipio cuente con áreas de montaña que son dignas de ser evaluadas a nivel local (Aragón *et al.*, 2020). Estas poseen otras características añadidas determinadas por la altitud, la energía y fragosidad de las formas de relieve y, en consecuencia, la rigurosidad del clima. Si bien estas cualidades orográficas y climáticas se traducen, por un lado, en un alto valor ecológico y socioeconómico por la abundancia de recursos y biodiversidad, imponen, por otro, unas condiciones de trabajo y de vida más difíciles (Delgado, 2006).

Estas áreas demandan soluciones específicas para su desarrollo y exigen políticas y actuaciones particulares de planificación que faciliten la integración de los espacios montañosos en su actual contexto económico y territorial (Delgado, 2006).

Actualmente existe un programa de ordenación ecológica del territorio regional, es decir estatal, el cual es el instrumento que está dando y regulando el uso del suelo en todo el territorio del Estado (SMA, 2020). Donde se crearon 468 unidades de gestión ambiental (UGA) las cuales son las unidades mínimas que componen un ordenamiento ecológico del territorio, estas son una unión de componentes homogéneos en el territorio en el que se establecen políticas, lineamientos y estrategias ecológicas, esto con la finalidad de planear y regular el uso del territorio (DOF, 2014).

La montaña es un espacio construido socialmente, en el que determinadas colectividades o comunidades desarrollan formas específicas de explotación de la naturaleza orientadas a asegurar la reproducción social de las mismas, de acuerdo con el contexto histórico, técnico, económico y social, en que se desenvuelven (Ortega, 2004).

I.1 Objetivo General

- Proponer unidades de gestión ambiental y asignar correctamente políticas y estrategias que ayuden a la convergencia del desarrollo sustentable en el territorio con base en un estudio técnico multicriterio.

I.2 Justificación

La presente investigación se justificó con la expresión territorial de nuevos conflictos ambientales y sociales derivados de proyectos de desarrollo urbano o turísticos no considerados en los escenarios y las recomendaciones dictan buscar las zonas con potencialidades y evaluar si los nuevos proyectos cumplen con los lineamientos y criterios ecológicos establecidos en el modelo, así como decidir su procedencia o no (DOF, 2023).

II. MARCO TEÓRICO

El análisis y propuesta de las unidades de gestión ambiental, requiere partir de una base conceptual firme que integre los principios, enfoques y marcos normativos que orientan el ordenamiento ecológico del territorio en México.

II.1 Marco conceptual

- Actividades incompatibles: Aquellas que se presentan cuando un sector disminuye la capacidad de otro para aprovechar los recursos naturales, mantener los bienes y los servicios ambientales o proteger los ecosistemas y la biodiversidad de un área determinada (DOF, 2014).
- Ambiente: El conjunto de elementos naturales y artificiales o inducidos por el hombre que hacen posible la existencia y desarrollo de los seres humanos y demás organismos vivos que interactúan en un espacio y tiempo determinado (DOF, 2011).
- Análisis de aptitud: Procedimiento que involucra la selección de alternativas de uso del territorio, entre los que se incluyen el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales, el mantenimiento de los bienes y los servicios ambientales y la conservación de los ecosistemas y la biodiversidad, a partir de los atributos ambientales en el área de estudio (DOF, 2014).
- Aprovechamiento sustentable: La utilización de los recursos naturales en forma que se respete la integridad funcional y las capacidades de carga de los ecosistemas de los que forman parte dichos recursos, por períodos indefinidos (DOF, 2011).
- Aptitud del territorio: Capacidad del territorio para el desarrollo de actividades humanas (DOF, 2014).
- Áreas naturales protegidas: Las zonas del territorio nacional y aquéllas 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, 2011).

- Atributo ambiental: Variable cualitativa o cuantitativa que influye en el desarrollo de las actividades humanas y de los demás organismos vivos (DOF, 2014).
- Biodiversidad: La variabilidad de organismos vivos de cualquier fuente, incluidos, entre otros, los ecosistemas terrestres, marinos y otros ecosistemas acuáticos y los complejos ecológicos de los que forman parte; comprende la diversidad dentro de cada especie, entre las especies y de los ecosistemas (DOF, 2011).
- Capas de datos: Conjunto de mapas, de la misma porción del territorio, donde un lugar concreto tiene la misma localización (las mismas coordenadas) en todos los mapas y contiene información específica dependiendo del tema. (INEGI, 2014).
- Conservación: La protección, cuidado, manejo y mantenimiento de los ecosistemas, los hábitats, las especies y las poblaciones de la vida silvestre, dentro o fuera de sus entornos naturales, de manera que se salvaguarden las condiciones naturales para su permanencia a largo plazo (DOF, 2000).
- Criterios ecológicos: Los lineamientos obligatorios contenidos en la presente Ley, para orientar las acciones de preservación y restauración del equilibrio ecológico, el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales y la protección al ambiente, que tendrán el carácter de instrumentos de la política ambiental (DOF, 2018).
- Desarrollo sustentable: Acciones y estrategias responsables de los recursos naturales por parte del ser humano encaminados a la preservación del equilibrio ecológico y a la buena administración de estos. Esto implica satisfacer las necesidades de las generaciones presentes sin comprometer las posibilidades de las del futuro para atender sus propias necesidades. Su objetivo último es alcanzar cierto nivel de progreso material sin por ello comprometer el medio ambiente, los recursos naturales, o la calidad de vida de los seres humanos y demás especies del planeta (ONU, 1987).

- Ecosistema: La unidad funcional básica de interacción de los organismos vivos entre sí y de éstos con el ambiente, en un espacio y tiempo determinados (DOF, 2018).
- Educación Ambiental: Proceso de formación dirigido a toda la sociedad, tanto en el ámbito escolar como en el ámbito extraescolar, para facilitar la percepción integrada del ambiente a fin de lograr conductas más racionales a favor del desarrollo social y del ambiente. La educación ambiental comprende la asimilación de conocimientos, la formación de valores, el desarrollo de competencias y conductas con el propósito de garantizar la preservación de la vida (DOF, 2012).
- Equilibrio ecológico: La relación de interdependencia entre los elementos que conforman el ambiente que hace posible la existencia, transformación y desarrollo del hombre y demás seres vivos (DOF, 2011).
- Formato vectorial: Asume un espacio continuo, de acuerdo a la geometría euclíadiana. Los objetos puntuales se representan por un par de coordenadas x, y. Los lineales mediante segmentos que se conectan en vértices, y se representan con las coordenadas x, y, de estos vértices. Los polígonos son áreas que quedan representadas por las líneas que los delimitan (INEGI, 2014).
- Impacto ambiental: Modificación del ambiente ocasionada por la acción del hombre o de la naturaleza, (DOF, 2011).
- Modelo o capa ráster: Este formato presupone el dividir el espacio geográfico en elementos discretos, de forma regular, contigua y mutuamente exclusiva e indivisible. Es una representación en forma de malla. Y cada elemento adopta un valor único por cada atributo. (INEGI, 2014).
- Ordenamiento ecológico del territorio: Es un instrumento de política ambiental cuyo objeto es regular o inducir el uso del suelo y las actividades productivas, con el fin de lograr la protección del medio ambiente y la preservación y el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales, a

partir del análisis de las tendencias de deterioro y las potencialidades de aprovechamiento de los mismos; (DOF, 2011)

- Políticas ambientales: Conjunto de medidas, regulaciones y directrices empleadas para proteger el medio ambiente, promover el desarrollo sostenible y mitigar los impactos negativos de las actividades humanas.
- Preservación: El conjunto de políticas y medidas para mantener las condiciones que propicien la evolución y continuidad de los ecosistemas y hábitat naturales, así como conservar las poblaciones viables de especies en sus entornos naturales y los componentes de la biodiversidad fuera de sus hábitats naturales (DOF, 2011).
- Protección: El conjunto de políticas y medidas para mejorar el ambiente y controlar su deterioro (DOF, 2011).
- Recurso natural: El elemento natural susceptible de ser aprovechado en beneficio del hombre (DOF, 2011).
- Restauración: Conjunto de actividades tendientes a la recuperación y restablecimiento de las condiciones que propician la evolución y continuidad de los procesos naturales; (DOF, 2011)
- Servicios ambientales: los beneficios tangibles e intangibles, generados por los ecosistemas, necesarios para la supervivencia del sistema natural y biológico en su conjunto, y para que proporcionen beneficios al ser humano (DOF, 2012).
- Sistemas de información geográfica: Conjunto de herramientas diseñadas para obtener, almacenar, recuperar y desplegar datos espaciales del mundo real (INEGI, 2014).
- Sitios de atención prioritaria: Zonas del territorio donde se presenten conflictos ambientales o que por sus características ambientales requieren de atención inmediata (DOF, 2014).
- UGA. Las unidades de gestión ambiental se definen como, una unión de componentes homogéneos en el territorio en el que se establecen políticas,

lineamientos y estrategias ecológicas, esto con la finalidad de planear y regular el uso del territorio (DOF, 2014).

- Uso potencial del suelo: Es el conjunto de condiciones ambientales a las que el hombre tiene que enfrentarse al transformarlas o adaptándose a ellas para aprovechar mejor el suelo y sus recursos en el desarrollo de la agricultura, ganadería y silvicultura (INEGI, 2005).
- Zonificación: El instrumento técnico de planeación que puede ser utilizado en el establecimiento de las áreas naturales protegidas, que permite ordenar su territorio en función del grado de conservación y representatividad de sus ecosistemas, la vocación natural del terreno, de su uso actual y potencial, de conformidad con los objetivos dispuestos en la misma declaratoria. Fracción adicionada (DOF, 2005).

II.2 Antecedentes

El concepto de Ordenamiento Ecológico apareció por primera vez en 1982 dentro de la Ley Federal de Protección al Ambiente como una herramienta básica para organizar la planeación ambiental en el país. Un año después, con la Ley de Planeación de 1983, el gobierno federal continuó impulsando esta visión, desarrollando proyectos de ordenamiento en zonas consideradas prioritarias para el desarrollo nacional. Sin embargo, en ese momento el instrumento aún era limitado: no contemplaba la participación social y carecía de una reglamentación que facilitara su aplicación.

En 1988, con la creación de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA), el Ordenamiento Ecológico se fortaleció significativamente. Esta nueva ley permitió establecer un marco más sólido para gestionar integralmente el territorio y sus recursos, convirtiéndolo en un mecanismo estratégico que articulaba de forma más efectiva al gobierno y a la sociedad.

A partir de estas bases, se generaron numerosos estudios sustentados en el Manual de Ordenamiento Ecológico del Territorio publicado ese mismo año. El impulso a la

participación social, permitió que, para 1994, se elaboraran los primeros ordenamientos ecológicos en México.

Finalmente, en 1996, nuevas reformas a la LGEEPA dieron forma al modelo actual del Ordenamiento Ecológico. Su metodología comenzó a incorporar elementos de la teoría de sistemas para analizar tendencias de deterioro, aptitudes del territorio y posibilidades de uso de los recursos naturales, integrando también el apoyo de los sistemas de información geográfica.

Además, la difusión de experiencias exitosas y la realización del Congreso Nacional de 1999 motivaron a que los gobiernos estatales comenzaran a integrar el Ordenamiento Ecológico en sus propias leyes (SEMARNAT, 2006).

Un ejemplo claro y reciente es el ordenamiento ecológico del territorio a nivel local en Álamos, Sonora, donde Ramírez *et al.*, (2016) propone apegarse a distintas metodologías expedidas en manuales, leyes, recomendaciones, reglamentos, así como, en términos propuestos por distintos organismos y dependencias gubernamentales a lo largo de las últimas décadas.

II.3 Marco legal

La metodología de los procesos de ordenamiento ecológico territorial se realizará con apego y sustento jurídico en la Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente en materia de ordenamiento ecológico del territorio que establece la definición, modalidades y contenido de los programas de ordenamiento ecológico, así como las autoridades responsables de su formulación y expedición, así como también en el reglamento en materia de la misma y tomando como referencia la “Guía de ordenamiento ecológico del territorio para autoridades municipales, México 2009” SEMARNAT (2009), el “Manual del proceso de ordenamiento ecológico” de SEMARNAT (2006) entre otros manuales y recomendaciones para la creación y modelación del estudio técnico.

Según la Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente es muy importante que el responsable de éste deberá ubicar en cuál fase se encuentra el proceso para tomarla como punto de partida o comenzar desde la primera cuando se trata de un proceso nuevo. Para nuestra particularidad se realizará un estudio técnico que es el sustento del modelo de ordenamiento ecológico y consta de 3 etapas:

Caracterización: en la cual se busca determinar los atributos ambientales del territorio a ordenar y cuáles de estos atributos busca cada sector económico para satisfacer sus intereses. Por tanto, debe contener la descripción física, biológica y socioeconómica del área de estudio, así como la identificación y ponderación de los recursos naturales o condiciones del medio que requieren los sectores productivos y de conservación para el desarrollo de sus actividades (DOF, 2014);

Diagnóstico: implica el análisis de compatibilidad entre sectores, de la aptitud del territorio para el desarrollo de las actividades sectoriales y de los conflictos y sinergias entre sectores por el uso del territorio también se predice el comportamiento de los atributos ambientales que determinan la aptitud del territorio para sustentar las actividades de cada sector (DOF, 2014).

Propuesta: En esta etapa se elabora el programa de ordenamiento ecológico del territorio donde se señalan regulaciones en el uso del suelo con la creación de las unidades de gestión ambiental En su realización, el consultor debe minimizar los conflictos ambientales y maximizar el consenso entre los sectores para dar mayor efectividad y legitimidad al proceso.

III. DISEÑO METODOLÓGICO

III.1 Metodología de caracterización

En el presente trabajo se utilizaron los sistemas de información geográfica que son una herramienta para la solución de los problemas espaciales complejos, facilitando la obtención, gestión, manipulación, análisis, modelado, representación y salida de información especialmente georreferenciada, para resolver problemas complejos del territorio. Se utilizó el software QGIS Desktop versión 3.40.0, así como las versiones integradas de SAGA y GRASS en la versión correspondiente de dicho software.

Se aplicó un análisis multicriterio, el cual, consiste en que cada factor contiene una representación de capas o cartas georreferenciada, en la cual todos los puntos del territorio toman un valor con respecto a la actividad realizada en el sitio y donde las capas de información geográfica deben ser transformadas y normalizadas para que todas estén dentro de un mismo rango de valores geográficos para poder tener un análisis del territorio (Bosque et al., 1994). Las cartas digitales, originalmente en proyección Cónica Conforme de Lambert o Universal Transversa de Mercator (UTM) con datum WGS 84 geográfico, fueron reproyectadas a la proyección UTM WGS 84, Zona 14N.

III.2 Delimitación del municipio

La delimitación del municipio históricamente está establecida y definida, tanto políticamente como territorialmente y lo que se buscó en este apartado fue obtener la capa vectorial digital de nuestro municipio, para que, a partir de este, se generaran los análisis correspondientes.

- a) Se extrajo de la capa digital División política municipal, Escala 1:250 000. INEGI (.2022) el polígono divisional del municipio de Arteaga, Coahuila.

- b) Con el portal web Continuo de Elevaciones Mexicano del INEGI, (2013) se obtuvo un modelo digital de elevaciones (MDE) con resolución de 15 metros por pixel.
- c) El Modelo Digital de Eleveaciones se obtuvo con la capa vectorial del municipio de Arteaga.
- d) Con el algoritmo de r.fill.dir del software de GRASS se corrigieron depresiones falsas, así como, la corrección de flujos de nuestro modelo de elevaciones.
- e) Dicha capa se procesó con el algoritmo r. watershead igualmente de GRASS, para poder obtener varias capas, entre ellas acumulación, dirección de flujos, entre otras.
- f) Igualmente, el modelo digital de elevaciones se procesó con el complemento “Arcgeek calculator” con el algoritmo “Stream Network with Order” y se obtuvo la red de drenaje y los órdenes de la misma.

III.3 Análisis de los componentes naturales del municipio

En esta fase se trabajaron distintas capas digitales que contienen información de datos geoespaciales del medio biótico del municipio, así mismo con el polígono delimitante de nuestro municipio esto para poder realizar diversos procesos entre ellas (Cuadro III.1).

Cuadro III.1 Fuentes de información para la caracterización del municipio

Carta Digital	Escala	Fuente
Continuo Nacional de Unidades Climáticas.	1:1 000 000	INEGI (2008)
Continuo Nacional de Información Edafológica Serie III.	1:250 000	INEGI (2024)
Continuo Nacional de Geología – Carta G14-7.	1:250 000	SGM (2015)
Continuo Nacional de Sistema de Topoformas.	1:1 000 000	INEGI (2001)
Continuo Nacional serie I. Provincias fisiográficas.	1:1 000 000	INEGI (2001)
Continuo Nacional serie I. Subprovincias fisiográficas.	1:1 000 000	INEGI (2001)
Situación de los Recursos Hídricos; Disponibilidad de los Acuíferos.	1:1 000 000	CONAGUA (2023)
GeoVisor de Consulta de Mediciones Piezométricas.	1:1 000 000	CONAGUA (2025)
Continuo Nacional Uso del suelo y Vegetación Serie VII.	1:250 000	INEGI (2021)
Conjunto Nacional de Uso potencial de las tierras.	1:1 000 000	INEGI (2012)
Sitios de atención prioritaria para la conservación.	1:1 000 000	CONABIO (2016)
Sitios prioritarios para la restauración de México.	1:1 000 000	CONABIO (2016)
Áreas Naturales Protegidas Estatales, Municipales, Ejidales, Comunitarias y Privadas de México.	1:1 000 000	CONABIO (2020)
Áreas Naturales Protegidas Federales de México.	1:1 000 000	CONABIO (2024)

Nota: INEGI= Instituto nacional de estadística y geografía; SGM= Sistema geológico mexicano; CONAGUA= Comisión nacional del agua; CONABIO= Comisión nacional para el conocimiento y uso de la biodiversidad.

III.4 Aspectos climáticos

Se recopilaron datos de precipitación y temperatura normal, así como su promedio anual de las últimas décadas de 13 estaciones meteorológicas del servicio meteorológico nacional de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) que están dentro y fuera de la superficie del municipio, para realizar un interpolación en QGIS con el método de Ponderación de Distancia Inversa (IDW) que es un tipo de procedimiento determinista, con un conjunto conocido de puntos homogéneamente dispersos y obtener capas de temperatura y precipitación media anual respectivamente.

III.5 Evapotranspiración real con el Método de Turc

Para demostrar la perdida de humedad en el área por evaporación y por la transpiración vegetal, se recurrió al método de Turc (1961) que es una formula empírica para estimar la evapotranspiración real, a partir de datos comunes como precipitación y temperatura.

La fórmula es la siguiente:

$$ETR = \frac{P}{\sqrt{0.9 + \frac{P^2}{L^2}}}$$

Donde: ETR : Evapotranspiración real en mm/ano

P : Precipitación en mm/ano

L : $300 + 25 * t 0.05 t^3$

t : Temperatura media anual en $^{\circ}C$

III.6 Componentes sociales.

Se trabajaron cartas digitales del Registro Agrario Nacional (Cuadro III.2) para poder analizar el territorio ocupado por los asentamientos y actividades humanas, así como también se recopilaron datos de distintos índices poblacionales obtenidos por localidad, municipio y entidad del portal de datos abiertos de la CONAPO (2020). Así mismo se procesaron 8 cartas topográficas que convergen en el municipio para extraer sus localidades y tener un registro de las mismas.

Cuadro III.2 Fuente de información para los aspectos sociales

Carta Digital	Escala	Fuente
Perimetrales de los núcleos agrarios certificados.	Múltiple	RAN (2025)
Tierra de uso común.	Múltiple	RAN (2025)
Zona de Asentamiento Humano.	Múltiple	RAN (2025)
Zonas de Tierras Parceladas.	Múltiple	RAN (2025)
Topográfica G14C24.	1:50 000	INEGI (2019)
Topográfica G14C25.	1:50 000	INEGI (2019)
Topográfica G14C34.	1:50 000	INEGI (2021)
Topográfica G14C35.	1:50 000	INEGI (2014)
Topográfica G14C36.	1:50 000	INEGI (2019)
Topográfica G14C44.	1:50 000	INEGI (2014)
Topográfica G14C45.	1:50 000	INEGI (2015)
Topográfica G14C46.	1:50 000	INEGI (2015)

Nota: RAN= Registro agrario nacional.

III.7 Procedimientos de la fase diagnostica

En esta etapa se reconocieron las condiciones que generan riesgos o procesos de degradación ambiental dentro del municipio. Aquí se caracterizan los parámetros morfométricos e hidrológicos principales, se evalúa la susceptibilidad a erosión hídrica y eólica, y se determina la aptitud del territorio para usos agrícolas, pecuarios y forestales. Posteriormente, se definieron las UGAS y se les asignó una política ambiental específica.

Para la conclusión de esta fase se realizó la elaboración de un análisis FODA, con el fin de valorar las fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas asociadas a las políticas definidas para cada UGA.

III.8 Parámetros morfológicos

Según Gaspari (2013), los parámetros morfométricos de un sistema hidrográfico ubicado en zonas montañosas son esenciales para comprender la dinámica y el comportamiento de los procesos hídricos. Además, varios de estos indicadores funcionan como datos de entrada en diversos modelos hidrológicos que permiten analizar sus características físicas como su funcionamiento, aspecto clave para proponer medidas de ordenamiento territorial.

Para entender mejor la caracterización física del territorio, se llevaron a cabo distintos análisis morfológicos los cuales constituyen la información mínima que debemos conocer para formarnos una primera idea de la naturaleza, estructura y comportamiento del territorio (Cuadro III.3)

Cuadro III.3 Métodos para los parámetros morfológicos

Parámetro	Método
Área y perímetro	Proceso realizado mediante la herramienta "Calculadora de campos" en QGIS
Longitud	Proceso realizado mediante la herramienta de medición "Regla" en QGIS
Ancho	$W: \frac{A}{L}$ <p>Donde: W= Ancho A= Área (km²) L= Longitud (km)</p>

III.8.1 Parámetros del relieve

Las formas del relieve también son parámetros asociados a los análisis morfológicos, estos definen características geométricas del terreno a diferentes escalas.

Franklin & Peddle (1987), mencionan algunos parámetros básicos en este contexto como elevación, pendientes, entre otros. En el Cuadro III.4

Cuadro III.4 se muestra la metodología para conseguir estos parámetros.

Cuadro III.4 Metodología para los parámetros del relieve

Parámetro del relieve	Método
Altitud máxima Altitud media Altitud mínima	Consulta de información con la herramienta "estadísticas zonales" a partir de la capa ráster en QGIS
Desnivel altitudinal	Se aplica la fórmula: $DA = \frac{H_{max} - H_{min}}{H_{max}}$ Donde: DA= Desnivel altitudinal Hmax= Altitud máxima Hmin= Altitud mínima
Pendiente máxima Pendiente media Pendiente mínima	Consulta de información con la herramienta "estadísticas zonales" a partir de la capa ráster en QGIS

III.8.2 Parámetros del cauce principal

El cauce principal requiere la evaluación de parámetros morfométricos que describen sus dimensiones y características topográficas. En el Cuadro III.5 se demuestran los procesos utilizados para estos estudios.

Cuadro III.5 Metodología para los parámetros del cauce principal

Parámetro del relieve	Método
Cauce principal	Proceso realizado a partir de las capas de drenaje y altitud, posteriormente con la función "ruta más corta" se localizó el punto más alto de la red de drenaje al punto de salida de esta.
Altitud máxima del cauce (msnm) Altitud media del cauce (msnm) Altitud mínima del cauce (msnm)	Consulta de información con la herramienta "estadísticas zonales" a partir de la capa vectorial del cauce principal en QGIS
Pendiente máxima del cauce % Pendiente media del cauce % Pendiente mínima del cauce %	Consulta de información con la herramienta "estadísticas zonales" a partir de la capa vectorial del cauce principal en QGIS
Perfil del cauce	Proceso realizado con la herramienta "Perfil de elevaciones" para capas ráster
Curva hipsométrica	Proceso realizado con la herramienta "curva hipsométrica" en QGIS generando un archivo csv.

III.8.3 Parámetros relativos al drenaje

Estos describen aspectos fundamentales de la red hidrográfica, como su grado de ramificación, densidad y patrón, lo cual resulta clave para interpretar el comportamiento de la dinámica hidrológica.

Cuadro III.6 Metodología para los parámetros relativos al drenaje

Parámetro	Método
Red de drenaje	Proceso realizado con el complemento Arcgeek calculator, función "Stream Network with order", generando una capa ráster.
Orden de cauces	Clasificación mediante el método de Strahler (1964) en QGIS.
Densidad de Drenaje	Se aplico la formula: $Dd = \frac{L}{A}$ Donde: Dd= Densidad de drenaje Li= Longitud total de la red de drenaje (km) A= Área del municipio (km ²)

III.8.4 Otros análisis hidrológicos

En conjunto, estos parámetros ofrecen una visión más completa de la conducta hidrológica, información indispensable para la gestión del territorio y la toma de decisiones (Cuadro III.7).

Cuadro III.7 Metodología para otros aspectos hidrológicos

Parámetro	Método
Periodo de retorno	Se recopilo la precipitación máxima diaria por 72 años de la estación 5049 San Antonio De las Alazanas (CONAGUA) Tiempo de retorno = (Orden+1) /orden, en donde el "orden" es el año de registro de lluvias. Ecuación de la curva logarítmica para precipitaciones máximas y posterior estimado para 1,5, 20, 30 y 50 años
Coeficiente de escurrimiento	Método especificado en la NOM-011-CONAGUA-2015, Si K es mayor que 0,15 $Ce = K(2000P - 250) + (1.5K - 0.15)$ valor asignado de acuerdo las características de vegetación y textura
Volumen de escurrimiento	Proceso realizado con la herramienta "Calculadora ráster" en QGIS aplicando la siguiente formula: $Ve = Ce * Ppmed$ <p>Donde: Ve= Volumen de escurrimiento Ce= Coeficiente de escurrimiento (capa ráster) Ppmed= Precipitación media anual (capa ráster)</p>
Infiltración	Proceso realizado con la herramienta "Calculadora ráster" en QGIS aplicando la siguiente formula: $I = Pp - ETP - Ce$ <p>Donde: I= Infiltración Pp= Precipitación (capa ráster) ETP= Evapotranspiración (capa ráster) Ce= Coeficiente de escurrimiento (capa ráster)</p>

III.9 Metodología para la erosión hídrica actual y potencial

La determinación de la erosión hídrica, tanto la que ocurre actualmente como la que podría presentarse bajo otras condiciones, se llevó a cabo utilizando la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo (EUPS). Este método, propuesto inicialmente por Wischmeier y Smith (1978) y posteriormente ajustado según la metodología planteada por Figueroa et al. (1992), permite calcular la pérdida media de suelo considerando las características específicas del lugar de estudio.

La ecuación se basa en la multiplicación de cinco factores numéricos que representan distintos elementos físicos y ambientales que influyen en la erosión y se describen en la siguiente formula:

$$A = R * K * L * S * C$$

Donde:

A = Perdida de suelo por unidad de área ton. ha – 1. año.

R = Factor de erosividad por la precipitación pluvial, dado en MJ.mm.ha – 1. hr – 1.

K = Factor de erodabilidad del suelo. Expresado en T.ha.h.ha – 1. MJ.mm.

L = Factor de longitud de la pendiente.

S = Factor de grado de pendiente.

C = Factor de cobertura vegetal, en % de cobertura.

III.9.1 Factor R, erosividad por lluvia

Este factor describe el potencial que tienen las precipitaciones para generar procesos erosivos, derivado de la energía liberada por el golpe de las gotas de lluvia y el movimiento turbulento del escurrimiento superficial. Ambos mecanismos actúan de manera conjunta, favoreciendo el desprendimiento y el arrastre de las partículas del suelo (Figueroa et al., 1991).

Para obtener una estimación más precisa, se empleó el mapa de erosividad elaborado por Cortes (1991) para México (Figura III.1). Este autor segmentó el territorio nacional en distintas regiones y definió una ecuación específica para cada una. Conforme a dicha regionalización, el municipio de estudio se ubica en la zona IV (Cuadro III.8), por lo que se aplicó el modelo correspondiente.

$$R = 2.8559 (Pp) + 0.002983 (Pp^2)$$

Donde:

R = Factor de erosividad por lluvia

Pp = Precipitación

Pp^2 = Precipitación al cuadrado

Esta ecuación se aplicó con la función “Calculadora de ráster” aplicando como base la capa ráster de precipitación obtenidas anteriormente.

Cuadro III.8 Fórmulas para calcular la erosividad de la precipitación (R) en las distintas zonas del territorio nacional (Cortés, 1991)

Región	Ecuación	R^2
I	$R = 1.2078P + 0.002276P^2$	0.92
II	$R = 3.4555P + 0.006470P^2$	0.93
III	$R = 3.6752P - 0.001720P^2$	0.94
IV	$R = 2.8559P + 0.002983P^2$	0.92
IX	$R = 7.0458P - 0.002096P^2$	0.97
V	$R = 3.4880P - 0.00088P^2$	0.94
VI	$R = 6.6847P + 0.001680P^2$	0.9
VII	$R = -0.0334P + 0.006661P^2$	0.98
VIII	$R = 1.9967P + 0.003270P^2$	0.98
X	$R = 6.8938P + 0.000442P^2$	0.95
XI	$R = 3.7745P + 0.004540P^2$	0.98
XII	$R = 2.4619P + 0.006067P^2$	0.96
XIII	$R = 10.7427P - 0.00108P^2$	0.97
XIV	$R = 1.5005P + 0.002640P^2$	0.95

Fuente: Cortes (1991)

Nota: Se utilizó la ecuación de la región número IV.



Figura III.1 Carta de erosividad de la lluvia correspondiente al territorio mexicano (Cortés, 1991).

III.9.2 Factor K, erodabilidad del terreno

El término erodabilidad del suelo, introducido por Cook (1936), hace referencia al grado en que un suelo es susceptible a sufrir erosión bajo determinadas condiciones ambientales.

Para calcular el factor K de la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo (EUPs), se recomienda utilizar el procedimiento establecido por la FAO (1980), el cual permite determinar este valor a partir de la textura superficial y del tipo de suelo, siguiendo la clasificación propuesta por dicha institución.

En este estudio, se asignaron los valores indicados por la FAO (Cuadro III.9) a cada una de las unidades de suelo presentes en el área de análisis. Posteriormente, estos valores fueron convertidos a formato ráster, generando así una capa que representa espacialmente el factor K.

Cuadro III.9 Asignación del factor K según la clasificación de cada unidad de suelo

Orden	Textura			Orden	Textura			Ordenes de suelos de la clasificación FAO	
	G	M	F		G	M	F		
A	0.026	0.04	0.013	Lo	0.026	0.04	0.013	ACRISOLES	A
Af	0.013	0.02	0.007	Lp	0.053	0.079	0.026		
Ag	0.026	0.03	0.013	Lv	0.053	0.079	0.026	CAMBISOLES	B
Ab	0.013	0.02	0.007	M(g,a)	0.026	0.04	0.013		
Ao	0.026	0.04	0.013	N(d,e,b)	0.013	0.02	0.007	CHERNOZEM	C
Ap	0.053	0.079	0.0296	O(d,e,x)	0.013	0.02	0.007		
B	0.026	0.04	0.013	P	0.053	0.079	0.026	PODZOLUVISOLES	D
Bc	0.026	0.04	0.013	Pf	0.053	0.079	0.026		
Bd	0.026	0.04	0.013	Pg	0.053	0.079	0.026	RENDZINAS	E
Be	0.026	0.04	0.013	Ph	0.026	0.04	0.013		
Bf	0.013	0.02	0.007	Pl	0.026	0.04	0.013	FERRASOLES	F
Bg	0.026	0.04	0.013	Po	0.053	0.079	0.026		
Bh	0.0413	0.02	0.007	Pp	0.053	0.079	0.026	GLEYSOLES	G
Bk	0.026	0.04	0.013	Q(a,c,f,l)	0.013	0.02	0.007		
Bv	0.053	0.079	0.026	R	0.026	0.04	0.013	FEOZEM	H
Bx	0.053	0.079	0.026	Re	0.026	0.04	0.013		
C(g,h,b,l)	0.013	0.02	0.007	Rc	0.013	0.02	0.007	LITOSOLES	I
D(d,e,g)	0.053	0.079	0.026	Rd	0.026	0.04	0.013		
E	0.013	0.02	0.007	Rx	0.053	0.079	0.026	FLUVISOLES	J
F(a,b,o,p,r)	0.013	0.02	0.007	S	0.053	0.079	0.026		
G	0.026	0.04	0.013	Sg	0.053	0.079	0.026	KASTAÑOZEM	K
Gc	0.013	0.02	0.007	Sm	0.026	0.04	0.013		
Gd	0.026	0.04	0.013	So	0.053	0.079	0.026	LUVISOLES	L
Ge	0.026	0.04	0.013	T	0.026	0.04	0.013		
Gh	0.013	0.02	0.007	Th	0.013	0.02	0.007	GREYZEM	M
Gm	0.013	0.02	0.007	Tm	0.013	0.02	0.007		
Gp	0.053	0.079	0.026	To	0.026	0.04	0.013	NITOSOLES	N
Gx	0.053	0.079	0.026	Tv	0.026	0.04	0.013		
Gv	0.053	0.079	0.026	U	0.013	0.02	0.007	HISTOSOLES	O
H(c,g,h,l)	0.013	0.02	0.007	V(c,p)	0.053	0.079	0.026		
I	0.013	0.02	0.007	W	0.053	0.079	0.026	PODZOLES	P
J	0.026	0.04	0.013	Wd	0.053	0.079	0.026		
Jc	0.013	0.02	0.007	We	0.053	0.079	0.026	ARENOSOLES	Q
Jd	0.026	0.04	0.013	Wh	0.026	0.04	0.013		
Je	0.026	0.04	0.013	Wm	0.026	0.04	0.013	REGOSOLES	R
Jt	0.053	0.079	0.026	W	0.053	0.079	0.026		
Jp	0.053	0.079	0.026	Wx	0.053	0.079	0.026	SOLONETZ	S
K(h,k,l)	0.026	0.04	0.013	X(b,k,l,y)	0.053	0.079	0.026		
L	0.026	0.04	0.013	Y(h,k,l,t)	0.053	0.079	0.026	ANDOSOLES	T
La	0.053	0.079	0.026	Z	0.026	0.04	0.013		
Lc	0.026	0.04	0.013	Zg	0.026	0.04	0.013	RANKERS	U
Lf	0.013	0.02	0.007	Zm	0.013	0.02	0.007		
Lg	0.026	0.04	0.013	Zc	0.026	0.04	0.013	VERTISOLES	V
Lk	0.026	0.04	0.013	Zt	0.053	0.079	0.026		

Fuente: FAO 1980

Nota: G = Textura Gruesa, M = Textura Media y F = Textura Fina.

III.9.3 Factor LS, longitud y grado de pendiente (LS)

El factor LS representa el grado y efecto que tiene la topografía (pendiente) del lugar respecto a la erosión hídrica.

Esta capa se obtuvo automáticamente mediante la función “r. watershead” del software de GRASS en QGIS anteriormente partiendo del modelo digital de elevaciones.

III.9.4 Factor C, cobertura vegetal

El factor C representa la influencia de la cubierta vegetal en la disminución del desprendimiento y movimiento de partículas del suelo. Este indicador suele expresarse como un valor promedio anual, resultado de la interacción entre el tipo de vegetación, los sistemas agrícolas, las prácticas de manejo y las condiciones de lluvia propias de cada lugar. Los valores utilizados se tomaron de las tablas elaboradas por Figueroa et al. (1991) y Kirkby et al. (1984) (Cuadro III.10).

Posteriormente, dichos valores fueron asignados a las categorías del mapa de uso del suelo y vegetación del municipio, lo que permitió generar una capa ráster que representa la distribución espacial del factor C.

Cuadro III.10 Asignación de valores del factor C según la cobertura y el uso del suelo

Cubierta vegetal	Factor C
Arbolado Denso	0.001- 0.003
Arbolado Clareado	0.003 - 0.009
Arbolado muy Clareado (25-60%)	0.041
Matorral con buena cobertura	0.003-0.013
Matorral Ralo	0.013-0.020
Cultivos Anuales y Herbáceos	0.25
Pastizales	0.15
Plantas Herbáceas	0.003
Cubierta Escasa (60%)	0.15-0.29
Cubierta Inapreciable	0.45

Fuente: Valores para el factor C a partir de la cubierta vegetal Figueroa et al., (1991) y Kirkby et al., (1984)

III.9.5 Erosión hídrica potencial y actual

La erosión potencial se entiende como la cantidad de suelo que podría perderse por acción del agua en condiciones de ausencia total de cobertura vegetal; es decir, representa el nivel máximo de erosión pluvial que ocurriría en un terreno sin protección. En contraste, la erosión actual considera la influencia de la vegetación u otros tipos de cobertura presentes en el sitio.

Una vez teniendo todos los factores de la ecuación en capas ráster, se procede a utilizar la herramienta “Calculadora ráster” pero sin introducir el factor c, y así la obtención de una capa ráster con los valores de una erosión potencial. Lo mismo se hace para la erosión actual, pero introduciendo el factor c, como se observa en la Figura III.2.

Posteriormente se realizó una reclasificación por tabla en QGIS de acuerdo a la clasificación de grados de erosión propuesta por la FAO (1980).

Cuadro III.11 Clasificación por grado de erosión hídrica.

Clase	Grado de erosión	Tasa de erosión (ton/ha/año)
1	Incipiente	<5
2	Ligera	5 a 10
3	Moderada	10 a 50
4	Severa	50 a 200
5	Muy Severa	> 200

Fuente: FAO 1980

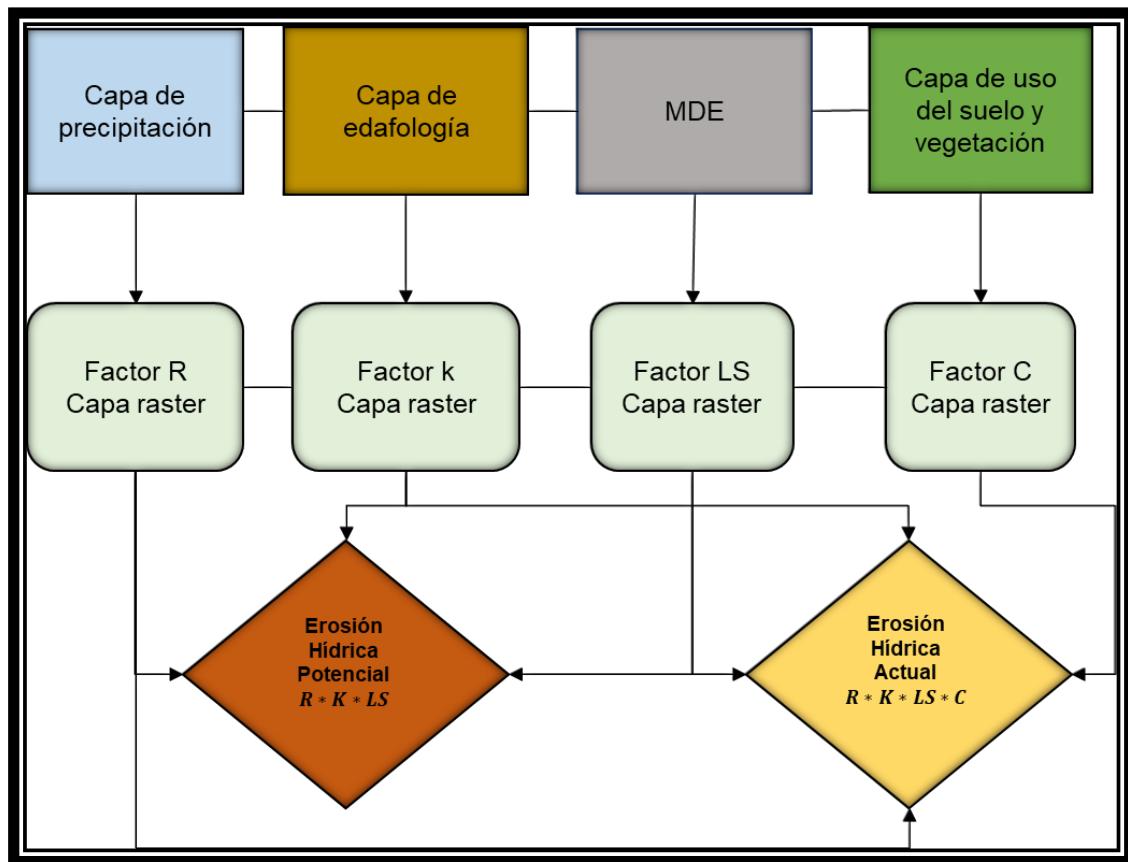


Figura III.2 Metodología para la obtención de la erosión hídrica actual y potencial

III.10 Metodología para la erosión eólica del suelo

La erosión eólica se refiere al proceso en el que la acción del viento desprende, desplaza y redistribuye las partículas finas del suelo, generando el desgaste de la superficie terrestre (Wilson, 1984).

Para su estimación se empleó la fórmula establecida en el manual de ordenamiento elaborado por la SEDUE (1988), la cual se presenta a continuación:

$$EroEo = IAVIE * CATEX * CAUSO$$

Donde:

$EroEo$ = Erosión eólica

$IAVIE$ = Índice de agresividad del viento

CATEX = Calificador de textura y base del suelo

CAUSO = Calificador por el uso del suelo y vegetación

Además del componente *PECRE* (*Periodo de crecimiento*).

Haciendo uso de la “Calculadora de ráster” en QGIS se aplicaron las fórmulas para *PECRE* y para *IAVIE*. Así mismo, se asignaron valores específicos en las tablas de atributos de las capas vectoriales correspondientes a edafología y uso del suelo y vegetación, con el propósito de convertirlas posteriormente en una capa rasterizada para cada uno de los componentes de la fórmula, para luego ser aplicada, como se observa en la Figura III.3.

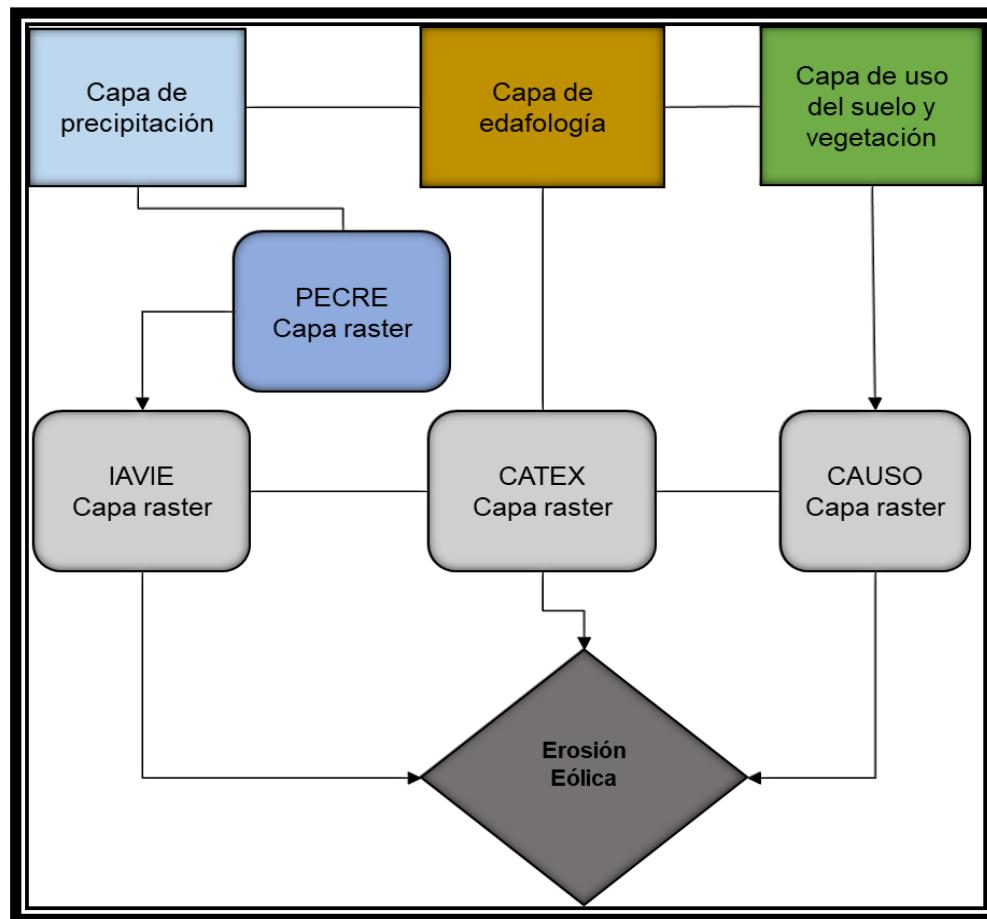


Figura III.3 Metodología para la obtención de la erosión eólica

III.10.1 Periodo de crecimiento (PECRE)

Este concepto hace referencia a la cantidad de días en un año en los que se presentan condiciones adecuadas de humedad y temperatura para el crecimiento de los cultivos. Su estimación se obtuvo a partir de la capa ráster de precipitación interpolada y mediante la siguiente fórmula:

$$PECRE = 0.2408 (Pp) - 0.0000372 (Pp)^2 - 33.1019$$

Donde:

Pcre = Periodo de crecimiento

Pp = Precipitación media anual

Pp² = Precipitación media anual al cuadrado

III.10.2 Índice de agresividad del viento

El índice de agresividad del viento (IAVIE) es un indicador utilizado para analizar el potencial del viento para generar o intensificar la erosión eólica en una zona específica. Su cálculo se realiza a partir de la capa ráster de PECRE previamente generada, sobre la cual se aplica la fórmula siguiente:

$$IAVIE = 160.8252 (PECRE) - 0.7660 (PECRE)$$

Donde:

IAVIE = Índice de agresividad del viento

PECRE = Periodo de crecimiento.

III.10.3 CATEX, calificador de textura y base del suelo

Se trata de un coeficiente que se asigna a cada tipo de suelo, ya sea calcáreo o no calcáreo, considerando sus características texturales, así como la presencia de componentes pedregosos o gravosos.

Para este estudio, se incorporaron dichos valores a la capa edafológica tomando como referencia los coeficientes establecidos en el manual de ordenamiento de la SEDUE (1988)., (Cuadro III.12 y Cuadro III.13).

Cuadro III.12 CATEX para suelos no calcáreos

CATEX	Textura y fase de suelo no calcáreos
3.5	1
1.25	2
1.85	3
1.75	1 y fase gravosa o pedregosa
0.62	2 y fase gravosa o pedregosa
0.92	3 y fase gravosa o pedregosa

Cuadro III.13 CATEX para suelos calcáreos

CATEX	Textura y fase de suelos calcáreos
3.5	1
1.75	2
1.85	3
0.87	Pedregosa o gravosa

III.10.4 CAUSO, calificador por el uso del suelo y vegetación

Valor o coeficiente asignado a cada categoría de uso del suelo y vegetación según los criterios establecidos en el manual de ordenamiento de la SEDUE (1988). (Cuadro III.14).

Cuadro III.14 CAUSO

CAUSO	Vegetación
0.70	Agricultura de temporal
0.20	Agricultura de riego
0.15	Monte o matorral
0.30	Pastizal

III.10.5 Erosión eólica

Una vez teniendo los distintos componentes de la formula con ayuda de la “Calculadora de ráster” se multiplicaron los valores para obtener el resultado final. Posteriormente se realizó una reclasificación por tabla para obtener los grados de erosión laminar eólica por rangos específicos como se observa en el Cuadro III.15 tomado como referencia del manual de ordenamiento de la SEDUE (1988).

Cuadro III.15 Clasificación por grado de erosión eólica

Clase de degradación	Tasa de erosión eólica
Sin erosión	Menor de 12 ton/ha/año
Ligera	De 12 a 50 ton/ha/año
Moderada	De 50 a 100 ton/ha/año
Alta	De 100 a 200 ton/ha/año
Muy Alta	Mayor de 200 ton/ha/año

III.11 Aptitudes agrícolas, pecuarias y forestales

Villegas (2021) enfatiza el desarrollo de un método integral realizado por INEGI (2012), el cual evalúa el uso potencial del suelo, orientado a identificar qué tan adecuada es una superficie para sostener determinadas actividades. A diferencia de la clasificación tradicional basada únicamente en la capacidad de uso del terreno, este procedimiento incorporó una mayor variedad de variables en formato digital, como información climática, características edáficas, cobertura y aprovechamientos del suelo, así como datos de modelos digitales de elevación, delimitación de cuencas hidrográficas, presencia de áreas naturales protegidas y análisis de imágenes satelitales.

Basados en esta metodología, se realizaron recortes, reproyecciones y asignación de atributos a las cartas digitales del uso potencial del suelo interceptadas con el municipio de Arteaga en QGIS.

III.12 Delimitación de unidades de gestión ambiental (UGAS)

Las unidades de gestión ambiental, se definen como, una unión de componentes homogéneos en el territorio en el que se establecen políticas, lineamientos y estrategias ecológicas, esto con la finalidad de planear y regular el uso del territorio (DOF, 2014).

Se consideraron 2 componentes para la delimitación de las UGAS, estas son:

- A) Sistema de topoformas; Identifica la homogeneidad del relieve.
- B) Edafología; Identifica la asignación y componentes de los suelos, lo que define su capacidad y uso.

La creación de estas unidades y el procesamiento de datos se realizó en QGIS, interceptando la capa digital de topoformas y la capa de edafología, asignando un nuevo atributo en la capa resultante llamado UGAS (combinación de capa a + capa b) y de la cual, se actualizó la superficie en hectáreas para eliminar todas aquellas UGAS menores a 50 hectáreas.

III.13 Criterios para asignar políticas ambientales

Con las UGAS establecidas y caracterizadas de acuerdo a los resultados del apartado anterior, fue necesario asignar políticas ambientales basadas en los siguientes criterios:

- a) Aprovechamiento sustentable (APS): Se definen como zonas que, por sus características, son propias para el uso y manejo de los recursos naturales, de forma que resulte viable tanto para la sociedad como para el ambiente.
- b) Protección (PRO): Son zonas con poca o nula perturbación antropogénica, en las que se busca mantener la continuidad de los procesos ecológicos, evolutivos y de servicios que puede brindar un ecosistema, además, quedan prohibidas actividades productivas o asentamientos humanos no controlados.

- c) Conservación (CON): En estas áreas se busca la permanencia y continuidad de las estructuras, los procesos y los servicios ambientales, relacionados con la protección de componentes ecológicos y de usos productivos estratégicos.
- d) Restauración (RES): Estas políticas se asignan para áreas que están sometidas a procesos de deterioro ambiental acelerado o que están susceptibles a esto. En estas, se aplican actividades que propicien la recuperación y restablecimiento del ecosistema y la continuidad de sus procesos naturales.

Estos criterios fueron tomados en base al Manual de proceso de ordenamiento ecológico expedido por la SEMARNAT (2006) que a su vez se apega y aplica al reglamento en materia de ordenamiento ecológico del territorio de la Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (DOF, 2003).

Cabe decir, que se pueden asignar más de 2 políticas a las UGAS en cuestión.

III.14 Análisis FODA

El análisis FODA (Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas) es una herramienta en el cual se identifican los componentes mencionados, que influyen en la situación de una entidad u organismo, con el propósito de mejorar en una planeación estratégica, así como, en la toma de decisiones.

Por esta razón se realizó un análisis FODA para cada política ecológica: Aprovechamiento, protección, conservación y restauración. En las fortalezas se incluyen las cualidades positivas del territorio que ayudan a las actividades productivas o que apoyan el objetivo de cada política. Las oportunidades son aspectos que se pueden mejorar. Las debilidades son situaciones que pueden afectar esas oportunidades y las amenazas son factores que pueden poner en riesgo el desarrollo ecológico y productivo de la zona.

III.15 Procedimientos para la etapa de propuesta

Esta etapa tiene como objeto generar un modelo de ordenamiento ecológico del territorio (mapa temático), el cual está basado en los datos obtenidos en la etapa de caracterización y diagnóstico.

Esta etapa debe resumir:

- a) La definición del estado actual de los ecosistemas del área a ordenar
- b) Considerar las prioridades y necesidades de los diferentes grupos involucrados para evaluar la capacidad del territorio en el desarrollo sustentable de las actividades productivas.
- c) La estimación de tendencias del deterioro ambiental.
- d) La generación de las políticas de gestión para maximizar el bienestar y minimizar los conflictos ambientales.

IV. RESULTADOS

IV.1 Etapa de caracterización del municipio

IV.1.1 Ubicación geográfica

El presente trabajo comprende el área de estudio en Arteaga, Coahuila, México que se encuentra en las coordenadas 25° 09' - 25° 32' de latitud norte y 100° 14' - 100° 57' de latitud oeste (INEGI, 2010).

El municipio de Arteaga es uno de los 38 que conforman al estado de Coahuila. Limita al Norte con el municipio de Ramos Arizpe, al Oeste con el municipio de Saltillo y al Sur y Oeste con el estado de Nuevo León. Es parte de la Región Sureste del estado de Coahuila (INEGI, 2010), (Figura IV.1).

Este municipio cubre un área de 1,635 km², lo que corresponde a aproximadamente el 1.1% de la superficie estatal (INEGI, 2010).

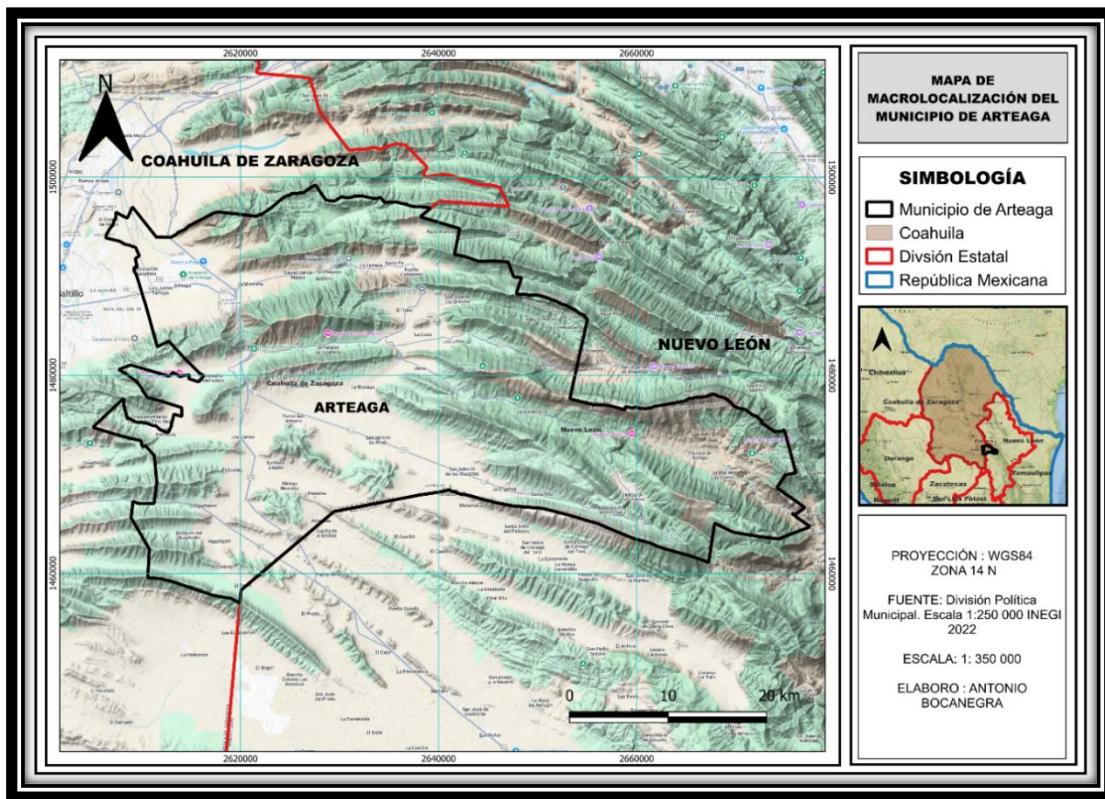


Figura IV.1 Mapa de macrolocalización del municipio de Arteaga.

IV.1.2 Clima

En el municipio se presentan 9 combinaciones de 6 climas distintos, según el Sistema de Clasificación Climática de Köppen (1936) modificado por García (2004) para las condiciones particulares de México, predominando en la zona con un 55.71% el clima templado subhúmedo con lluvias escasas todo el año (Cx'). En el Cuadro IV.1 se muestran las clasificaciones de clima y la superficie que ocupa en el territorio, así como en la Figura IV.2 se muestra su distribución geoespacial.

Cuadro IV.1. Clasificación climática y porcentajes según su área

Clave de clima	Descripción	Superficie (Ha)	%	
Cx' C(w1)	Templado subhúmedo	91108.97	55.71%	63.96%
		13493.21	8.25%	
BS1kx' BS1kw BS1kw(x')	Semiseco templado	25897.00	15.84%	19.76%
		1142.57	0.70%	
		5279.07	3.23%	
BS1hw(x') C(E)x' BS0hx' BS0kx'	Semiseco semicálido Semifrío subhúmedo Seco semicálido Seco templado	2200.33	1.35%	16.27%
		17487.96	10.69%	
		1474.88	0.90%	
		5449.53	3.33%	
Total		163533.53		100%

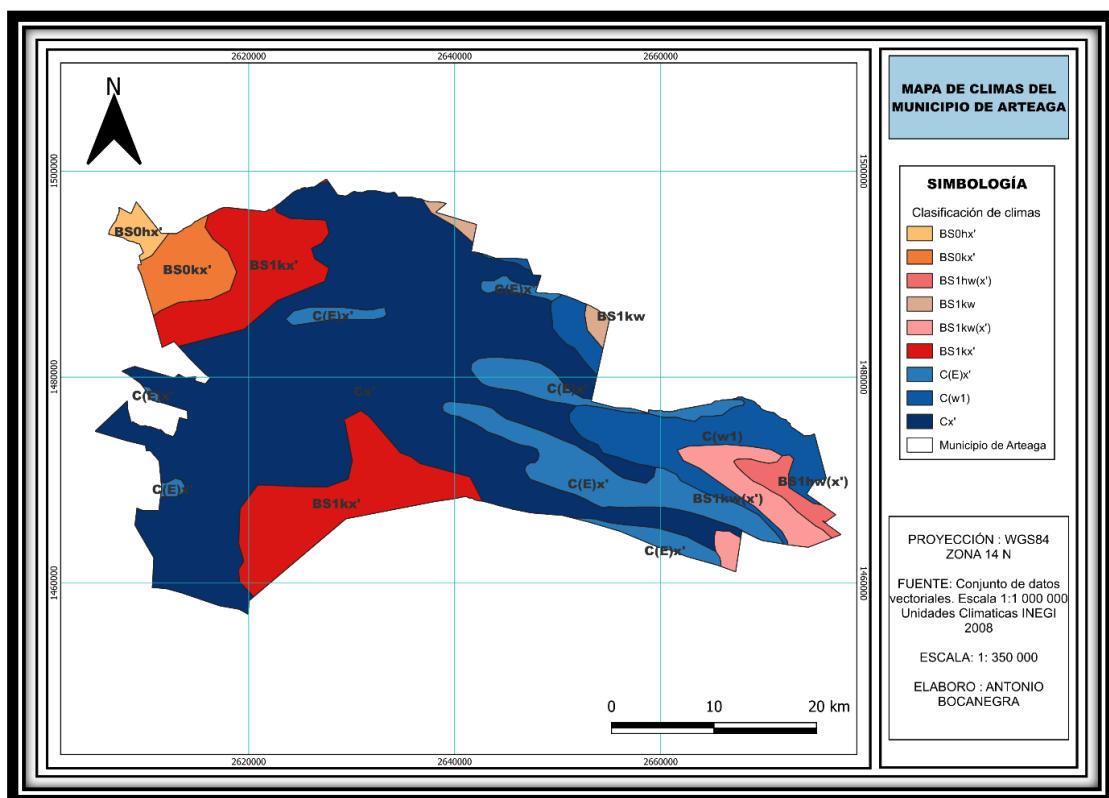


Figura IV.2 Mapa de clasificación de climas.

IV.1.2.1 Precipitación

Derivado del procesamiento y análisis de la información de las estaciones meteorológicas, se obtuvo la precipitación media anual para el municipio y sus valores máximos, medios y mínimos.

Cuadro IV.2 Precipitaciones para el municipio

Precipitación	mm
Anual máxima	726.09
Anual media	504.54
Anual mínima	285.2

Nota: (mm) milímetros.

IV.1.2.2 Temperatura

Resultado de los procesos explicados anteriormente, se obtuvo la temperatura media anual para el municipio y sus valores máximos, medios y mínimos.

Cuadro IV.3 Temperaturas para el municipio

Temperatura	°C
Anual máxima	24.54
Anual media	20.08
Anual mínima	14.50

Nota: (°C) grados centígrados.

IV.1.2.3 Evapotranspiración real

Como resultado del método de Turc para demostrar la perdida de humedad y transpiración vegetal se obtuvieron los valores máximos, medios y mínimos de la evapotranspiración real del municipio.

Cuadro IV.4 Evapotranspiración real para el municipio

Evapotranspiración	mm
Anual máxima	639.64
Anual media	479.6
Anual mínima	295.77

IV.1.2.4 Climograma

Para crear una representación más visual del clima del área se realizó un climograma que es un gráfico en el que se representan las temperaturas y las precipitaciones de un lugar, en un determinado tiempo. (Figura IV.3)

Se escogió la estación 5176 Jame como la más representativa del municipio ya que presenta una ubicación al centro-este del territorio. Tomando como base datos medios mensuales de precipitación, evapotranspiración y temperatura.

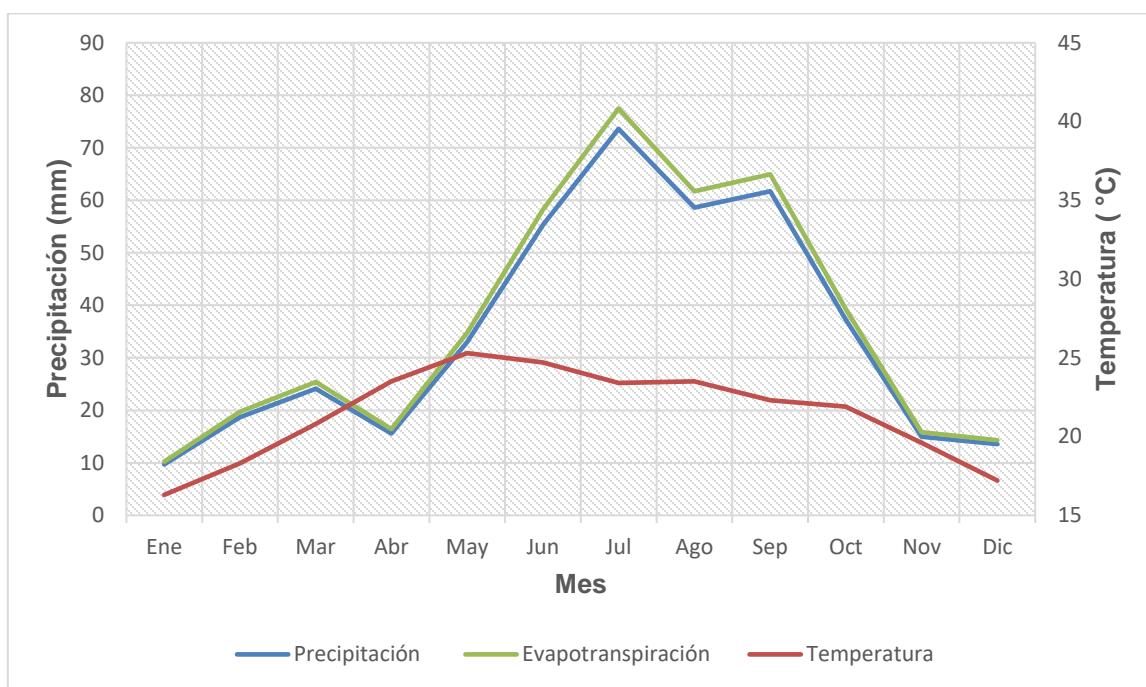


Figura IV.3 Climograma para el municipio.

La temperatura muestra una tendencia estacional definida, con valores bajos en la temporada invernal, elevándose progresivamente hasta el verano. Esta conducta es típica de zonas con un clima seco, donde encaja, con los meses en el que se presenta mayor precipitación en el año, sin embargo, la evapotranspiración representa una tendencia siempre por encima de precipitación, lo que significa que en el municipio se pierde más agua de la que entra por lluvia, evidenciando un déficit hídrico en el municipio.

IV.1.3 Fisiografía

El municipio en su totalidad es perteneciente a la provincia fisiográfica Sierra Madre Oriental (Figura IV.4) la cual se define como un importante sistema montañoso de la región oriental de México. Se trata de una cadena alargada, angosta y de relieve accidentado, que se eleva desde la planicie costera del Golfo de México y alcanza alturas superiores a los tres mil metros sobre el nivel del mar. Hacia el poniente, sus elevaciones disminuyen progresivamente hasta conectar con el extenso altiplano central del país. (Eguiluz -de Antuñano *et al.*, 2000)

La Sierra Madre Oriental desempeña un papel fundamental en la tendencia del clima y la distribución de los ecosistemas. Esta cadena montañosa actúa como una barrera orográfica que intercepta la humedad proveniente del Golfo de México, impidiendo su libre paso hacia el altiplano. Como resultado de este efecto, conocido como sombra orográfica, en las laderas orientales se desarrollan ecosistemas templados y de mayor humedad, mientras que en el sector occidental predominan condiciones más secas, con vegetación adaptada a ambientes áridos y semiáridos (Rzedowski, 1978).

Las subprovincias propias del municipio son la Gran Sierra Plegada con un 94.6% del territorio y en menor medida Pliegues Saltillo-Parras con apenas un 5.4 % de ocupación en el área (Figura IV.4). La Gran Sierra Plegada representa el bloque principal de la Sierra Madre Oriental y constituye, probablemente, su subprovincia fisiográfica más característica y sobresaliente. Está compuesta por una secuencia continua de notables pliegues anticlinales y sinclinales de marcada inclinación, los cuales son la expresión visible del plegamiento de la corteza terrestre ocurrido durante el evento orogénico que dio origen a esta formación montañosa. (CONAGUA 2024). Por otra parte, los Pliegues Saltillo-Parras están asentados en zonas áridas, paisaje típico del Desierto Chihuahuense, aunque, sin embargo, se pueden observar bosques de pinos y encinos en sus cumbres topográficas (CONAGUA, 2024).

Para el sistema de topoformas presente en el municipio se encontraron predominando con un 61.7% la forma de sierra plegada flexionada, bajada con sierras en un 30.66%, las llanuras bajas con piso rocoso o cementado con lomerío con apenas un 5.36% y en menor medida la forma de bajada típica con un 2.27%.

Cuadro IV.5 Sistema de topoformas para el municipio

Topoforma	Descripción	Superficie (Ha)	%
Sierra	Sierra Plegada Flexionada	100926.01	61.72%
Bajada	Bajada con sierras	50137.01	30.66%
Llanura	Llanura baja de piso rocoso o cementado con lomerío	8763.43	5.36%
Bajada	Bajada típica	3707.08	2.27%
Total		163533.53	100%

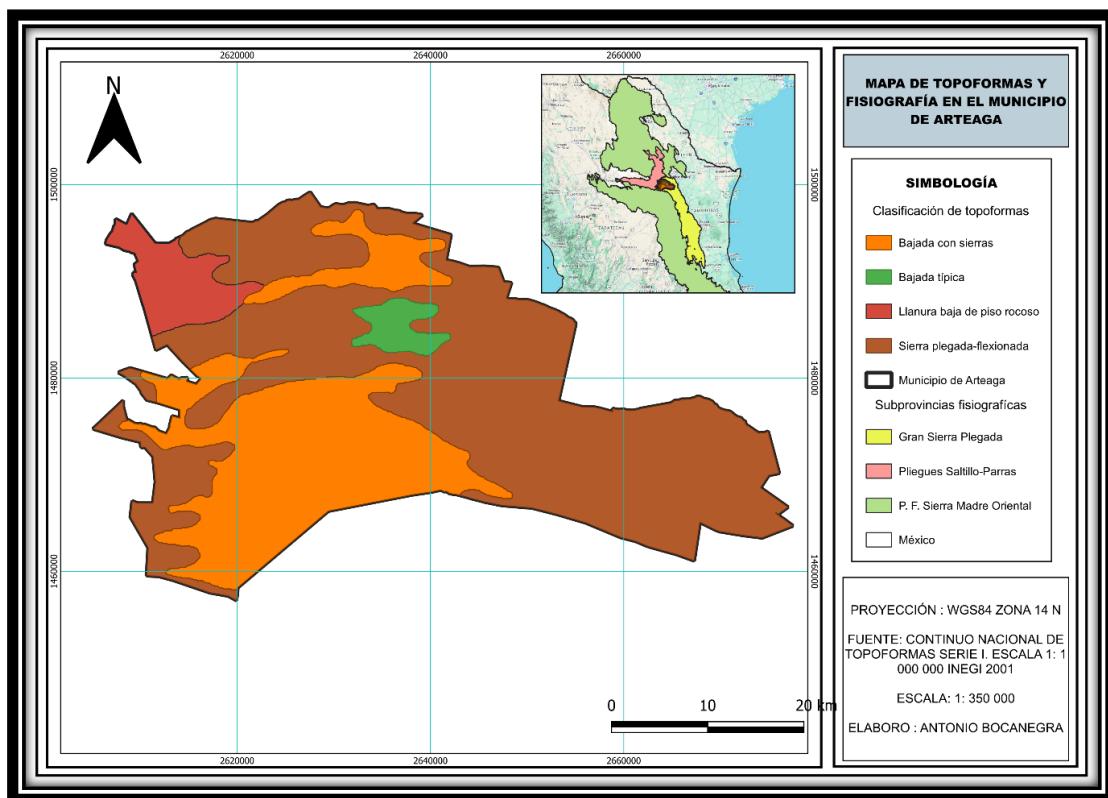


Figura IV.4 Mapa de topoformas y fisiografía.

IV.1.4 Geología

En la geología del municipio predomina el origen Cretácico (69.92%) último periodo de la era Mesozoica, Cuaternario (26.32%), Jurásico (3.50%) y Terciario (0.23%) como se puede ver en el Cuadro IV.6. También están presentes 11 tipos de roca sedimentaria: Caliza (27.75%), Caliza-Dolomía (10.82%), Lutita-Arenisca (10.78%), Caliza-Lutita (10.41%), Caliza-Pederal (6.39%), Lutita-Marga (3.90%), Depósitos coluviales (3.28%), Lutita-Caliza (2.72%), Caliza-Limolita (0.67%) y Brecha sedimentaria monogénica (0.26%), Suelo: aluvial (23.04%). (

Cuadro IV.7).

La distribución geoespacial de la litología del municipio se puede apreciar en la Figura IV.5.

Cuadro IV.6 Clasificación de la superficie por periodos geológicos

Periodo	Superficie (Ha)	%
Cretácico	114349.30	69.92%
Cuaternario	43039.32	26.32%
Jurásico	5725.86	3.50%
Terciario	419.04	0.26%
Total	163533.53	100%

Cuadro IV.7 Clasificación de la superficie por tipo de roca

Tipo de roca	Superficie (Ha)	%
Caliza	45381.10	27.75%
Aluvial	37677.94	23.04%
Caliza Dolomía	17691.82	10.82%
Lutita-Arenisca	17622.29	10.78%
Caliza-Lutita	17019.13	10.41%
Caliza-Pederal	10441.66	6.39%
Lutita-Marga	6370.81	3.90%
Coluvial	5361.39	3.28%
Lutita-Caliza	4454.01	2.72%
Caliza-Limolita	1094.35	0.67%
Brecha sedimentaria monogénica	419.04	0.26%
Total	163533.53	100%

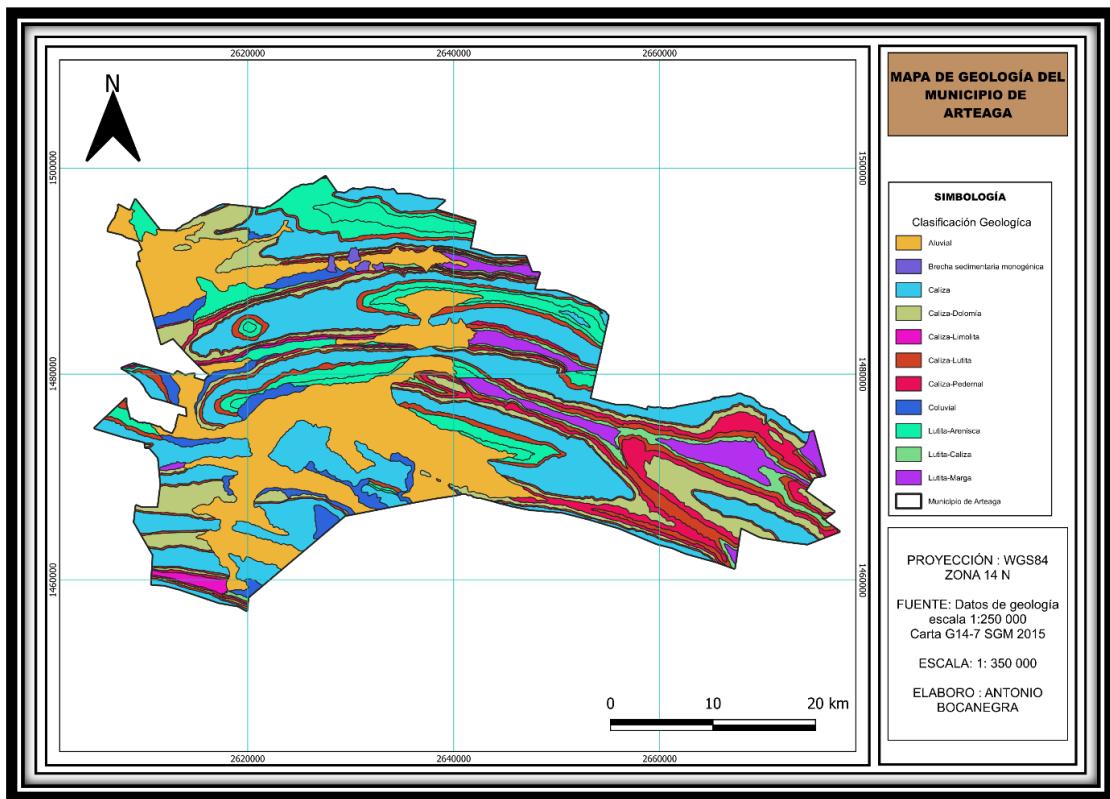


Figura IV.5 Mapa geológico para el municipio

IV.1.5 Hidrología

El territorio de Arteaga es perteneciente a la Región Hidrológica Administrativa VI Río Bravo, de la cual, subyacen las regiones hidrológicas No. 24 Bravo-Conchos que cubre casi en su totalidad al municipio y la No. 37 El Salado. Las cuencas correspondientes son R. Bravo-San Juan ocupando el 61.2 % del área y la cuenca Sierra Madre Oriental con el 38.8 %. También se encuentra perteneciente a 5 subcuencas y 37 microcuencas.

IV.1.5.1 Acuíferos

En el municipio se pueden encontrar 6 acuíferos de los cuales 2 ocupan la mayor parte de la extensión territorial (Cuadro IV.8). El más grande de ellos, Región Manzanera-Zapalinamé con un 84.27% del territorio y una condición de sobreexplotación, es decir, que ha superado su capacidad de regeneración o

sostenibilidad. Y, por otra parte, en menor medida territorial, el acuífero Saltillo-Ramos Arizpe con un 13.68% de ocupación y una condición de subexplotado, lo que implica que hay potencial desaprovechado.

Cuadro IV.8 Clasificación de superficies y condición de acuíferos

Acuíferos	Condición	Superficie (Ha)	%
Región Manzanera-Zapalinamé	Sobreexplotado	137811.89	84.27%
Saltillo-Ramos Arizpe	Subexplotado	22366.34	13.68%
Navidad-Potosí-Raíces	Subexplotado	2162.97	1.32%
Campo Buenos Aires	Sobreexplotado	706.52	0.43%
Citrícola Norte	Subexplotado	407.73	0.25%
Cañón del Derramadero	Subexplotado	78.14	0.05%
Total		163533.59	100%

Nota: Sobreexplotado es aquel de donde se extrae más agua de la que se recarga de forma natural. Subexplotado es aquel donde la entrada de agua es mayor que la salida de esta, y no se aprovecha su capacidad potencial.

IV.1.5.2 Pozos y manantiales

Según datos de CONAGUA en el municipio existen 10 pozos de agua registrados, todos pertenecientes al acuífero Saltillo-Ramos Arizpe (Cuadro IV.9). Y en lo que respecta los manantiales, según INEGI (2020) se refiere a un flujo continuo de agua que brota del terreno en forma natural, se encontraron 35 de estos, según las cartas topográficas 1:50 000 INEGI de la zona. En el siguiente mapa se pueden apreciar de mejor manera. (Figura IV.6)

Cuadro IV.9 Clave de pozo registrado y su coordenada geográfica

Pozo	Acuífero	Latitud	Longitud
CNA 31	Saltillo-Ramos Arizpe	25.494083	-100.625056
CNA 35	Saltillo-Ramos Arizpe	25.463889	-100.831444
CNA 36	Saltillo-Ramos Arizpe	25.453806	-100.87875
CNA 37	Saltillo-Ramos Arizpe	25.456167	-100.877833
CNA 56	Saltillo-Ramos Arizpe	25.464167	-100.864167
CNA 57	Saltillo-Ramos Arizpe	25.484167	-100.874444
CNA-83	Saltillo-Ramos Arizpe	25.49	-100.893611
CNA-86	Saltillo-Ramos Arizpe	25.455833	-100.856389
CNA-87	Saltillo-Ramos Arizpe	25.455833	-100.856389
CNA-88	Saltillo-Ramos Arizpe	25.4575	-100.848611

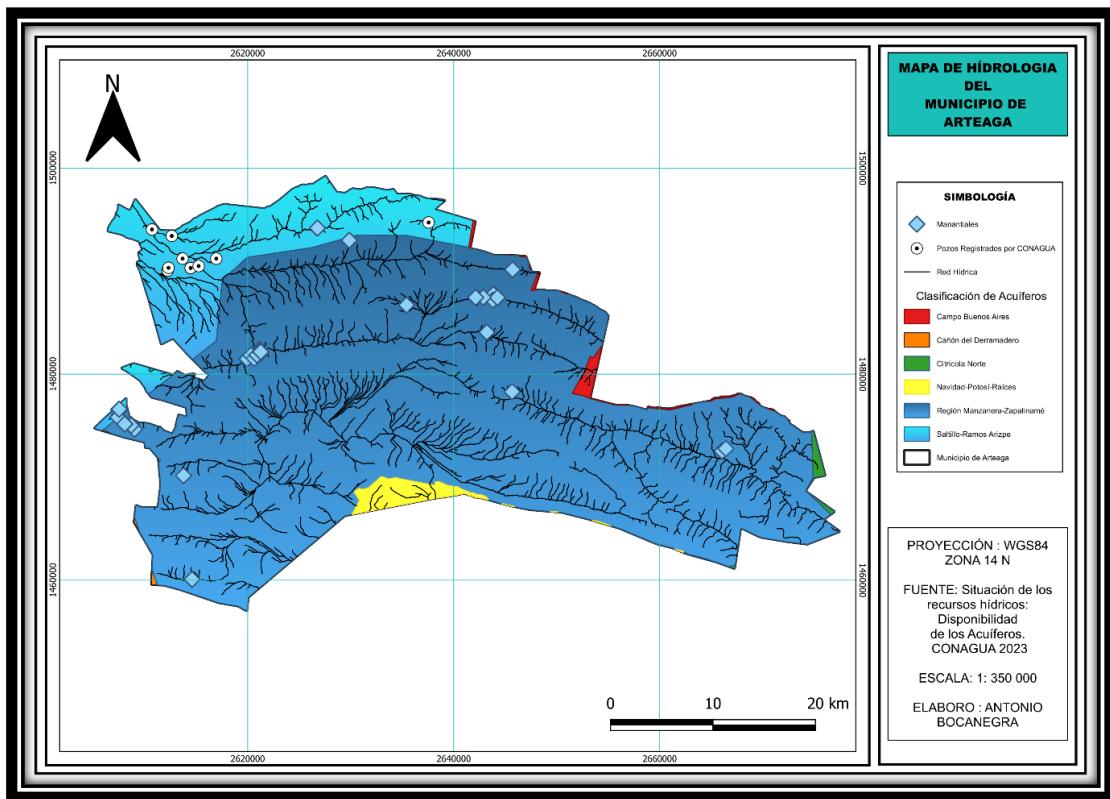


Figura IV.6 Mapa de hidrología para el municipio.

IV.1.6 Edafología

La edafología se presenta con suelos dominantes en Leptosol (29.56%), Luvisol (23.71%), Phaeozem (16.41%), Kastañozem (13.68%), Cambisoles (7.37%), Chernozem (7.13%) y Regosol, Calcisol, Gypsisol y Technosol representan el 3 % restante del total de suelos presentes en el municipio (Cuadro IV.10)

Cuadro IV.10 Clasificación de superficies por tipo de suelo

Tipo de Suelo	Superficie (Ha)	%
Leptosol	47993.61	29.56%
Luvisol	38500.77	23.71%
Phaeozem	26652.12	16.41%
Kastañozem	22211.66	13.68%
Cambisol	11966.58	7.37%
Chernozem	11582.17	7.13%
Regosol	1757.54	1.08%
Calcisol	632.58	0.39%
Gipsisol	139.52	0.09%
Technosol	940.56	0.58%
Total	163533.53	100%

Esta caracterización se sustenta en la Guía para la Interpretación Edafológica INEGI (2014), donde se describe que los suelos Leptosoles tienen un espesor menor a 25 cm o más del 80% de su volumen está compuesto por piedras y gravas. Son altamente propensos a la erosión y suelen encontrarse en áreas montañosas con pendientes superiores al 40%.

Los Luvisoles son suelos rojos, grises o pardos claros, susceptibles a la erosión especialmente aquellos con alto contenido de arcilla y los situados en pendientes fuertes.

Los Phaeozem se desarrollan en climas semisecos y subhúmedos. Poseen un color superficial pardo a negro y son ricos en magnesio y potasio, además de carecer de carbonatos en el subnivel.

Los Kastañozem se presentan en zonas áridas o semiáridas, con una capa superficial gruesa de tono pardo oscuro, abundante en materia orgánica, y con altos contenidos de magnesio, potasio y carbonatos en las capas inferiores.

Los Cambisoles son suelos jóvenes, que muestran cambios notables en el color o en el contenido de arcilla entre sus diferentes horizontes.

Los Chernozem se originan también en regiones áridas o semiáridas; poseen una capa superficial espesa, negra o muy oscura, con elevado contenido de carbono orgánico, y son ricos en magnesio, potasio y carbonatos en el subsuelo.

Los Regosoles son suelos poco desarrollados y pedregosos, por lo general de color claro, y se asemejan mucho a la roca madre de la que provienen cuando son poco profundos. Se encuentran comúnmente en zonas montañosas o áridas del país.

Los Calcisoles contienen más del 15% de carbonato de calcio en al menos una capa de 15 cm de espesor. Constituyen uno de los grupos de suelos más extendidos en México y predominan en regiones áridas de origen sedimentario.

Los Gypsisoles presentan más del 5% de yeso (sulfato de calcio) en al menos una capa de 15 cm, y se distribuyen en las zonas más secas dentro de los climas áridos.

Por último, los Technosoles están formados o fuertemente modificados por materiales producidos o expuestos por la actividad humana.

La visualización geoespacial de la clasificación edafológica se muestra en la Figura IV.7.

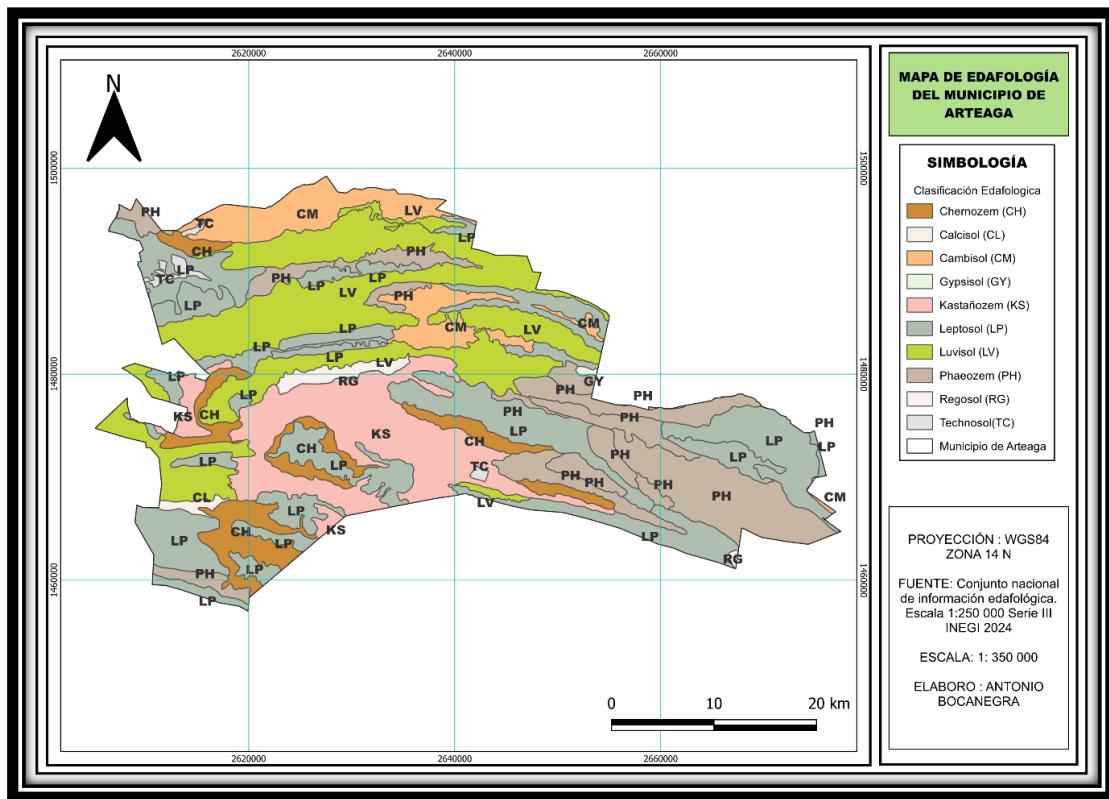


Figura IV.7 Mapa de edafología para el municipio

IV.1.7 Uso del suelo y vegetación

En territorio municipal se puede encontrar una cantidad considerable de vegetaciones y usos del suelo variables, pero predominando los bosques de coníferas y matorrales, teniendo también una considerable parte para el uso de distintos tipos de agricultura. (Cuadro IV.11).

En el siguiente mapa se puede apreciar los datos geoespaciales y la distribución de los tipos de vegetación y usos. (Figura IV.8)

Cuadro IV.11 Clasificación de superficies para el uso del suelo y vegetación

Uso del suelo y vegetación	Superficie (Ha)	%
Vegetación secundaria arbustiva de bosque de pino	47887.25	29.28%
Bosque de pino	35230.42	21.54%
Agricultura de temporal anual	18189.47	11.12%
Matorral desértico rosetófilo	10739.63	6.57%
Pastizal inducido	7589.18	4.64%
Agricultura de riego permanente	7064.36	4.32%
Agricultura de riego anual	7022.83	4.29%
Vegetación secundaria arbustiva de bosque de Ayarín	6794.10	4.15%
Bosque de Ayarín	3897.08	2.38%
Vegetación secundaria arbustiva de matorral desértico microfilo	2830.51	1.73%
Asentamientos humanos	2262.04	1.38%
Matorral submontano	1795.18	1.10%
Agricultura de riego anual y permanente	1400.95	0.86%
Pastizal natural	1397.43	0.85%
Bosque de oyamel	1385.54	0.85%
Vegetación secundaria arbustiva de bosque de oyamel	1300.67	0.80%
Vegetación secundaria arbustiva de bosque de pino-encino	1294.87	0.79%
Agricultura de temporal anual y permanente	1040.29	0.64%
Vegetación secundaria arbustiva de bosque de encino-pino	1033.72	0.63%
Bosque de pino- encino	933.10	0.57%
Agricultura de temporal permanente	782.23	0.48%
Vegetación secundaria arbustiva de matorral desértico rosetófilo	754.54	0.46%
Bosque de encino-pino	350.50	0.21%
Desprovisto de vegetación	313.03	0.19%
Vegetación secundaria arbórea de bosque de pino	139.61	0.09%
Chaparral	105.06	0.06%
Total	163533.59	100%

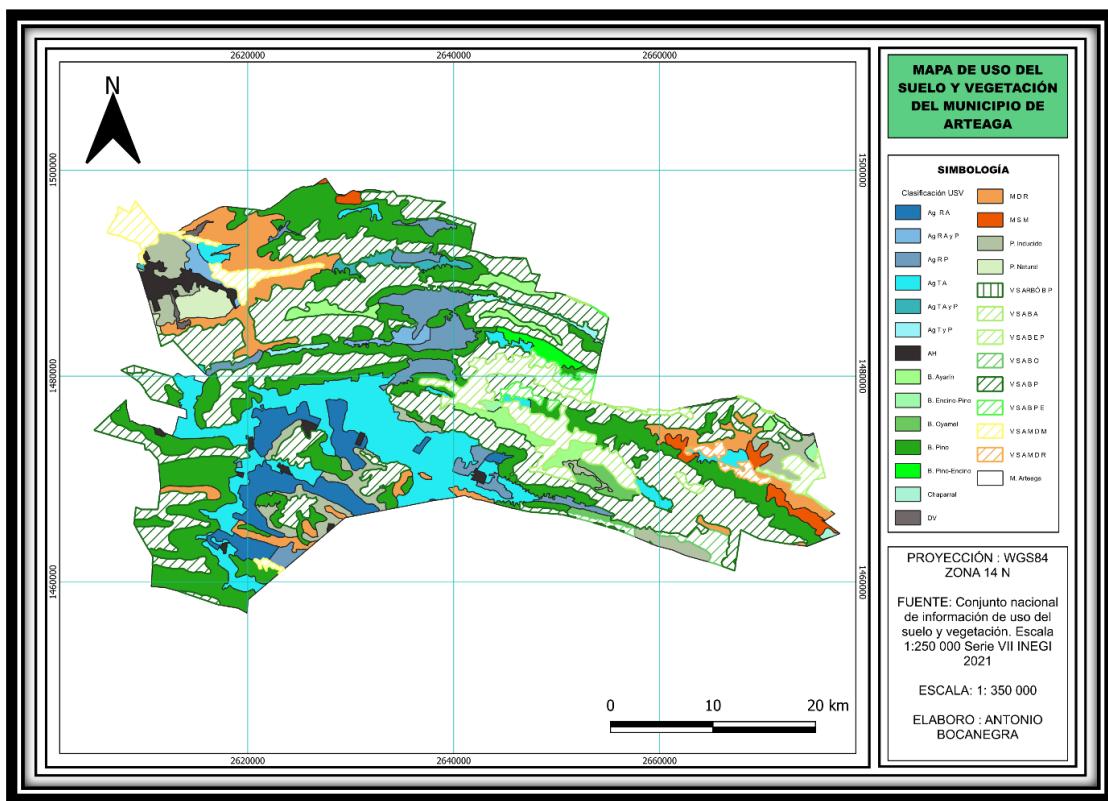


Figura IV.8 Mapa del uso del suelo y vegetación para el municipio

Nota: Ag R A= Agricultura de riego anual; Ag RA y P= Agricultura de riego anual y permanente; Ag R P= Agricultura de riego permanente, Ag T A= Agricultura de temporal anual, Ag T A y P= Agricultura de temporal anual y permanente; Ag T y P= Agricultura de temporal y permanente; AH= Asentamientos Humanos; B=Bosque; DV= Desprovisto de vegetación; MDR= Matorral desértico rosetófilo, MSM= Matorral submontano; P= Pastizal; VSARBÓBP= Vegetación secundaria arbórea de bosque de Ayarín; VSABA=Vegetación secundaria arbustiva de bosque de pino; VSABEP= Vegetación secundaria arbustiva de bosque de encino-pino; VSABO= Vegetación secundaria arbustiva de bosque de Oyamel; VSABP= Vegetación secundaria arbustiva de bosque de pino; VSABPE= Vegetación secundaria arbustiva de bosque de pino-encino; VSABDM= Vegetación secundaria arbustiva de matorral desértico microfilo; VSAMDR= Vegetación secundaria arbustiva de matorral desértico rosetófilo.

IV.1.8 Áreas naturales protegidas

IV.1.8.1 Áreas naturales protegidas estatales

En el municipio existen 3 áreas con decreto de Reserva Natural Voluntaria, 1 área identificada como Zona Sujeta a Conservación Ecológica y otra con decreto de Zona

de Restauración, todas estas áreas, le pertenecen a la jurisdicción estatal. Cabe destacar que estas últimas 2 áreas se comparten con el municipio vecino de Saltillo.

Cuadro IV.12 Áreas naturales protegidas estatales

Nombre	Tipo	Categoría de Decreto	Municipios	Superficie (Ha)	% respecto al área total
Zapalinamé	Estatal	Zona Sujeta a Conservación Ecológica	Saltillo, Arteaga	9513.42	5.82%
Zona de Restauración Zapalinamé	Estatal	Zona de Restauración	Saltillo, Arteaga	618.39	0.38%
Las Delicias	Estatal	Reserva Natural Voluntaria	Arteaga	79.96	0.05%
La Reforma	Estatal	Reserva Natural Voluntaria	Arteaga	16.35	0.01%
Venustiano Carranza	Estatal	Reserva Natural Voluntaria	Arteaga	13.78	0.01%

IV.1.8.2 Áreas naturales protegidas federales

El municipio cuenta con un 44% del territorio ocupado por áreas naturales protegidas de carácter federal. La ANP No.48 Cuenca Alimentadora del Distrito Nacional de Riego 026 Bajo Río San Juan (C.A.D.N.R. 026 Bajo Río San Juan) con una categoría de manejo considerada como Áreas de Protección de Recursos Naturales (APRN), más, sin embargo, esta carece de un plan de manejo, por lo cual, este es un factor a considerar en la asignación de políticas y propuestas en las unidades de gestión ambiental que estén dentro de estas zonas. Por otro lado se encuentra la ANP No. 144 Parque Nacional Cumbres de Monterrey que ocupa apenas el 1% del territorio (Cuadro IV.13). Este si cuenta con un plan de manejo integrado (CONANP,2023), aunque en este, no se mencione al municipio de Arteaga como parte del parque nacional, esto, se puede deber a que estas zonas se ubican en los límites estatales en pequeñas porciones.

Cuadro IV.13 Áreas naturales protegidas federales

Nombre	Tipo	Categoría de Decreto	Estados	Superficie (Ha)	% respecto al área total
C.A.D.N.R. 026 Bajo Río San Juan Cumbres de Monterrey	Federal Federal	APRN Parque Nacional	Coahuila y Nuevo León Nuevo León y Coahuila	69658.05 1796.11	43% 1%

IV.1.8.3 Sistios de atención prioritaria para la conservación y restauración de la biodiversidad

Basados en la carta digitales 'Sistios de atención prioritaria para la conservación y de la biodiversidad de México (CONABIO, 2016) que funge como los resultados de los análisis ecorregionales y otras variables, como el estado de conservación de los ecosistemas para identificar los espacios naturales que cuentan con la mayor diversidad biológica, en particular, aquellos hábitats mejor conservados que albergan especies que están en mayor riesgo de extinción, y en la carta 'Sistios prioritarios para la restauración de México (CONABIO, 2016) donde se reconocen zonas con un valor biológico importante que necesitan trabajos de restauración para garantizar, a largo plazo, la conservación de su biodiversidad, el mantenimiento de sus funciones ecológicas y los servicios ambientales que ofrecen. Además, estas acciones buscan mejorar la conectividad entre los ecosistemas y favorecer la recuperación de los hábitats de las especies que se encuentran en mayor riesgo.

Se encontraron 136 sitios de atención prioritaria para la conservación y 115 sitios de restauración dentro del municipio, los cuales representan un 21.96% y un 22.29% respecto al territorio total respectivamente. (

Cuadro IV.14)

Cuadro IV.14 Sitios de atención prioritaria para la conservación y restauración

Tipo	No. Sitios totales	Categoría	No. Sitios por categoría	% respecto al área total
Conservación	136	Media	53	21.96%
		Alta	38	
		Extrema	45	
Restauración	115	Alta	42	22.29%
		Extrema	73	

En la Figura IV.9 se puede observar la distribución geoespacial de estos sitios, así como la distribución de las áreas naturales protegidas descritas anteriormente.

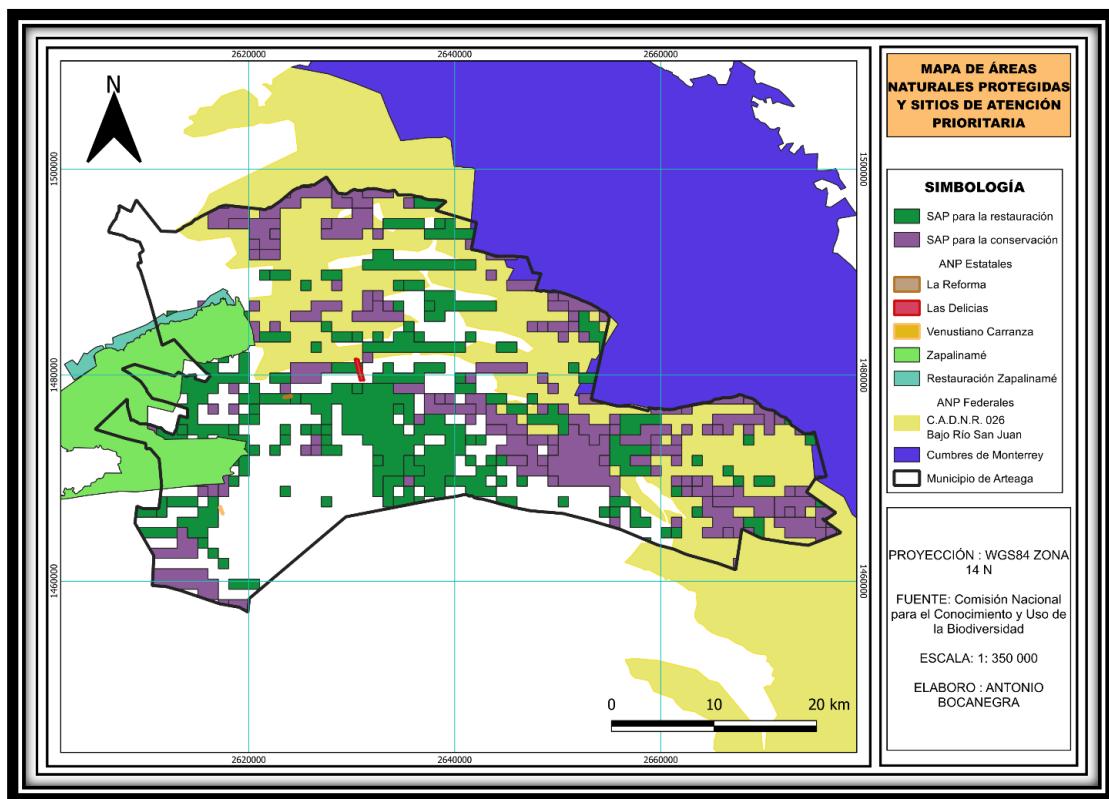


Figura IV.9 Mapa de áreas naturales protegidas y sitios de atención prioritaria.

IV.2 Aspecto social

IV.2.1 Indicadores demográficos

En el municipio se reporta una población total de 29,578 habitantes, de los cuales el 50.53% son hombres y el 49.47% son mujeres (Cuadro IV.15)

Cuadro IV.15). Estos se reparten en 859 localidades, siendo la cabecera municipal donde se concentra la mayor parte de esta (INEGI, 2020). En el Cuadro IV.16Cuadro IV.16 se pueden apreciar las 20 localidades más pobladas del municipio.

Cuadro IV.15 Indicadores demográficos

Indicador demográfico	No. habitantes	%
Población total de hombres	14955	50.53%
Población total de mujeres	14623	49.47%
Población total	29578	100%
Densidad de población por km ²	18.08*	

Nota: * Se expresa como habitantes por kilómetros cuadrado.

Cuadro IV.16 Localidades más pobladas

Localidad	Población
Arteaga	15534
San Antonio de las Alazanas	2576
Privanzas del Campestre	1319
Huachichil (El Huache)	1314
Los Lirios	497
El Tunal	480
Emiliano Zapata	473
La Biznaga	444
Escobedo	443
Artesillas	408
Los Llanos	299
Sierra Hermosa	284
San Juan de los Dolores	278
El Dieciocho de Marzo (El Dieciocho)	243
Chapultepec (Chapul)	233
Jame	221
La Presa	213
San José del Vergel	185
Mesa de las Tablas	184
Santa Rita	170
Resto de localidades	2580

IV.2.2 Indicadores sociodemográficos

Este tipo de índices analizan la composición de la sociedad, condiciones de vida tanto sociales como de vivienda, de educación, económicas y laborales. Esto nos permite identificar tendencias para poder asignar las políticas y estrategias correctas

En la Figura IV.10 se pueden observar algunos indicadores sociodemográficos y el porcentaje que representa ante la población total.

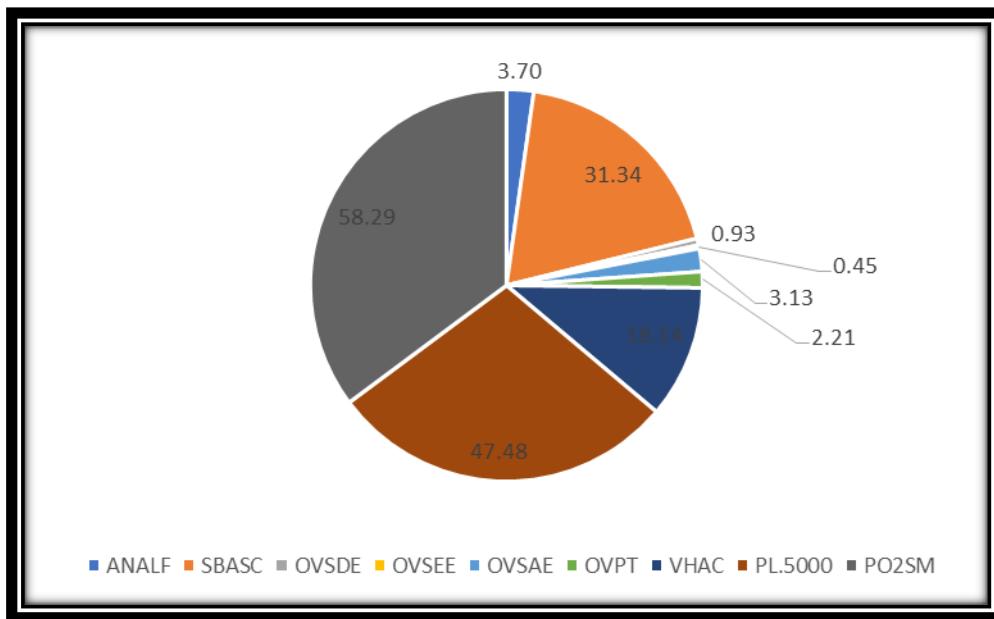


Figura IV.10 Indicadores sociodemográficos

Nota: ANALF= Porcentaje de población de 15 años o más analfabeta; SBASC=% población de 15 años o más sin educación básica; OVSEE= % ocupantes en viviendas particulares habitadas sin energía eléctrica; OVSAE= % ocupantes en viviendas particulares habitadas sin agua entubada; OVPT= % ocupantes en viviendas particulares habitadas con piso de tierra; VHAC= % Viviendas particulares con hacinamiento; PL5000= % Población que vive en localidades menores a 5 000 habitantes; PO2SM=% Población ocupada con ingresos de hasta 2 salarios mínimos

IV.2.3 Grado de marginación

Los índices de marginación dan cuenta de las carencias de la población asociadas a la escolaridad, la vivienda, los ingresos y otros aspectos sociodemográficos;

En aspectos generales el municipio presenta un grado de marginación muy bajo con apenas el 0.91%, lo que significa que en el territorio se presentan condiciones de bienestar relativas.

En el contexto estatal el municipio ocupa el lugar número 21 y a nivel nacional el lugar número 2168 en grados de marginación respecto a los demás municipios del país (CONAPO, 2020).

IV.2.4 Núcleos agrarios

Los núcleos agrarios constituyen el régimen de propiedad social con mayor extensión territorial en el ámbito rural mexicano. Sin embargo, la mayoría enfrenta limitaciones significativas que restringen el desarrollo de actividades agropecuarias y forestales. Además, su composición no es uniforme, ya que muestran diferencias marcadas en cuanto a la disponibilidad y calidad de sus recursos. Pese a ello, los ejidos y comunidades continúan siendo la forma predominante de tenencia de la tierra en el país y concentran la mayor parte de la población rural (Morett-Sánchez & Cosío-Ruiz, 2017).

Según datos abiertos del Registro Agrario Nacional, el municipio de Arteaga cuenta con una superficie de 55,384.32 hectáreas correspondientes a núcleos agrarios registrados, y el 100% de ellos es de tipo ejidal, superficie que representa 33.9% del territorio municipal; para contextualizar esta información se incorporará el Cuadro IV.17 con datos cuantitativos y cualitativos de los núcleos, además de la Figura IV.11 que muestra la distribución geoespacial de los ejidos en el municipio.

Cuadro IV.17 Núcleos agrarios en el municipio

Nombre del núcleo agrario	Tipo	Superficie (Ha)
Arteaga	Ejido	6432.92
Nuncio	Ejido	5928.21
Huachichil	Ejido	5132.76
Mesa de las Tablas	Ejido	3620.84
Potrero de Abrego	Ejido	3613.26
San Antonio de las Alazanas	Ejido	3281.03
Sierra Hermosa	Ejido	2974.30
Emiliano Zapata (Paredón)	Ejido	2587.23
Los Lirios	Ejido	2285.38
San Juan de los Dolores	Ejido	2085.20
Los Llanos	Ejido	1860.33
El Tunal	Ejido	1814.88
El Diamante y anexo	Ejido	1720.61
El Cedrito	Ejido	1519.59
Santa Rita	Ejido	1489.98
Chapultepec	Ejido	1402.73
Piedra Blanca	Ejido	1288.21
Jame	Ejido	1122.47
El Poleo	Ejido	1059.71
Rancho Nuevo	Ejido	1005.22
Escobedo	Ejido	784.13
San Juanito	Ejido	769.79
Ciénega de la Purísima	Ejido	612.11
La Efigenia	Ejido	588.86
Artesillas	Ejido	313.07
El Dieciocho	Ejido	91.52
Total		55384.33

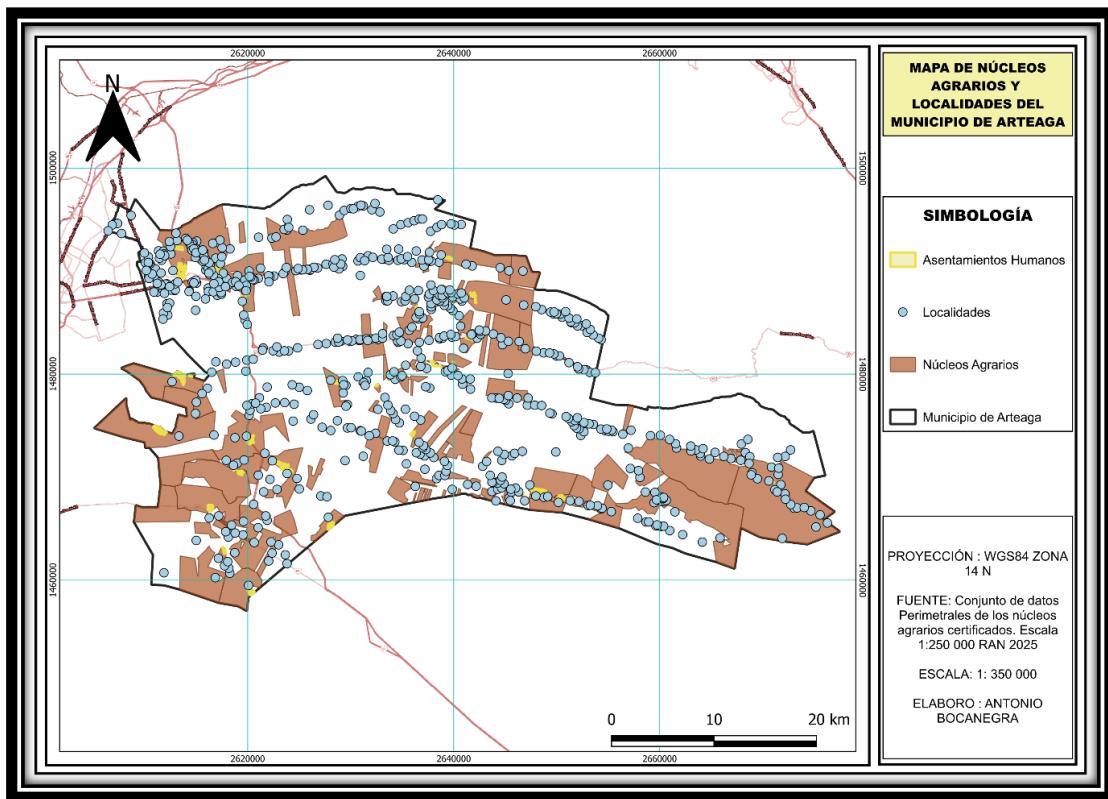


Figura IV.11 Mapa de núcleos agrarios, localidades y asentamientos humanos

IV.3 Etapa diagnostica

IV.3.1 Análisis morfológicos.

Estos análisis arrojaron que el área del municipio cuenta con 163533.53 hectáreas y el perímetro es de 266.228 km. La longitud respecto a su cauce principal es de 52.63 km y el ancho es de 31.07 km. (Cuadro IV.18)

Cuadro IV.18 Resultados de los parámetros morfométricos

Parámetros	Resultados
Área	163533.53 ha
Perímetro	266.228 km
Ancho (W)	31.07 km
Longitud	52.63 km

IV.3.2 Análisis del relieve

La caracterización del relieve constituye un procedimiento fundamental para el impulso del desarrollo socioeconómico de un país, ya que permite identificar y delimitar unidades naturales integradas o áreas de gestión ambiental, las cuales son esenciales para diseñar y aplicar modelos de ordenamiento ecológico del territorio (Hernández *et al.*, 2017).

El diagnóstico del relieve muestra alturas que van desde los 1299 msnm hasta los 3706 msnm, teniendo un desnivel de 2407 msnm en el municipio. Las pendientes alcanzan un máximo de 365.08 grados.

Cuadro IV.19 Resultados de los parámetros del relieve

Parámetros de relieve	Resultados
Altitud máxima	3706 msnm
Altitud media	2342.57 msnm
Altitud mínima	1299 msnm
Desnivel altitudinal	2407 msnm
Pendiente máxima	365.08°
Pendiente media	33.62°
Pendiente mínima	0

Nota: msnm= metros sobre el nivel del mar
°=grados

IV.3.3 Análisis del cauce principal

El cauce principal es el canal primordial que capta y conduce el agua hasta la salida de una cuenca (DOF, 2015). Es por esto que se localizó el cauce principal dentro del municipio y su diagnóstico arroja que presenta una longitud de 52.63 km (Cuadro IV.20). Este cauce aparece a una altitud de 3320 msnm y desemboca a una cota de 1481 msnm como se puede observar en la Figura IV.12.

Cuadro IV.20 Resultados de los parámetros del cauce principal

Parámetros del cauce principal	Resultados
Longitud	52.63 km
Altitud máxima	3320 msnm
Altitud media	1983.13 msnm
Altitud mínima	1481 msnm
Pendiente máxima	59.21°
Pendiente media	5.33°
Pendiente mínima	0°

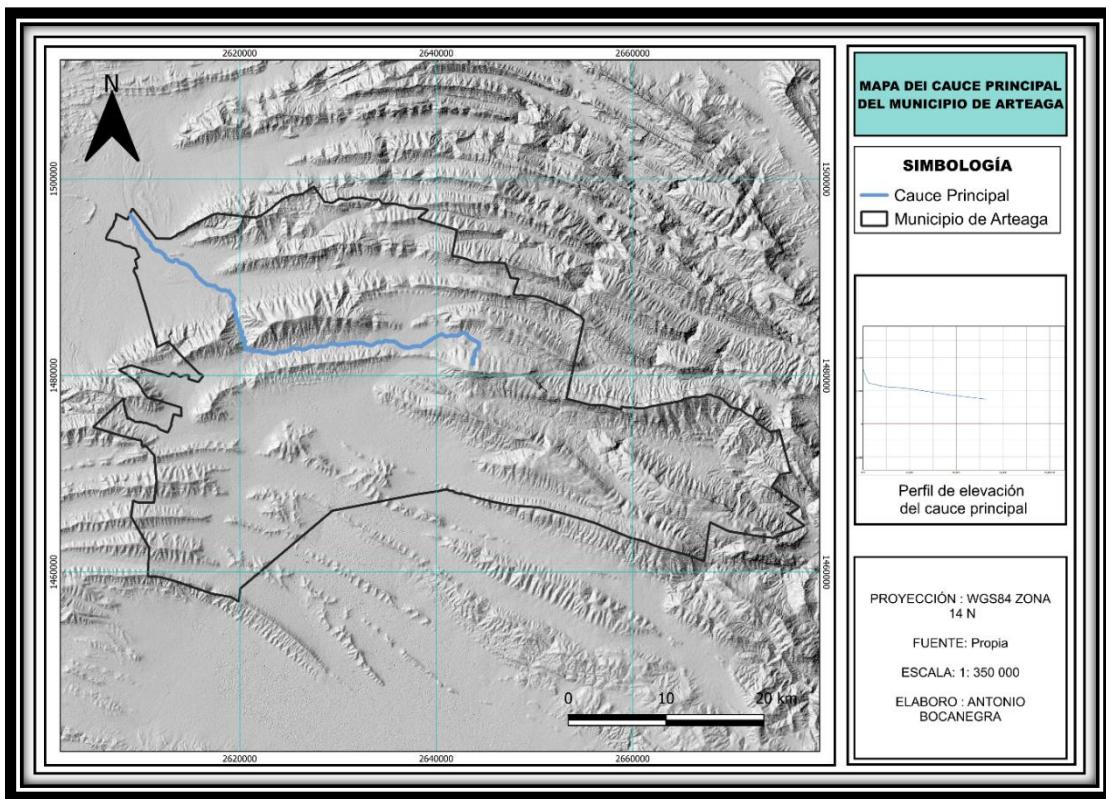


Figura IV.12 Mapa del cauce principal

IV.3.4 Análisis de la curva hipsométrica

La curva hipsométrica expresa cómo cambia la superficie drenada conforme aumenta la altitud del terreno. Este tipo de representación también se ha empleado para interpretar el grado de desarrollo o la “edad” de los ríos en un territorio. (Figura IV.14)

Por lo que representa la siguiente figura se puede observar que se trata de un río maduro lo que significa que el relieve asociado al sistema de drenaje se encuentra en una etapa intermedia de evolución geomorfológica. Además, que el río ya no erosiona tan intensamente como en su etapa juvenil, pero tampoco está dominado por la deposición de sedimentos como en la etapa senil. (Figura IV.14)

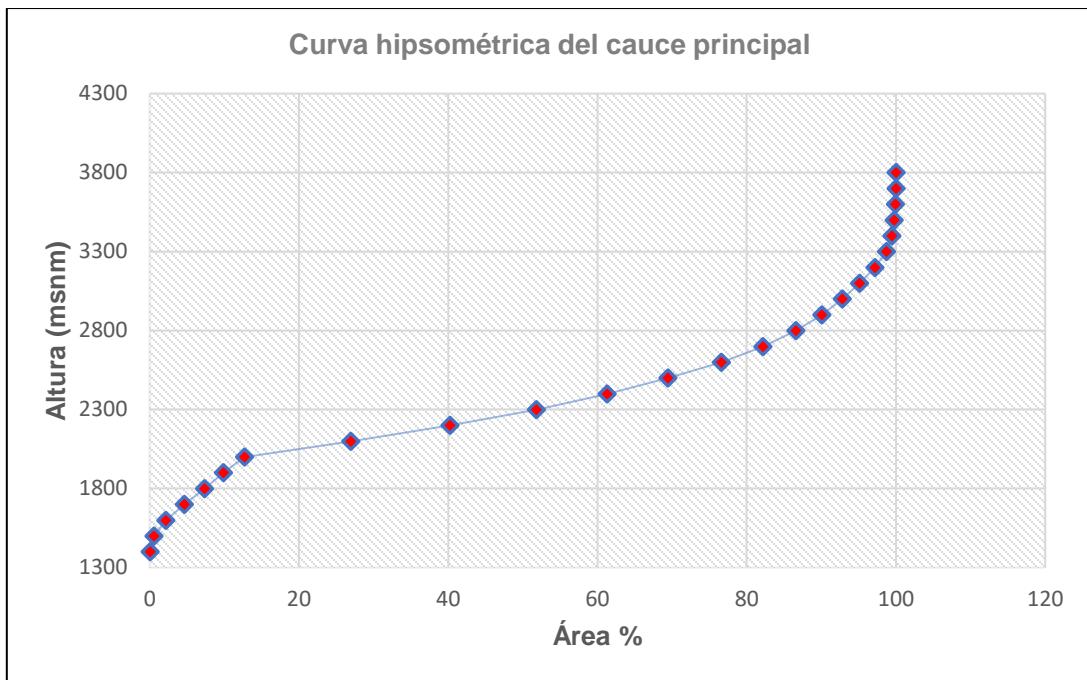


Figura IV.13 Curva hipsométrica del cauce principal

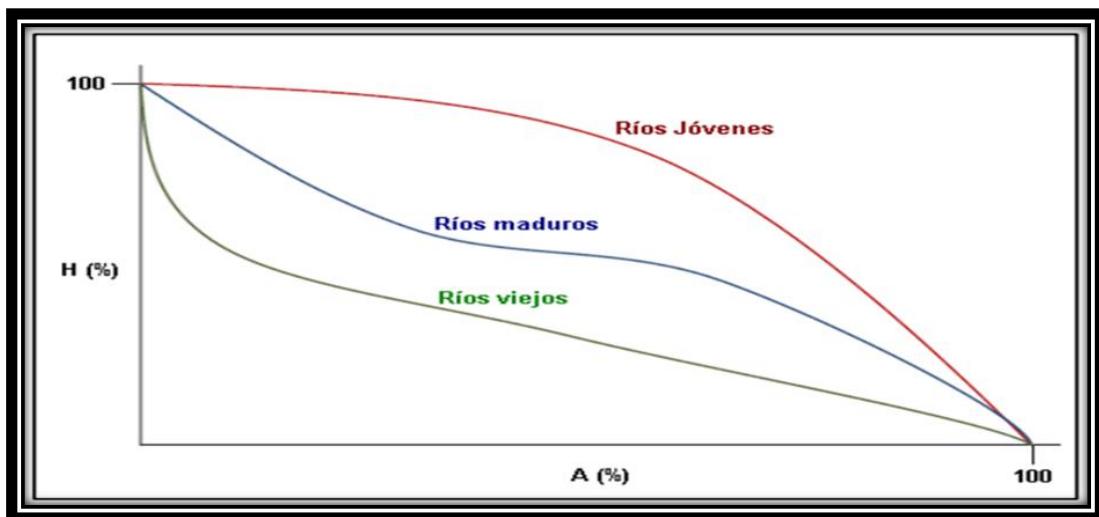


Figura IV.14 Interpretación de la curva hipsométrica para la edad de los ríos
Fuente: Tomado de Villegas (2025)

IV.3.5 Análisis de drenaje

IV.3.5.1 Orden de cauces

Esta clasificación es un análisis donde se asigna un orden numérico a los cursos y corrientes que conforman una red de drenaje.

Aplicando el método de Strahler (1964) que se define como una forma numérica que expresa la complejidad de una ramificación o el tamaño de una corriente, arroja una predominancia de los órdenes 1 y 2 en la red de drenaje, es decir, que son aquellas corrientes fuertes, portadoras de aguas de nacimientos y que no tienen afluentes. Cuando dos corrientes de orden uno se une, resulta una corriente de orden dos.

Esta jerarquización presenta una longitud de 1595.23 km en total de órdenes dentro del municipio.

La Figura IV.15 muestra el tipo de órdenes y su distribución geoespacial. Además, demuestra que los patrones de drenaje son dendríticos (forma más común), es decir, está formado por una corriente principal con sus afluentes primarios y secundarios uniéndose libremente en todas direcciones.

IV.3.5.2 Densidad de drenaje

El cálculo indica que existen 0.98 cauces por km^2 dentro del territorio de Arteaga, lo cual su diagnóstico representa una red poco densa, este patrón sugiere que gran parte del volumen hídrico se infiltra al suelo antes de concentrarse en cauces definidos.

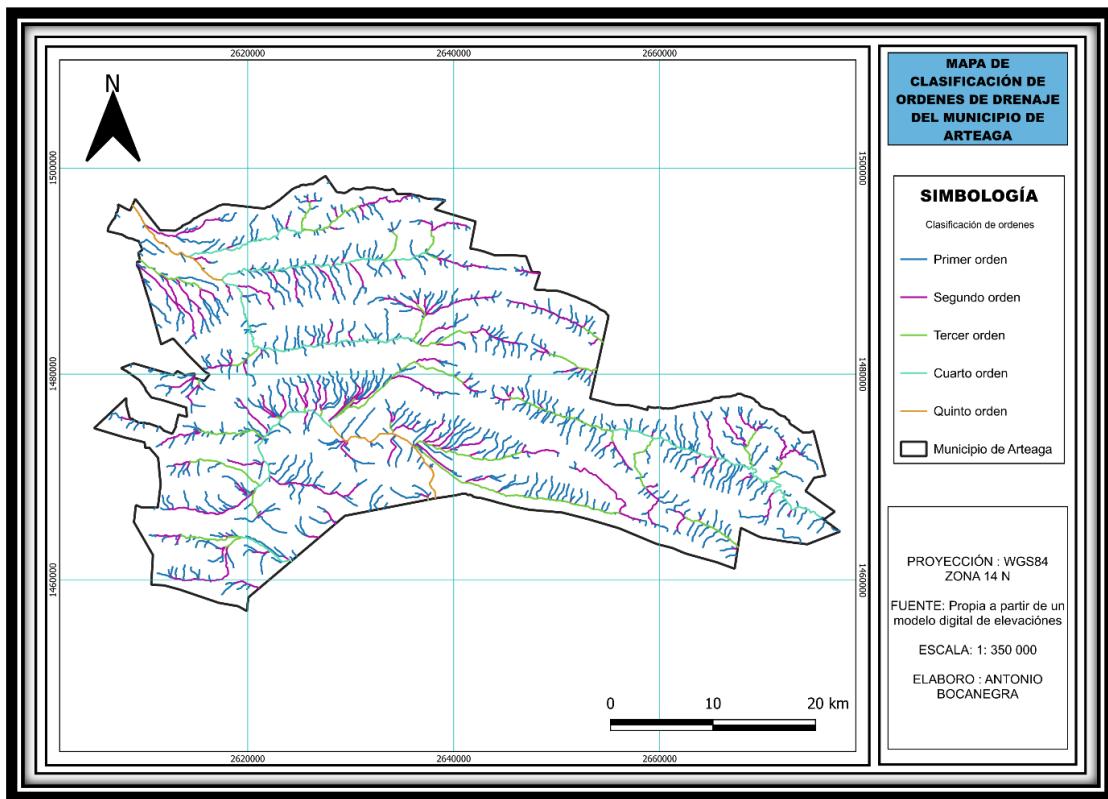


Figura IV.15 Mapa del orden de cauces

IV.3.5.3 Periodo de retorno

El tiempo de retorno de la precipitación es el intervalo promedio de años en el que se espera que un evento de lluvia de una cierta magnitud sea igualado o superado. Aplicando la fórmula obtenida de la curva logarítmica para precipitación máxima diaria (Figura IV.16) se obtuvo el tiempo de retorno para 1,5, 20, 30 y 50 años como se muestra en el Cuadro IV.21

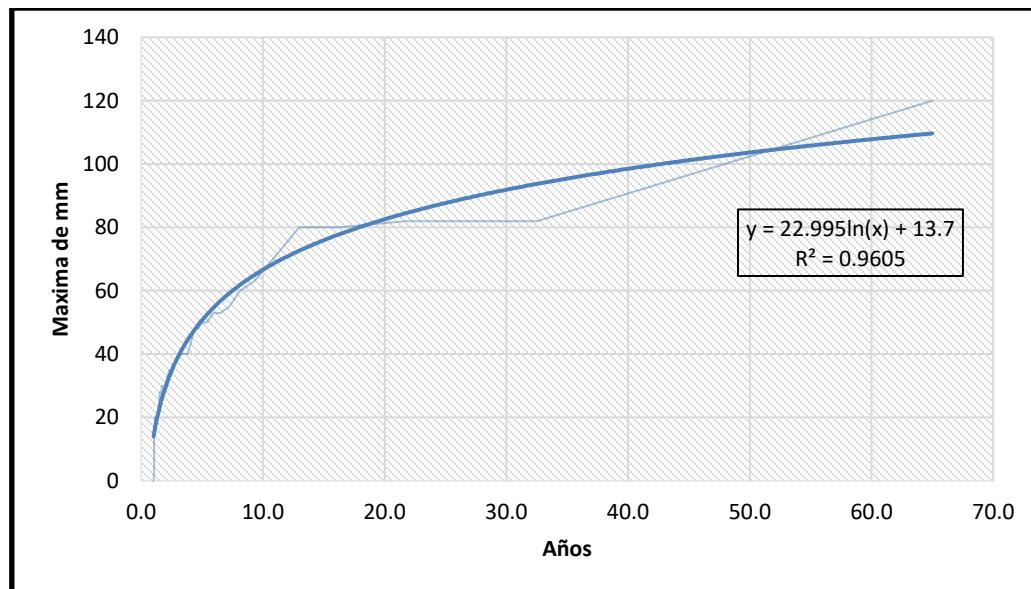


Figura IV.16 Curva logarítmica para la precipitación máxima diaria

Cuadro IV.21 Periodo de retorno para precipitaciones máximas

Periodo de retorno (años)	Precipitación máxima (mm)
1	13.7
5	50.71
20	82.59
30	91.91
50	103.66

IV.3.5.4 Volumen y coeficiente de escurrimiento

El coeficiente de escurrimiento es un valor que representa la relación entre la cantidad de lluvia que se convierte en escorrentía superficial y la cantidad total de lluvia que cae sobre una superficie, a diferencia del volumen de escurrimiento que es la cantidad total de agua que fluye sobre la superficie del suelo o a través de él, y que finalmente llega a un cauce fluvial.

Este análisis indica que en el municipio de Arteaga se presenta un coeficiente de escurrimiento bajo con apenas el 0.13, y un volumen de escarmiento de 64.08 m³,

(Cuadro IV.22), esto quiere decir que, el territorio presenta condiciones de vegetación densa y un bajo riesgo de inundaciones.

Cuadro IV.22 Resultados de escurrimiento

Parámetro	Resultados
Coeficiente de escurrimiento	0.13
Volumen de escurrimiento	64.08 m ³

IV.3.6 Erosión hídrica actual y potencial

Los resultados obtenidos de los análisis de erosión hídrica actual y en base al cuadro de clases de erosión hídrica de la FAO 1980 (Cuadro III.11) se puede estimar que el municipio tiene 85.93% de erosión incipiente, es decir, se pierden menos de 5 toneladas de suelo ha⁻¹ año⁻¹ lo cual indica que el municipio se encuentra en una condición estable ante este factor (Figura IV.17). Las zonas con una condición muy severa de erosión hídrica alcanzan apenas el 0.13% del territorio, (Cuadro IV.23) estas, generalmente se presentan en zonas con pendientes pronunciadas o en terrenos próximos a las actividades antropogénicas.

Por otro lado, la erosión hídrica potencial arroja valores predominantes en la clasificación de “muy severos” con el 42.59% del territorio, (Cuadro IV.24) lo cual nos sirve para identificar tendencias y hacer un pronóstico en un determinado lapso de tiempo de como actuaría la erosión si va disminuyendo la cobertura vegetal en el territorio, agregando también, este efecto aumentaría si no se realiza ninguna obra de conservación o prácticas de mantenimiento a favor de los suelos.

Cuadro IV.23 Clasificación de superficies de erosión hídrica

Clase	Grado de erosión	Tasa de erosión (ton/ha/año)	%
1	Incipiente	<5	85.93%
2	Ligera	5 a 10	6.83%
3	Moderada	10 a 50	5.17%
4	Severa	50 a 200	1.93%
5	Muy Severa	> 200	0.13%

Cuadro IV.24 Clasificación de superficies por erosión hídrica potencial

Clase	Grado de erosión	Tasa de erosión (ton/ha/año)	%
1	Incipiente	<5	27.46%
2	Ligera	5 a 10	4.35%
3	Moderada	10 a 50	11.28%
4	Severa	50 a 200	14.32%
5	Muy Severa	> 200	42.59%

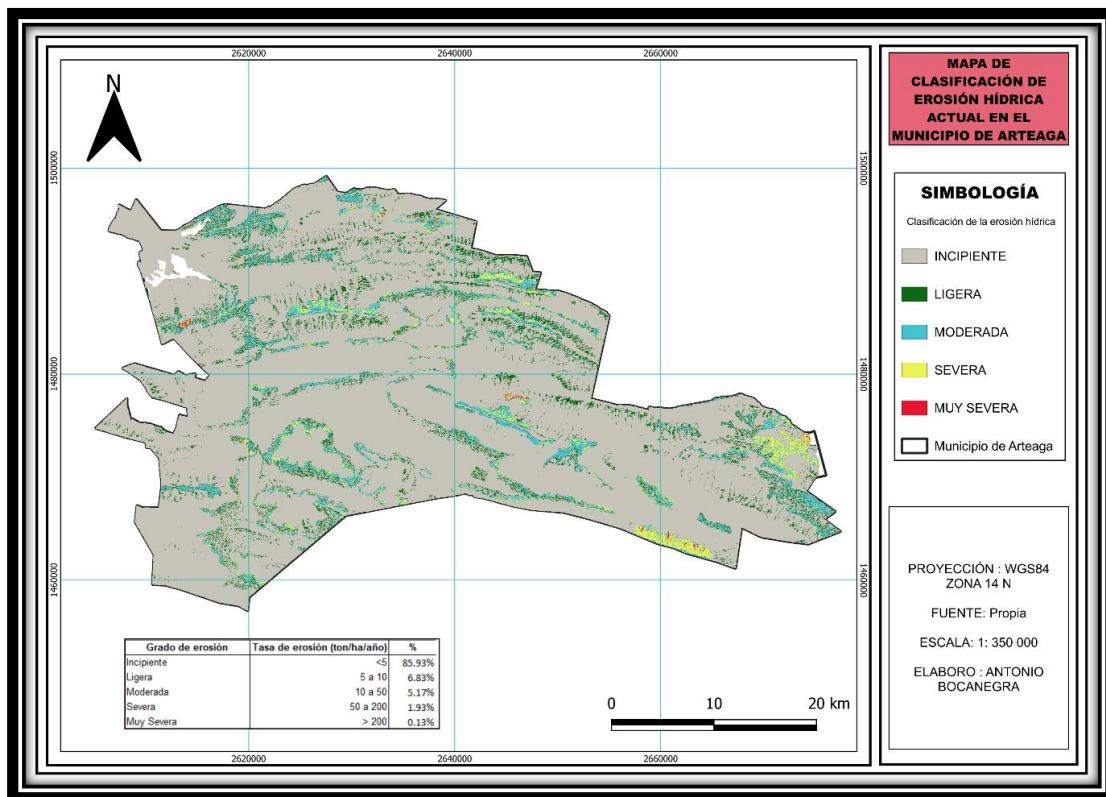


Figura IV.17 Mapa de erosión hídrica actual

IV.3.7 Erosión eólica

La erosión eólica representó la cantidad de suelo superficial y desgaste de las rocas que se pierde en el territorio por acción o factor del viento. Este análisis demostró que poco más de la mitad del área del municipio se encuentre sin erosión con un 56.58% y las zonas con alto índice de erosión eólica representa apenas el 0.06%, (Cuadro IV.25) además, según la clasificación de erosión eólica que aparece en el

manual de ordenamiento expedido por la SEDUE (1988) (Cuadro III.15) este valor corresponde a que se pierden menos de 12 ton/ha/año de suelo por acción del viento.

Cuadro IV.25 Clasificación de superficies de erosión eólica

Clase de degradación	Valor de la erosión eólica	%
Sin erosión	Menor a 12 /ton/ha/año	56.58%
Ligera	De 12 a 50 /ton/ha/año	21.78%
Moderada	De 50 a 100/ton/ha/año	21.58%
Alta	De 100 a 200/ton/ha/año	0.06%
Muy alta	Mayor de 200/ton/ha/año	0%

En la Figura IV.18Figura IV.18 se puede apreciar la distribución geoespacial de la erosión eólica para el municipio.

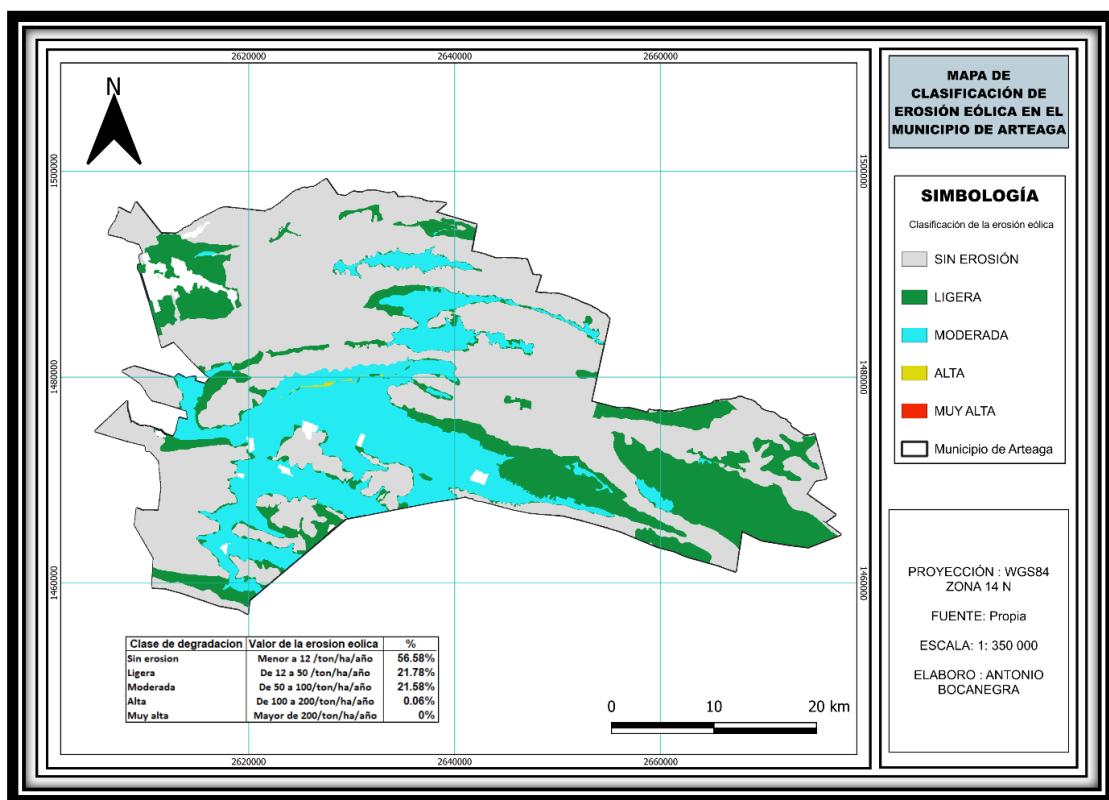


Figura IV.18 Mapa de erosión eólica

IV.3.8 Aptitudes de uso potencial del suelo

Las posibilidades de uso de las tierras para actividades agrícolas, pecuarias y forestales dentro del municipio equivalen a un 67.35% bajo la clase de “tierras aptas” y para las “tierras no aptas” tenemos un 32.65%. La Figura IV.19 desglosa los porcentajes resultantes para cada uso potencial y cada clase de aptitud.

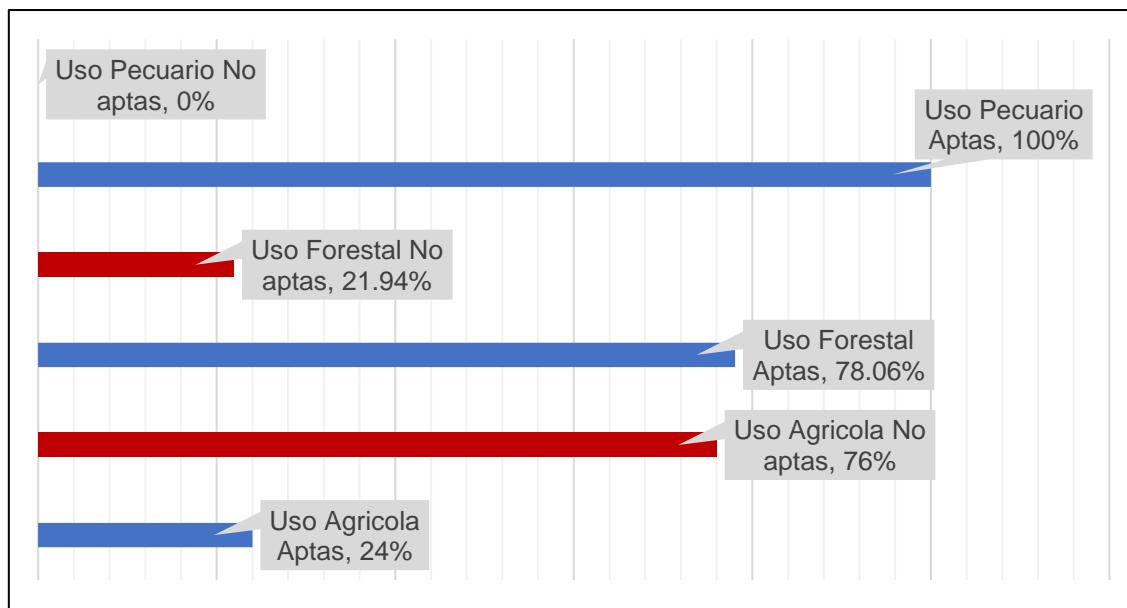


Figura IV.19 Aptitudes de uso potencial para el municipio

La siguiente Figura IV.20 muestra la distribución geoespacial de las aptitudes para cada uso potencial del suelo en el municipio.

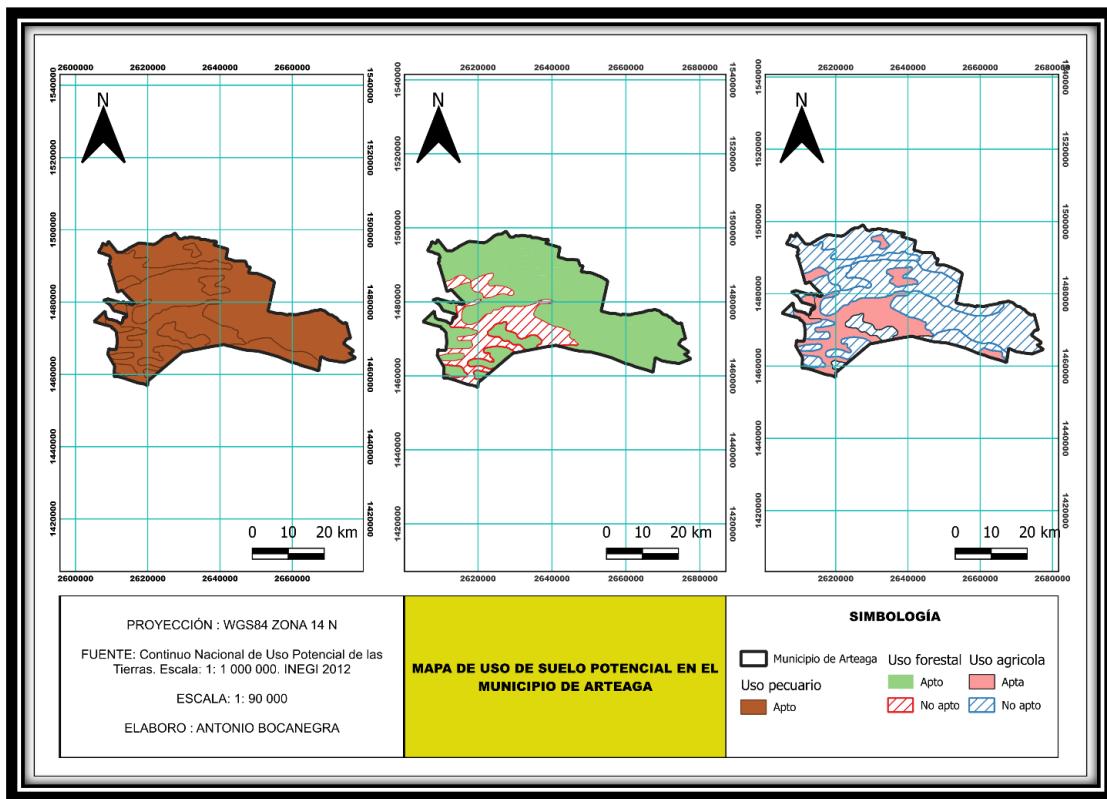


Figura IV.20 Mapa de uso potencial del suelo

IV.3.9 Unidades de gestión ambiental

El resultado fue de 98 UGAS tomando como criterio base, las topoformas y la edafología presente en el municipio, todas estas superan las 50 hectáreas de superficie. La Figura IV.21 visualiza la distribución geoespacial de las UGAS en el municipio de Arteaga.

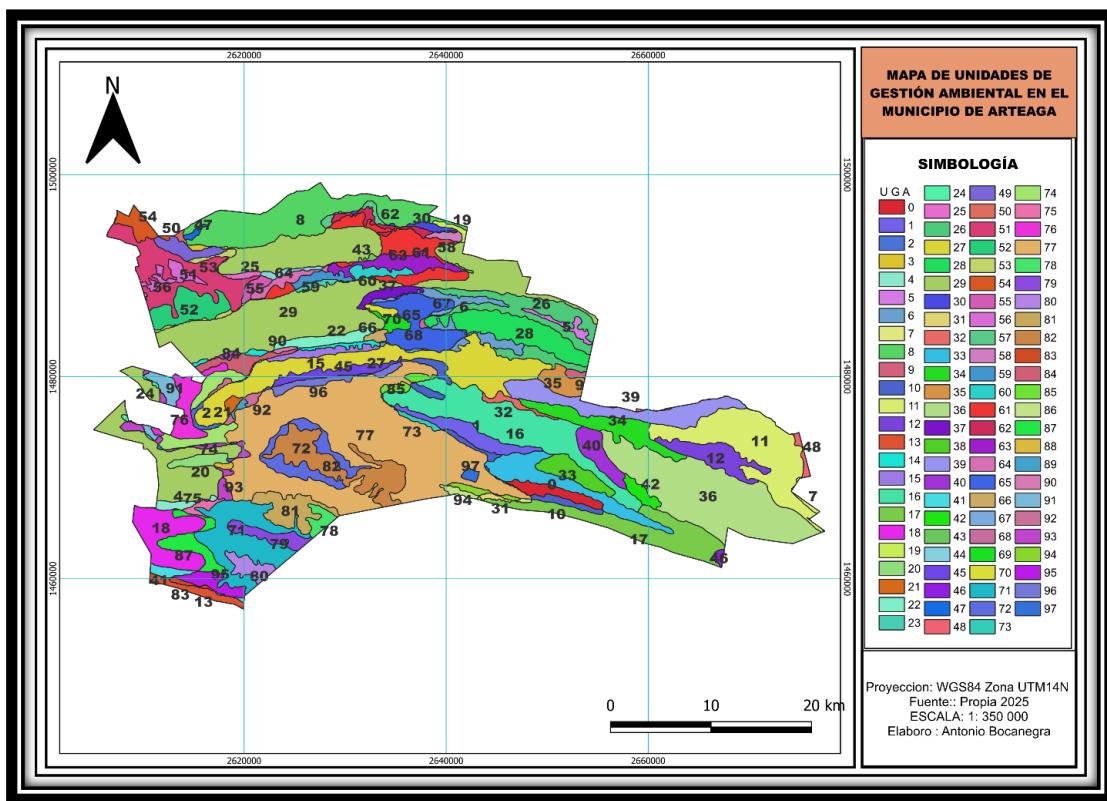


Figura IV.21 Mapa de unidades de gestión ambiental

IV.3.10 Asignación de políticas a las UGAS

En las unidades de gestión ambiental se asignaron las políticas ambientales para aprovechamiento sustentable, en estas, se detecto una mayor aptitud de uso agrícola, pecuario y forestal, se ubican incluso en asentamientos humanos o adyacentes a estos, en zonas perturbadas o que ya tienen una actividad productiva.

Para la política de conservación se tomaron en cuenta aspectos como vegetación natural en buen estado o con poca alteración, ubicadas en sierras, cañadas, bajadas y lomeríos, esto para que se asegure la continuidad de los procesos y servicios ambientales que estas zonas ofrecen. También se tomo en cuenta la implementación de usos productivos estratégicos.

En los criterios de protección se eligieron para zonas ubicadas con las mayores altitudes, con bosques prístinos o vegetación con nula perturbación y donde se limiten actividades económicas y antropogénicas.

Para las UGAS donde se aplica la política de restauración se tomaron en cuenta zonas donde la erosión hídrica y eólica puede llegar a ser de moderada a muy alta y lugares que hayan sufrido incendios forestales, independientemente si es una zona con características apropiadas para otra política. También se ubican en zonas adyacentes a zonas urbanas que presentan o están sometidas a deterioro ambiental.

Del resultado de la designación de las políticas ambientales, se determinaron y propusieron 9 unidades de gestión ambiental para aprovechamiento sustentable, 6 para conservación, 11 para restauración y 8 para protección. Además, se combinaron 57 UGAS bajo los criterios expuestos anteriormente. (Cuadro IV.26).

En esta asignación se excluyeron 6 UGAS ya que son parte de áreas naturales protegidas de carácter estatal y si cuentan con un plan de manejo integrado.

Cuadro IV.26 Clasificación de UGAS de acuerdo a su política

UGAS	Política	Superficie (Ha)
10, 47, 49, 65, 71, 77, 90, 94, 97	Aprovechamiento Sustentable	10,003.1
19, 23, 58, 6, 70, 85	Conservación	3,182.7
12, 21, 42, 45, 53, 68, 79, 86, 89, 92, 96	Restauración	5,236.4
7, 9, 13, 35, 39, 46, 48, 83	Protección	3,955.0
20, 24, 52, 76, 88, 91	Excluidas	12,873.7
	Combinación de políticas	
2, 3, 6, 14, 25, 31, 32, 34, 43, 44, 50, 51, 54, 55, 56, 62, 63, 64, 66, 72, 74, 75, 78, 84, 93	APS – RES	17,627.2
5	APS - CON	393.3
0, 8, 15, 22, 36	CON - APS	8,577.2
17, 73	CON - RES	4,259.0
37	CON - PRO	531.5
40, 61	PRO - APS	1,183.3
1, 16, 26, 33, 41, 59, 60, 82, 87, 95	PRO - CON	17,312.0
4, 11, 18, 27, 28, 29, 38, 57, 80, 81	PRO - RES	20,361.0
69	RES - PRO	365.7

IV.3.11 Análisis FODA

Se realizo un análisis tipo FODA para cada política, esto para poder dejar al descubierto el panorama del municipio y así poder definir propuestas lo más adecuadas posibles a las políticas asignadas para cada UGA.

Cuadro IV.27 Análisis FODA para aprovechamiento sustentable (APS)

Fortalezas	<ul style="list-style-type: none"> Las UGAS clasificadas bajo APS presentan condiciones climáticas templadas (20 °C) con precipitaciones estacionales (76 mm), lo cual permite el desarrollo de actividades agrícolas temporales, pecuarias y forestales integrando un buen manejo del agua disponible. Los usos y tipos de vegetación predominante en estas áreas (vegetación secundaria arbustiva, matorrales desérticos, pastizal inducido y parches agrícolas), facilitan actividades productivas de bajo impacto, pues son ecosistemas ya intervenidos que toleran mejor el manejo. La erosión eólica es baja a moderada, y la erosión hídrica predominante es ligera, lo que indica que aún es posible implementar prácticas de aprovechamiento sustentable, sin requerir intervenciones extremas. Las zonas de APS funcionan como áreas de aprovechamiento económico mixto, permitiendo actividades primarias (agricultura y ganadería) y secundarias (servicios locales), lo cual ayuda a disminuir niveles de marginación en comunidades cercanas. Por tratarse de zonas históricamente productivas, existe conocimiento local sobre técnicas agropecuarias que pueden adaptarse a modelos de producción sustentables sin modificar completamente la dinámica social.
Debilidades	<ul style="list-style-type: none"> La aptitud agrícola alta es limitada, lo que restringe el establecimiento de cultivos exigentes y obliga a depender de agricultura de temporal o estacionalaria. Algunas zonas de estas UGAS presentan conflicto por el uso y aptitud que le corresponden, reflejando tensiones entre el uso actual y la capacidad real del suelo, principalmente por sobrepastoreo o prácticas agrícolas agresivas. Algunas áreas muestran vegetación secundaria degradada, pastizales erosionados o matorrales empobrecidos, lo que demanda esfuerzos de restauración. En ciertos sitios, la disponibilidad de agua es limitada y la precipitación no garantiza ciclos productivos constantes, lo cual aumenta la vulnerabilidad ante sequías prolongadas. Las pendientes moderadas y la irregularidad del terreno dificultan la mecanización agrícola y elevan costos de operación para productores locales. El aprovechamiento pecuario, si no se regula adecuadamente, puede intensificar procesos de compactación del suelo y degradación de la cubierta vegetal. No se realiza ningún tipo de aprovechamiento forestal, lo cual hace que se creen conflictos ambientales y de intereses particulares.
Oportunidades	<ul style="list-style-type: none"> Las condiciones productivas actuales permiten implementar sistemas de producción agrosilvopastoril, integrando cultivos, árboles y ganado para mejorar suelo, humedad y productividad general.

	<ul style="list-style-type: none"> • Existe potencial para impulsar agricultura de conservación que reduciría el conflicto uso–aptitud y aumentaría la sostenibilidad de la producción. • Más de la mitad de estas superficies tiene aptitud forestal, lo que abre oportunidades para aprovechamientos maderables y no maderables con criterios sostenibles, incluyendo manejo de bosques secundarios y sistemas agroforestales. • Oportunidad para fortalecer capacitación técnica a productores en temas de manejo del agua, suelos, fertilización responsable y prevención de degradación, entre otros. • Las UGAS con APS pueden funcionar como zonas de transición entre conservación y uso productivo, mejorando la conectividad ecológica mediante obras de conservación de suelo y prácticas de restauración.
Amenazas	<ul style="list-style-type: none"> • El aumento de la variabilidad climática, con sequías más fuertes y prolongadas, puede afectar la viabilidad de cultivos de temporal y reducir la disponibilidad económica en este sector. • El uso excesivo del suelo sin prácticas de conservación puede provocar una transición hacia procesos de erosión moderada a severa, afectando productividad y aumentando el escurrimiento superficial. • El crecimiento de asentamientos urbanos puede desplazar superficies actualmente productivas, fragmentando áreas de aprovechamiento. • La presión pecuaria sin control puede conducir a sobrepastoreo, pérdida de vegetación y compactación, acelerando la degradación ecológica. • La presencia cercana de ciudades con fuerte actividad económica aumenta la competencia por recursos naturales y presiona los sistemas productivos locales. • La amenaza de plagas y malezas resistentes, asociadas al cambio climático y al manejo inadecuado del suelo, puede incrementar costos de producción y reducir rendimientos agrícolas.

Cuadro IV.28 Análisis FODA para conservación (CON)

Fortalezas	<ul style="list-style-type: none"> • La mayor parte de las UGAS bajo Conservación se ubican en zonas serranas y lomeríos de altitud media a alta, donde persisten bosques de pino–encino y vegetación natural que mantienen estabilidad ecológica y microclimas dentro del municipio. • Los ecosistemas funcionan como áreas de captación hídrica, ya que la combinación de vegetación densa, pendientes y suelos con cobertura permite retener humedad y favorecer procesos de infiltración hacia las microcuencas locales. • Gran parte de estas superficies mantiene cobertura vegetal nativa, principalmente bosques de pino, y vegetación secundaria con capacidad de regeneración, lo cual contribuye a la estabilidad ecológica. • Los suelos dominantes, como Phaeozem, presentan características que favorecen procesos de infiltración, retención de humedad y soporte para comunidades vegetales de montaña, aun cuando existan sectores pedregosos o delgados. • La erosión eólica en estas UGAS es relativamente baja a moderada (1.66), lo que indica que los suelos aún cuentan con cobertura suficiente para evitar procesos severos de degradación. • La aptitud forestal es significativamente superior a la agrícola, lo que favorece su manejo como zonas de conservación, silvicultura de bajo impacto y refugio de biodiversidad.
------------	---

	<ul style="list-style-type: none"> • Estas zonas al estar distribuidas a lo largo del eje serrano de Arteaga, forman un corredor ecológico que permite el desplazamiento de fauna y el mantenimiento de servicios ambientales. • El valor escénico y la percepción social positiva hacia estos espacios naturales ayudan a justificar su conservación ante las comunidades locales y visitantes.
Oportunidades	<ul style="list-style-type: none"> • La ubicación estratégica de estas UGAS permite conectarlas con las de Protección (PRO), formando corredores biológicos continuos que mejoraría la resiliencia del paisaje frente al cambio climático. • La alta valoración turística de Arteaga permite fomentar turismo sustentable regulado, generando ingresos sin comprometer la conservación. • Su reconocimiento como destino turístico generan atención pública y gubernamental hacia la importancia de conservar su patrimonio natural. • La buena cobertura vegetal natural facilita la continuidad de los procesos ecológicos y permite que amplias zonas mantengan funciones de captura de carbono, regulación climática y protección del suelo.
Debilidades	<ul style="list-style-type: none"> • No existen planes de manejo de ninguna índole, lo que genera vacíos en vigilancia, restauración, control de incendios, delimitación de actividades permitidas, entre otras. • Algunas áreas presentan vegetación secundaria o matorral con signos de disturbio, lo cual evidencia procesos previos de aprovechamiento, pastoreo o apertura de senderos que han modificado la estructura original del ecosistema. • El acceso difícil a algunas áreas por la topografía accidentada, dificulta el monitoreo y seguimiento continuo de las condiciones ambientales, lo que puede favorecer deterioro no detectado a tiempo. • Aunque la aptitud forestal es alta, la presión histórica por actividades pecuarias en lomeríos y cañadas ha ocasionado compactación de suelos, reducción de la cobertura vegetal y de la regeneración natural en algunos puntos. • La presencia de suelos poco profundos limita la capacidad de retención de humedad y vuelve ciertas laderas propensas al desgaste si la cobertura vegetal se reduce. • En zonas cercanas a turismo masivo o de cabañas, la ausencia de lineamientos claros puede generar tránsito fuera de ruta, acumulación de basura, compactación de suelos y modificaciones en el ecosistema.
Amenazas	<ul style="list-style-type: none"> • Estas áreas son altamente vulnerables a incendios forestales, un fenómeno recurrente en Arteaga debido a las prolongadas sequías, acumulación de material combustible y presencia de fuertes vientos en zonas elevadas. • El avance de zonas urbanas, fraccionamientos, cabañas y desarrollos turísticos incrementa la presión por cambio de uso de suelo, fragmenta la vegetación y por ende se alteran servicios ambientales que ofrecen estas zonas. • La cercanía a actividades productivas intensivas puede facilitar la introducción de especies exóticas o invasoras, desplazando especies locales y generando alteración en el ecosistema. • La degradación gradual de suelos delgados y pedregosos aumenta la susceptibilidad a procesos erosivos, especialmente cuando se pierde cobertura forestal por incendios, sobrepastoreo o apertura de nuevos caminos.

	<ul style="list-style-type: none">• El turismo sin regulación puede derivar en compactación del suelo, apertura de veredas, perturbación de fauna y acumulación de residuos, afectando la calidad ambiental de estas UGAS• El cambio climático genera variaciones extremas de temperatura y humedad que pueden afectar la regeneración de especies forestales, favorecer brotes de plagas y comprometer la estabilidad de los ecosistemas serranos.
--	--

Cuadro IV.29 Análisis FODA para protección (PRO)

Fortalezas	<ul style="list-style-type: none"> Las UGAS clasificadas bajo la política de Protección se ubican en las zonas de mayor altitud del municipio, alcanzando cotas superiores a los 3 500 msnm, donde predominan bosques de pino-encino, oyamel y vegetación de montaña que mantienen procesos ecológicos esenciales para la región. Estas superficies presentan las mayores tasas de precipitación del territorio y temperaturas más frescas, lo que favorece la recarga hídrica, la captación de humedad y el mantenimiento de microclimas estables. La aptitud forestal en estas áreas es notablemente alta, lo que refleja la capacidad de estas UGAS para sostener ecosistemas maduros, suelos forestales activos y ciclos de regeneración natural bien definidos. La vegetación presenta una estructura notablemente bien conservada: árboles maduros, sotobosque diverso y suelos con hojarasca que retiene humedad. Esto indica que muchos de estos espacios siguen funcionando como ecosistemas completos, capaces de regular temperatura, captar agua y mantener refugio para la fauna. La posición de estas UGAS dentro del sistema de sierras y cañones permite que funcionen como corredores ecológicos que unen diferentes tipos de vegetación, asegurando el movimiento de fauna y la continuidad de procesos biológicos que dependen de áreas grandes y bien conectadas.
Oportunidades	<ul style="list-style-type: none"> La ubicación de estas UGAS en la parte alta de la sierra hace que funcionen como zonas de captura y retención de humedad. Este papel natural contribuye a que el agua se infiltre y alimente a los cuerpos subterráneos que abastecen a comunidades de Arteaga y áreas vecinas. Los bosques guardan una riqueza biológica notable: especies endémicas que requieren sombra, humedad y temperaturas estables encuentran aquí un refugio seguro, Los escenarios naturales que ofrecen los bosques densos, laderas arboladas y cañones profundos, aportan un valor paisajístico muy alto, lo que fortalece su importancia cultural y su reconocimiento social como áreas que deben mantenerse intactas. La presencia de árboles maduros y comunidades vegetales completas sugiere que estas áreas conservan información genética valiosa, especialmente en coníferas, lo que aumenta la importancia de su permanencia a largo plazo. El mosaico de vegetación, formado por coníferas, encinares y matorrales de altura, ofrece un escenario ideal para estudiar transiciones ecológicas en el noreste de México, lo que abre oportunidades para investigación ambiental, geográfica y climática. La tranquilidad y la baja intervención humana en sectores de difícil acceso han permitido conservar condiciones ambientales prístinas, lo que representa una oportunidad para valorar la función de estos lugares como referencia ecológica para el municipio.
Debilidades	<ul style="list-style-type: none"> Estas zonas se encuentran alejadas de los centros habitados, lo que provoca una desconexión entre la población local y la importancia de protegerlas; la mayoría de las personas no percibe directamente la función que cumplen. Las áreas con menor cobertura vegetal natural presentan transiciones abruptas hacia zonas más áridas o intervenidas, lo que rompe la continuidad ecológica y debilita parte del paisaje. En los bordes del bosque, la presencia de viviendas, cabañas y turismo informal genera presión continua, tránsito, basura, actividades

	<p>recreativas, que puede degradar lentamente la calidad del bosque sin medidas de control.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Algunas UGAS presentan signos de tránsito humano disperso: caminos, zonas de fogatas y espacios perturbados que, aunque pequeños, reflejan una presencia constante pero poco controlada, generando impactos acumulativos que pasan desapercibidos.
Amenazas	<ul style="list-style-type: none"> • La región ha sufrido incendios forestales recurrentes, los cuales han arrasado bosques maduros. Un nuevo incendio de magnitudes fuertes podría transformar áreas protegidas en zonas degradadas con pérdida irreversible de suelo y biodiversidad. • El crecimiento de actividades recreativas no reguladas (cabañas, senderismo, turismo masivo) y la expansión de vivienda de montaña tienden a fragmentar el bosque, alterar rutas de fauna, compactar el suelo y generar residuos, afectando la integridad del ecosistema. • La presión por aprovechar los recursos forestales representa un riesgo constante. • Las variaciones climáticas recientes como las sequías prolongadas, olas de calor, etc., pueden debilitar la resiliencia de la vegetación de montaña, aumentar estrés hídrico, reducir regeneración y haciéndolos susceptibles a plagas y enfermedades lo que conlleva y favorecer a la mortalidad. • En zonas con suelos superficiales o rocosos, una perturbación (incendio, tala, sobrepastoreo) puede desencadenar erosión acelerada, pérdida de suelo fértil y degradación irreversible, afectando funciones ecológicas fundamentales del bosque. • Desorden territorial (uso indiscriminado, cambio de uso, expansión urbana) podría borrar progresivamente la línea entre zonas protegidas y zonas intervenidas, poniendo en riesgo la protección a largo plazo.

Cuadro IV.30 Análisis FODA para restauración (RES)

Fortalezas	<ul style="list-style-type: none"> Algunos suelos, aunque afectados, mantienen una base mineral relativamente intacta, lo que significa que, con buenas condiciones climáticas, podrían sostener nuevamente cobertura vegetal En distintas zonas se observan remanentes de vegetación después del disturbio, lo que indican que el ecosistema no ha perdido por completo su capacidad de respuesta. En algunos paisajes de difícil acceso la actividad humana ha disminuido, lo que reduce el riesgo de nuevos disturbios y para que los procesos naturales de recuperación se activen nuevamente.
Oportunidades	<ul style="list-style-type: none"> Estas áreas se ubican en puntos donde confluyen procesos de erosión, pérdida de vegetación y disturbios recientes, lo que las convierte en zonas prioritarias para restablecer la continuidad ecológica entre las UGAS de protección, conservación y aprovechamiento sustentable. La cercanía con zonas relativamente conservadas permite que haya un flujo natural de semillas, polen y fauna, lo que podría permitir una regeneración espontánea sin necesidad de reforestación masiva, aprovechando procesos naturales de sucesión ecológica. Dado que en los últimos años la comunidad y autoridades han observado con claridad los daños por incendios y erosión, existe un mayor reconocimiento social del valor de estos lugares: esto puede facilitar su valoración como zonas con necesidad urgente de restauración.
Debilidades	<ul style="list-style-type: none"> Muchas superficies presentan suelos que ya perdieron su capa fértil: tras incendios intensos y erosión continua, el suelo quedó expuesto, con pérdida de materia orgánica, lo que complica que plantas nuevas se establezcan. Estudios muestran que incendios forestales degradan gravemente las propiedades físicas y químicas del suelo, reduciendo su fertilidad y aumentando su vulnerabilidad a la erosión. La degradación del hábitat hace que la fauna dispersora de semillas sea escasa, lo que ralentiza la restauración natural. Estas zonas carecen de programas locales de restauración, seguimiento técnico y manejo después del incendio, lo que provoca que la degradación avance sin medidas que amortigüen el deterioro.
Amenazas	<ul style="list-style-type: none"> Si las lluvias intensas llegan pronto tras un incendio, la ausencia de cobertura vegetal puede provocar erosión extrema, arrastre de suelo y sedimentos aguas abajo, pérdida de materia fértil, y daños ecológicos profundos, lo que puede transformar zonas degradadas en áreas estériles. El abandono de estas zonas o la falta de vigilancia las hace vulnerables a nuevas amenazas: fogatas, sobrepastoreo, apertura de caminos, turismo mal regulado, lo que puede impedir cualquier intento de recuperación. La variabilidad climática (sequías, temperaturas extremas, cambios en patrón de lluvias) complica la regeneración natural, puesto que la humedad se vuelve irregular y las condiciones se vuelven poco estables. La reducción de fauna dispersora por pérdida de hábitat limita la llegada de semillas, sin fauna, las zonas quedan aisladas biológicamente, lo que retrasa o impide la recuperación. Si no se reconoce públicamente el valor de restaurar estas UGAS, existe el riesgo de que sean olvidadas, abandonadas o reasignadas a otros usos humanos, lo que podría cerrar la ventana de oportunidad para su recuperación.

	<ul style="list-style-type: none">• Si hay pérdidas repetidas de suelo o incendios recurrentes sin control, la capacidad de recuperación puede reducirse drásticamente, llevando a un punto de quiebre donde el ecosistema no se regenere por sí solo.• Riesgo de evolución hacia cárcavas profundas• Acumulación de material combustible incrementa riesgo de nuevos incendios.
--	--

V. Propuesta

En esta fase se propusieron las mejores estrategias, ideas y acciones para hacer gestión de todos los aspectos tratados de las políticas ambientales anteriormente, esto con el fin de llegar al equilibrio deseado en el ordenamiento ecológico del territorio. Este conjunto de acciones se basa en el análisis FODA hecho previamente, también describen el estado actual del municipio, además considera las prioridades y necesidades de los diferentes grupos involucrados para evaluar la capacidad del territorio en el desarrollo sustentable de las actividades productivas y la estimación del deterioro ambiental y sus tendencias.

Además, se deja el modelo (mapas temáticos) como base de un ordenamiento ecológico del territorio.

V.1 Propuestas para la política de aprovechamiento sustentable.

La idea principal de esta política es promover un aprovechamiento agropecuario y forestal sustentable, reduciendo la degradación del suelo y fortaleciendo la productividad mediante manejo y uso adecuado del agua, suelo y vegetación (Cuadro V.1).

Cuadro V.1 Propuesta de estrategias para aprovechamiento sustentable

Superficie (Ha) 49661.06	Población: + 18,000 personas. Localidades: + 80
Tipo de suelo: Ph, Ch y Lp	Condición de acuífero: Sobreexplotado
Clima: Templado subhúmedo Semiseco templado Seco templado	Precipitación media: 470.6 mm
Temperatura media: 21.12 °C	Altitud media: 2053 msnm
Erosión eólica: 1..9 Ligera	Erosión hídrica: 1.4 insípida
Política ambiental	Aprovechamiento sustentable (APS)
UGA	10, 47, 49, 65, 71, 77, 90, 94, 97, 2, 3, 6, 14, 25, 31, 32, 34, 43, 44, 50, 51, 54, 55, 56, 62, 63, 64, 66, 72, 74, 75, 78, 84, 93 y 5
<ul style="list-style-type: none"> • Estrategia 1. Implementar prácticas de conservación de suelo y agua. <ul style="list-style-type: none"> a) Curvas a nivel, terrazas y barreras vivas en laderas con pendiente moderadas o pronunciadas. b) Zanjas de infiltración, bordos, ollas de captación y pequeñas presas. c) Franjas de protección en cauces y microcuenca para retener humedad. • Estrategia 2. Manejo sustentable del pastizal y vegetación secundaria. <ul style="list-style-type: none"> d) Determinar la capacidad de carga máxima por UGA. e) Rotación de potreros y períodos de descanso del pastizal. f) Recuperación de vegetación secundaria y siembra de especies forrajeras nativas. g) Control de quemas y sustitución por manejo de combustible. • Estrategia 3. Integración de sistemas agrosilvopastoriles. <ul style="list-style-type: none"> h) Parcelas demostrativas con árboles nativos + cultivos de temporal + ganado menor. i) Establecimiento de cercos vivos y árboles forrajeros. j) Conservación de matorral como sombra y refugio de fauna. • Estrategia 4. Fortalecimiento de capacidades locales. <ul style="list-style-type: none"> k) Talleres sobre manejo de suelo, agua, fertilización responsable y erosión. l) Material didáctico para productores (manuales, fichas técnicas). m) Programas y recursos con promotores rurales comunitarios para acompañar buenas prácticas de aprovechamiento sustentable • Estrategia 5. Diversificación productiva sustentable. <ul style="list-style-type: none"> n) Incentivar cultivos resistentes a sequía o) Aprovechamiento de productos no maderables (resina, leña controlada, plantas aromáticas y/o comestibles). p) Pastoreo de bajo impacto • Estrategia 6. Organización comunitaria del territorio. <ul style="list-style-type: none"> q) Comités comunitarios r) Reglas locales de acceso, pastoreo, senderos y uso del fuego. s) Participación de mujeres y jóvenes en decisiones productivas. 	

En la Figura V.1 se puede observar la ubicación geoespacial de las UGAS con este tipo de política y sus combinaciones.

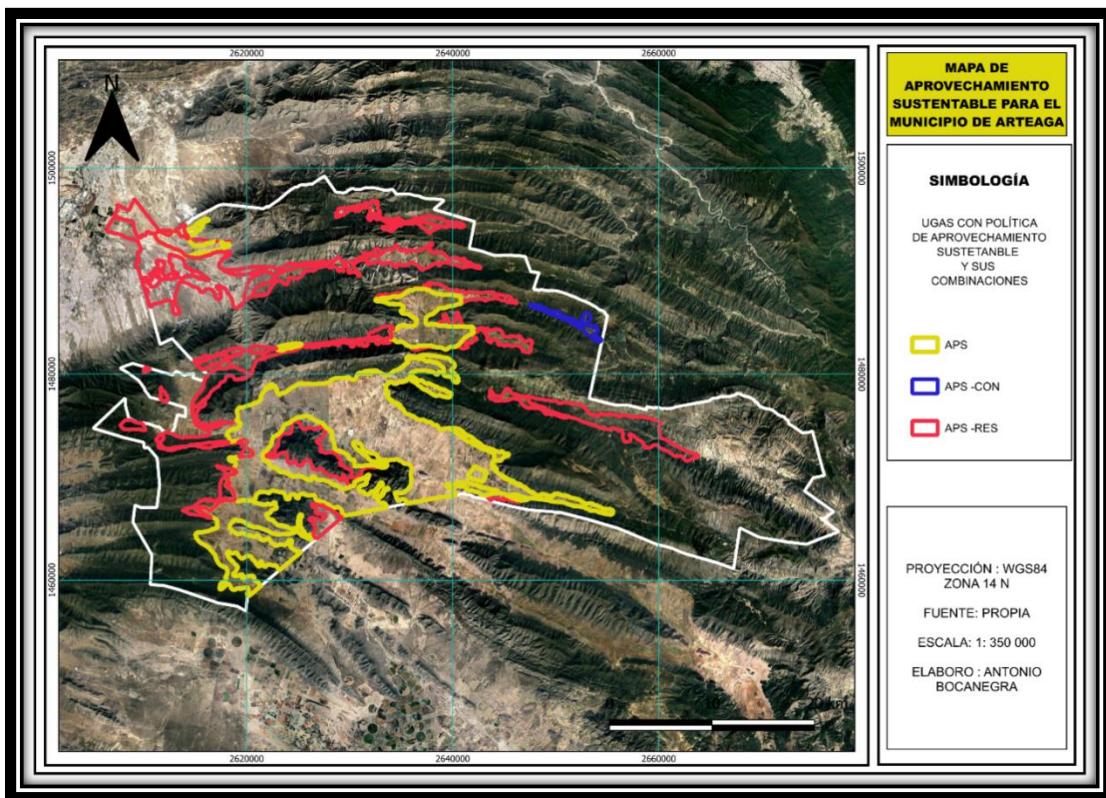


Figura V.1 Mapa base para el aprovechamiento sustentable (APS)

V.2 Propuestas para la política de conservación

El objetivo principal de estas propuestas es conservar bosques, lomeríos y áreas naturales con cobertura vegetal, también se busca la permanencia y continuidad de las estructuras, los procesos y los servicios ambientales, relacionados con la protección de componentes ecológicos y de usos productivos estratégicos. (Cuadro V.2)

Cuadro V.2 Propuesta de estrategias para conservación

Superficie (Ha): 25379	Población: - 10,000. habitantes Localidades: + 9
Tipo de suelo: Lp, Ph	Condición de acuífero: Sobreexplotado
Clima: Templado subhúmedo	Precipitación media: 489.04 mm
Temperatura media: 20.8 °C	Altitud media: 2389 msnm
Erosión eólica: 1.6 Ligera	Erosión hídrica: 1.2 Insípida
Política ambiental	Conservación
UGA	19, 23, 58, 6, 70, 85, 0, 8, 15, 22, 36, 17, 73 y 37

- Estrategia 1. Fortalecer la conectividad ecológica.
 - a) Identificación de corredores biológicos entre bosques, cañadas y lomeríos.
 - b) Prohibición de desmontes en zonas clave.
 - c) Restauración con vegetación nativa en bordes degradados.
- Estrategia 2. Consolidación de zonas de recarga hídrica.
 - d) Delimitación y protección de manantiales, nacimientos y zonas de infiltración.
 - e) Restablecimiento de franjas de vegetación alrededor de cuerpos de agua.
 - f) Control de actividades que compactan el suelo en zonas de recarga.
- Estrategia 3. Prevención y manejo de incendios forestales.
 - g) Brechas cortafuego estratégicas.
 - h) Brigadas comunitarias con capacitación en combate inicial.
 - i) Regulación de quemas agropecuarias cercanas a zonas boscosas.
 - j) Planes de manejo para el combustible excesivo en zonas boscosas.
- Estrategia 4. Educación ambiental y comunicación social.
 - k) Programas con escuelas y comunidades.
 - l) Señalética ambiental en accesos y senderos.
 - m) Campañas contra basura, veredas clandestinas y turismo fuera de ruta.
- Estrategia 5. Turismo de naturaleza regulado.
 - n) Rutas oficiales de senderismo y otras actividades.
 - o) Proyectos turísticos con regularización clara.
 - p) Establecimiento de límites de visita para evitar degradación en otros sitios.
- Estrategia 6. Vigilancia comunitaria y participación de propietarios.
 - q) Comités de vigilancia para detectar desmontes.
 - r) Acuerdos internos sobre usos permitidos y zonas restringidas.
 - s) Certificación de áreas voluntarias de conservación.

Para mayor visualización en la (Figura V.2) se muestra la distribución de las UGAS con política de conservación en el territorio del municipio.

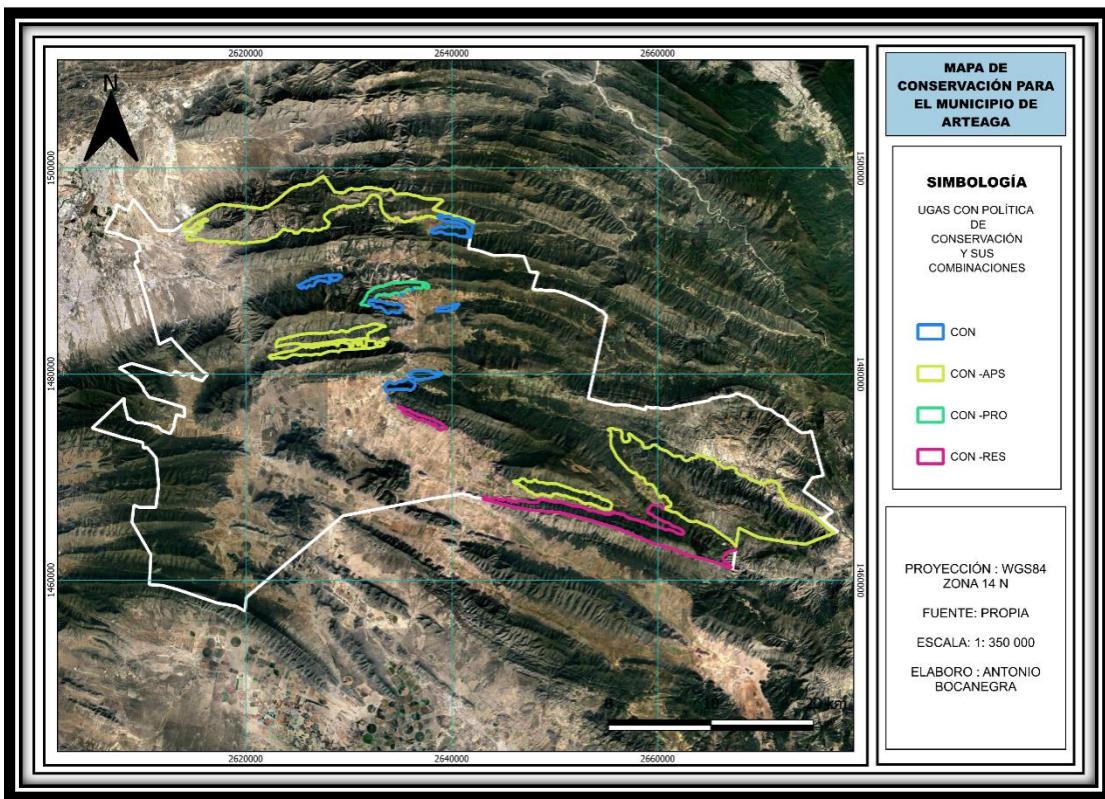


Figura V.2 Mapa base para la conservación (CON)

V.3 Propuestas para la política de protección

Se busca garantizar la permanencia y la calidad de los ecosistemas de alta montaña, esenciales para la captación hídrica y el refugio de biodiversidad, mediante esquemas de protección estricta y manejo del riesgo. Estas áreas presentan mínima o nula perturbación humana, por lo que la prioridad es mantener la continuidad de sus procesos ecológicos y evolutivos, así como los servicios ambientales que brindan. En consecuencia, se restringen las actividades productivas y los asentamientos humanos no regulados, asegurando que la integridad natural del territorio se conserve en el largo plazo. (Cuadro V.3)

Cuadro V.3 Propuesta de estrategias para protección

Superficie (Ha): 77439.97	Población: - 5,000. Habitantes Localidades: + 50
Tipo de suelo: Lp, Ph, Lv	Condición de acuífero Sobreexplotado y subexplotado
Clima: Templado subhúmedo Semifrío subhúmedo Semiseco templado	Precipitación media: 567.67 mm
Temperatura media: 18.8 °C	Altitud media: 2427 msnm
Erosión eólica: 1.3 Insípida	Erosión hídrica: 1.2 insípida
Política ambiental	Protección
UGA	7, 9, 13, 35, 39, 46, 48, 83, 40, 61, 1, 16, 26, 33, 41, 59, 60, 82, 87, 95, 4, 11, 18, 27, 28, 29, 38, 57, 80 y 81
<ul style="list-style-type: none"> • Estrategia 1. Protección estricta de ecosistemas de alta montaña. <ul style="list-style-type: none"> a) Prohibición de cambio de uso de suelo. b) Delimitación de zonas núcleo sin infraestructura nueva. c) Monitoreo de cobertura forestal y regeneración natural. • Estrategia 2. Manejo especializado del fuego. <ul style="list-style-type: none"> d) Protocolos de manejo de combustible en bosques densos. e) Identificación de zonas críticas de riesgo. f) Regulación de actividades recreativas en temporada seca. • Estrategia 3. Ordenamiento del turismo de montaña. <ul style="list-style-type: none"> g) Evaluación de capacidad de carga para senderos y zonas de visita. h) Restricciones a nuevas cabañas y desarrollos turísticos. i) Códigos de conducta para visitantes (ruido, basura, fogatas, mascotas). • Estrategia 4. Educación y apropiación social. <ul style="list-style-type: none"> j) Material informativo sobre funciones ecológicas de alta montaña. k) Recorridos guiados de carácter educativo. l) Integración de propietarios como guías o monitores ambientales. • Estrategia 5. Actividades económicas compatibles con la protección. <ul style="list-style-type: none"> m) Programas de empleo como guardabosques, brigadas contra incendios, etc. n) Proyectos de investigación y monitoreo ambiental. o) Turismo de bajo impacto como fuente complementaria de ingresos. 	

En el siguiente mapa (fFigura V.3) se aprecia la distribución de las políticas de protección en el municipio.

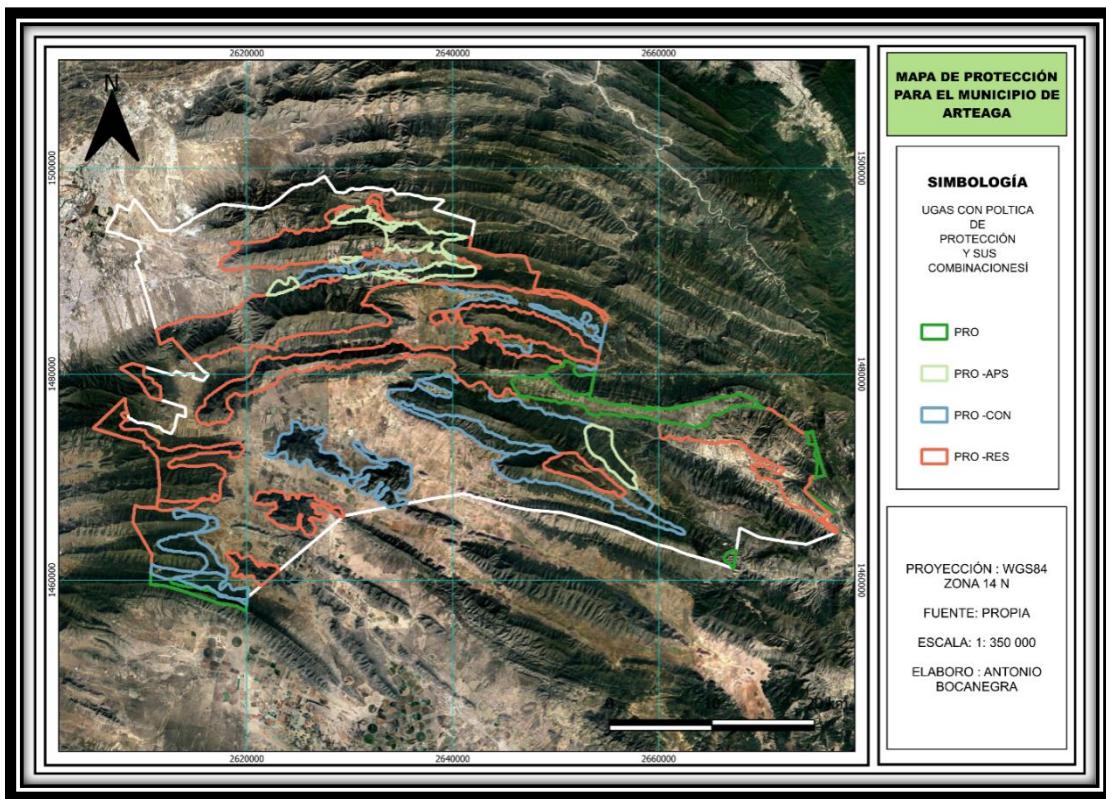


Figura V.3 Mapa base para la protección (PRO)

V.4 Propuestas para la política de restauración

Esta se orienta a recuperar la funcionalidad ecológica de zonas afectadas por incendios, erosión severa o pérdida de vegetación, con el fin de evitar una degradación irreversible. Se aplica en áreas que presentan procesos de deterioro ambiental acelerado o alta susceptibilidad a sufrirlos, donde es necesario impulsar acciones que permitan el restablecimiento del ecosistema y la continuidad de sus procesos naturales. Esta política se asigna a territorios, sin importar si se trata de zonas productivas, de conservación o protección; y cuando existan suelos extremadamente frágiles, su uso se destina exclusivamente a actividades de restauración. (Cuadro V.4)

Cuadro V.4 Propuesta de estrategias para restauración

Superficie (Ha): 6373.51	Población total: - 10, 000 habitantes Localidades: 27
Tipo de suelo: Lp, Lv, Rg	Condición de acuífero: Sobreexplotado
Clima: Templado subhúmedo Semiseco templado	Precipitación media: 470.30 mm
Temperatura media: 20.19 °C	Altitud media: 2192 msnm
Erosión eólica: 1.6 Ligera	Erosión hídrica: 1.3 Insípida
Política ambiental	Protección
UGA	12, 21, 42, 45, 53, 68, 79, 86, 89, 92, 96 y 69
<ul style="list-style-type: none"> • Estrategia 1. Control de erosión y estabilización del suelo. <ul style="list-style-type: none"> a) Zanja bordo, zanja trinchera, terrazas de formación sucesiva, terrazas individuales, bordos en curvas a nivel, roturación, barreras de piedra acomodada en curvas a nivel, acomodo de material vegetal muerto, prácticas vegetativas, terrazas de muro vivo, barreras vivas, cortinas rompevientos y coberturas vegetales temporales. b) Restricción temporal de tránsito de ganado y vehículos. • Estrategia 2. Regeneración natural y revegetación asistida. <ul style="list-style-type: none"> c) Identificación de remanentes vegetales como fuentes de semilla. d) Reforestación con especies nativas adaptadas a condiciones locales. e) Exclusión temporal en zonas recién restauradas. • Estrategia 3. Restauración como prioridad municipal. <ul style="list-style-type: none"> a) Declaración de estas UGAS como zonas de atención prioritaria. b) Difusión de riesgos (carcavamiento, deslaves, pérdida de suelo). c) Gestión de recursos para obras de restauración. • Estrategia 4. Participación comunitaria. <ul style="list-style-type: none"> d) Jornadas de reforestación y estabilización de taludes. e) Programas de adopción de áreas en restauración. f) Capacitación en prevención de incendios y manejo de fuego. • Estrategia 5. Beneficios económicos vinculados a restauración. <ul style="list-style-type: none"> g) Empleo temporal en obras de conservación. h) Incentivos por permitir regeneración natural en predios privados. i) Integración a esquemas de servicios ambientales. 	

En la Figura V.4 se aprecia la distribución geoespacial de la política de restauración dentro del municipio.

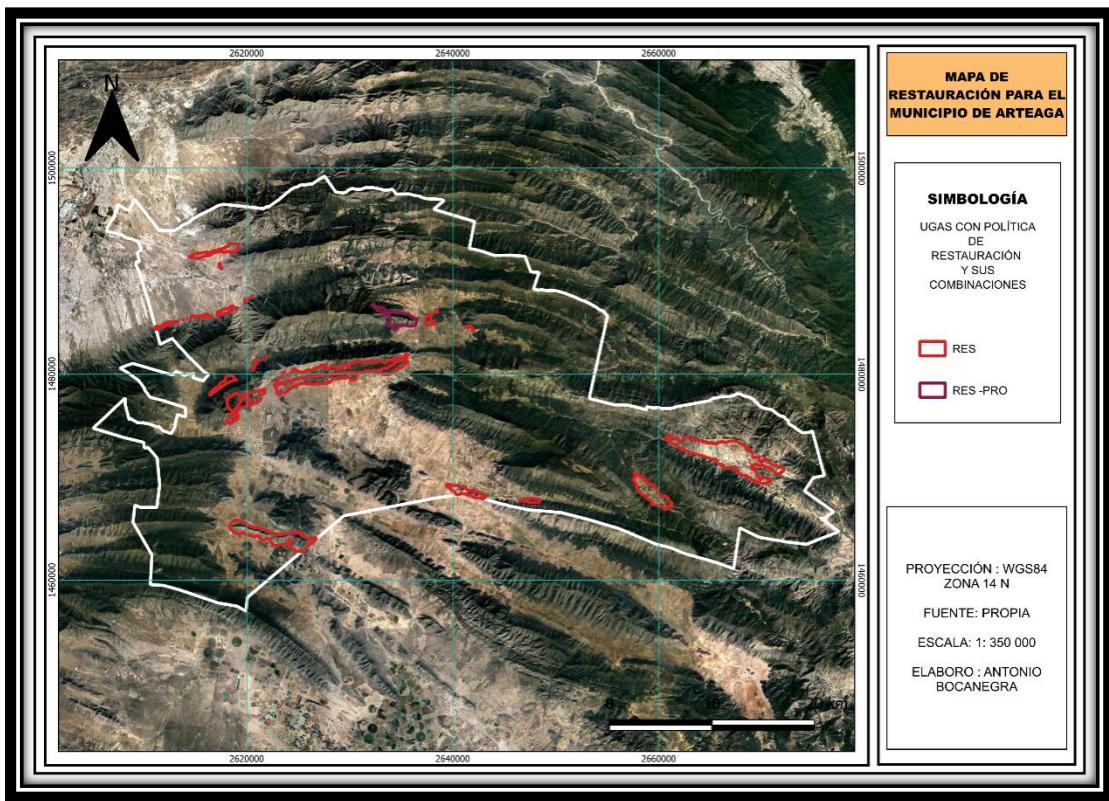


Figura V.4 Mapa base para la restauración (RES)

VI. Conclusiones

El estudio permitió caracterizar, diagnosticar y evaluar diversos parámetros ambientales y sociales del municipio de Arteaga, Coahuila, con el propósito de establecer una propuesta sólida de Unidades de Gestión Ambiental (UGAS). A través de este proceso se delimitaron áreas con atributos y características homogéneas, a las cuales se asignaron políticas ambientales respaldadas por estrategias y acciones derivadas de análisis de aptitudes, sentando así las bases para un futuro ordenamiento ecológico del territorio. Como resultado, se definieron 98 UGAS tomando como criterio principal las topoformas y la edafología del municipio, todas con superficies superiores a 50 hectáreas. La asignación de políticas permitió identificar 9 unidades para aprovechamiento sustentable, 6 para conservación, 11 para restauración y 8 para protección, además de la combinación de 57 UGAS bajo los criterios técnicos establecidos. En conjunto, estos resultados ofrecen un marco claro, estructurado y funcional para orientar la planeación ambiental y la toma de decisiones en el municipio.

A partir del conjunto de datos evaluados y del análisis realizado, se identificaron los principales patrones, problemáticas y oportunidades del territorio. Estos hallazgos evidenciaron que las zonas bajo protección, con más de 77 mil hectáreas, representan los espacios de mayor valor ecológico, estabilidad ambiental y menor nivel de perturbación, donde la prioridad es mantener la integridad ecosistémica y restringir actividades que comprometan la conservación de procesos naturales esenciales. Por otro lado, las áreas destinadas a conservación, que abarcan alrededor de 25 mil hectáreas, presentan condiciones similares de equilibrio ecológico, pero requieren medidas de manejo que prevengan presiones futuras, especialmente considerando la sobreexplotación del acuífero y la fragilidad de los suelos presentes.

La política de restauración se enfoca en superficies más reducidas, pero ambientalmente más vulnerables, donde ya se observan señales de deterioro

derivadas de incendios, erosión o pérdida de vegetación. Estas áreas, con más de 6 mil hectáreas, demandan acciones activas de rehabilitación para recuperar la estructura y funcionalidad del ecosistema, disminuir los riesgos de degradación irreversible y fortalecer la resiliencia ambiental.

La política de aprovechamiento sustentable concentra las zonas más intervenidas del municipio, con casi 50 mil hectáreas y la mayor cantidad de localidades y población. Estas áreas mantienen un uso productivo significativo, pero presentan condiciones ambientales que requieren un manejo responsable del suelo, del agua y de las actividades agropecuarias, con el fin de evitar que las presiones actuales se traduzcan en procesos de degradación ambiental.

Finalmente, la propuesta de unidades de gestión ambiental demuestra ser una base sólida del ordenamiento ecológico del territorio; no solo organiza el uso del suelo, sino que ofrece una ruta de acción para mejorar la calidad ambiental, reducir riesgos y orientar el desarrollo hacia una visión sustentable.

VII. Recomendaciones

Con base en los hallazgos del estudio, se plantea como recomendación utilizar la cartografía más actual disponible; con los métodos más actuales en cuanto a capas geográficas digitales, ya que el medio biótico está en constante cambio, esto hace que puedan surgir sesgos de interpretación con los datos reales. También se recomienda trabajar cartografía en pequeñas escalas para lograr una mejor precisión.

Se recomienda optimizar la estructura y el contenido de los marcos jurídicos y normativos vinculados a este instrumento de política pública, sin complicaciones innecesarias, para llegar a la integridad deseada con la población.

Se recomienda fortalecer los mecanismos de trabajo, coordinación y manejo de las políticas ambientales entre los sectores gubernamentales y los organismos públicos. Esto permitirá reducir los vacíos operativos y las lagunas legales que actualmente dificultan la gestión ambiental. Asimismo, establecer lineamientos claros facilitará la correcta implementación de acciones de protección, conservación, restauración y uso sustentable del territorio en el municipio.

Se sugiere realizar investigaciones e índices de valor de importancia a las especies de flora y fauna presentes en el municipio, esto para tener más peso y relevancia a la hora de asignar políticas ambientales locales.

También se recomienda hacer énfasis en la regulación de planeación urbana y la creación de nuevos asentamientos humanos, ya que la presión de estos, crean conflictos ambientales de urgencia en el municipio.

VIII. Bibliografía

Aragón M., López V.M. 2020. Arteaga Coahuila mosaico de lugares y paisajes. Pueblos Mágicos. Vol. V: 73-90

Benavides R, A, Mejía F, N. (2022). Factores que obstaculizan la gestión urbana sostenible: estudio de un municipio en Colombia. *Estudios demográficos y urbanos*, 37(1), 157-199.

Benciolini M. (2017). Territorialidades relacionales: Conflictos ambientales y cosmopolíticas en el occidente y norte de México. *Frontera Norte*, 29(58), 5-23.

Bosque S. J.; Escobar M., F.J.; García H., E. y Salado García, M^a. J. 1994. *Sistemas de Información Geográfica: Prácticas con PC ARC/INFO e IDRISI*. Editorial RA-MA. Madrid. Pp. 20-85.

Cabrales L. F. (2014). Sánchez M. T., G. Bocco, Casado I (2013), La política de ordenamiento territorial en México: De la teoría a la práctica (INECC), 752 p., ISBN 978-607-02-4848-1. *Investigaciones Geográficas (Mx)*, (85) ,131-133. [Fecha de Consulta 9 de marzo de 2024]. ISSN: 0188-4611.

CONABIO, 2016. 'Sistos de atención prioritaria para la conservación de la biodiversidad de México (2016)', escala: 1:1 000 000. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México.

CONABIO, 2016. 'Sistos prioritarios para la restauración de México (2016)', escala: 1:1 000000. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México.

CONABIO, 2020. 'Áreas Naturales Protegidas Estatales, Municipales, Ejidales, Comunitarias y Privadas de México 2020', edición: 1. Escala: 1:1 000000. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Ciudad de México, México.

CONABIO, 2024. 'Áreas Naturales Protegidas Federales de México, septiembre 2024; Escala: 1:1 000000. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Ciudad de México, México.

CONAGUA, 2023. Situación de los Recursos Hídricos; Disponibilidad de los Acuíferos. Escala: 1:1 000 000. Comisión nacional del agua. México. <https://sigagis.conagua.gob.mx/dma230911/> (7, septiembre, 2025)

CONAGUA, 2024. Actualización de la disponibilidad media anual de agua en el acuífero campo durazno (1909), Estado de Nuevo León. Comisión nacional del agua. CDMX, México.

https://sigagis.conagua.gob.mx/gas1/Edos_Acuiferos_18/nleon/DR_1909.pdf

CONAGUA, 2025. GeoVisor de Consulta de Mediciones Piezométricas. Escala: 1:1 000 000. Comisión nacional del agua. México. <https://sigagis.conagua.gob.mx/rp20/> (7, septiembre, 2025)

CONANP, 2023. Programa de manejo: Parque nacional Cumbres de Monterrey. Comisión nacional de áreas naturales protegidas. P. 379. https://simec.conanp.gob.mx/pdf_libro_pm/153_libro_pm.pdf

CONAPO, 2020. Índices de marginación por municipio. 2020. Consejo nacional de población. <https://www.gob.mx/conapo/documentos/indices-de-marginacion-2020-284372> (14, septiembre, 2025)

Cook, H. L., 1936: The nature and controlling variables of the water erosion process: Soil Science Society of America, Proceedings, 1: 487-494.

Cortés, T. H. G. B.; Figueroa, S. C. A.; Ortiz, S. y González, F. V. C. 1992. Caracterización de la erosividad de la lluvia en México utilizando métodos multivariados. 1. Descripción de intensidades máximas e índices de erosividad de la lluvia. Agrociencia. 3(2):115-138.

Delgado V, C. (2006): «Ordenación del territorio y desarrollo sostenible en áreas de montaña: diagnóstico y propuestas para la integración productiva y territorial de los Montes de Pas (Cantabria), Boletín de la A.G.E., No. 42, pp. 53-70.

Diario oficial de la federación, 2000. Ley General de Vida Silvestre. Publicada el 7 de marzo del 2000.

Diario oficial de la federación, 2003. Reglamento de la ley general del equilibrio ecológico y la protección al ambiente en materia de ordenamiento ecológico. Última Reforma DOF 31-10-2014
https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/regley/Reg_LGEEPA_MOE_311014.pdf

Diario Oficial de la Federación, 2015. NORMA Oficial Mexicana NOM-011-CONAGUA-2015, Conservación del recurso agua-Que establece las especificaciones y el método para determinar la disponibilidad media anual de las aguas nacionales. SEMARNAT. 27 de marzo de 2015

Diario Oficial de la Federación. 1996. Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente. Enero 28, 1988.

Diario Oficial de la Federación. 2011. Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente. Enero 28, 1988.

Diario Oficial de la federación. 2014. Reglamento de la Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente. Artículos 42 y 43, agosto 8, 2003.

Eguiluz de Antuñano, S., Aranda G. M., & Marrett, R. 2000. Tectónica de la Sierra Madre Oriental, México. Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana, Vol. LIII, 53, 1–26.
<http://www.igeofcu.unam.mx/sgm/> (octubre, 2025).

FAO, 1980. Metodología Provisional para la Evaluación de la Degradación de los Suelos. Organización de las naciones unidas para la alimentación y la agricultura. Roma, Italia.

FAO, 1980. Metodología Provisional para la Evaluación de la Degradación de los Suelos. Clasificación por grado de erosión hídrica. Organización de las naciones unidas para la alimentación y la agricultura. Roma, Italia.

Figueroa S., B., A. Amante O., H. G. Cortes T., J. Pimentel L., E. S. Osuna C., J. M. Rodríguez O. y F. J. Morales F. 1991. Manual de predicción de perdidas de suelo por erosión. Colegio de Postgraduados. Centro regional para estudios de zonas áridas y semiáridas 150 p.

Figueroa, S., B. y F. J. Morales F. 1992. Manual de producción de cultivos con labranza de conservación. Colegio de postgraduados, Texcoco, México. 273 p.

Franklin, S., & Peddle, D. (1987). Computers & Geosciences; texture analysis of digital image data using spacial cooccurrence (Vol. 13(3)).

Garcia, A. E., 2004. Modificaciones al sistema de clasificación de Köppen para adaptarlo a las condiciones de la república mexicana. Instituto de geografía de la Universidad Nacional Autónoma de México. ISBN- UNAM: Serie libros (obra general) 968-36-7398-8 ISBN: 970-32-1010-4. Primera edición: 1964.

Gaspari, F. J., Rodríguez Vagaría, A. M., Senisterra, G. E., Denegri, G. A., Delgado, M. I., & Besteiro, S. I. 2013. Caracterización morfométrica de la cuenca alta del río Sauce Grande, Buenos Aires, Argentina. AUGM DOMUS, 4, 143-158.
<https://revistas.unlp.edu.ar/domus/article/view/476>

Hernández S. J. R., Pérez D. J. L., Rosete V, F., Villalobos D. M., Méndez L. A. P., & Navarro S. E., 2017. Clasificación geomorfométrica del relieve mexicano: una aproximación morfográfica por densidad de curvas de nivel y la energía del relieve. Investigaciones geográficas, (94)

<https://doi.org/10.14350/riq.57019>

INEGI, 2001. Conjunto de datos vectoriales Fisiográficos. Continuo Nacional serie I. Provincias fisiográficas. Escala: 1:1 000 000. Instituto Nacional de Estadística y

Geografía. México.
<https://www.inegi.org.mx/app/biblioteca/ficha.html?upc=702825267575> (5,
septiembre, 2025)

INEGI, 2001. Conjunto de datos vectoriales Fisiográficos. Continuo Nacional serie I. Subprovincias fisiográficas. Escala: 1:1 000 000. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. México.

<https://www.inegi.org.mx/app/biblioteca/ficha.html?upc=702825267599> (5,
septiembre, 2025)

INEGI, 2001. Conjunto de datos vectoriales Fisiográficos. Continuo Nacional serie I. Sistema topoformas. Escala: 1:1 000 000. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. México.

<https://www.inegi.org.mx/app/biblioteca/ficha.html?upc=702825267582> (5,
septiembre, 2025)

INEGI, 2005. Guía para la Interpretación de Cartografía Uso Potencial del Suelo. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. Aguascalientes, Ags. Impreso en México ISBN 970-13-451 O-X

INEGI, 2008. Conjunto de datos vectoriales escala 1:1 000 000. Unidades climáticas. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. México.
<https://www.inegi.org.mx/app/biblioteca/ficha.html?upc=702825267568> (3,
septiembre, 2025)

INEGI, 2010. Compendio de información geográfica municipal. Arteaga, Coahuila México. (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). 2010.

INEGI, 2012. Conjunto de datos vectoriales de la cartografía de Uso potencial de las tierras escala 1:1 000 000 (Continuo Nacional). Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Aguascalientes, México.
<https://www.inegi.org.mx/app/biblioteca/ficha.html?upc=702825293239> (14,
septiembre, 2025)

INEGI, 2013. Continuo de elevaciones mexicano y modelos digitales de elevación. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. México.
<https://www.inegi.org.mx/app/geo2/elevacionesmex/> (8, agosto, 2025)

INEGI, 2014. Conjunto de datos vectoriales de información topográfica G14C35 San Antonio de las Alazanas escala 1:50 000 serie III. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Aguascalientes, México.
<https://www.inegi.org.mx/app/biblioteca/ficha.html?upc=702825002140> (10, septiembre, 2025)

INEGI, 2014. Conjunto de datos vectoriales de información topográfica G14C44 Huachichil escala 1:50 000 serie III. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Aguascalientes, México.
<https://www.inegi.org.mx/app/biblioteca/ficha.html?upc=702825001747> (10, septiembre, 2025)

INEGI, 2014. Guía para la interpretación de cartografía: edafología: escala 1:250 000: serie III / Instituto Nacional de Estadística y Geografía. -- México: INEGI, 2014. Vol., II, 60 p. 1. Cartografía - Estudio y enseñanza.

INEGI, 2014. Sistemas de información geográfica. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. Aguascalientes, Ags.
<https://www.inegi.org.mx/inegi/spc/doc/internet/sistemainformaciongeografica.pdf>

INEGI, 2015. Conjunto de datos vectoriales de información topográfica G14C45 San Rafael escala 1:50 000 serie III. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Aguascalientes, México.
<https://www.inegi.org.mx/app/biblioteca/ficha.html?upc=702825002630> (10, septiembre, 2025)

INEGI, 2015. Conjunto de datos vectoriales de información topográfica G14C46 Rayones escala 1:50 000 serie III. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Aguascalientes, México.

<https://www.inegi.org.mx/app/biblioteca/ficha.html?upc=702825002655> (10, septiembre, 2025)

INEGI, 2019. Conjunto de Datos Vectoriales de Información Topográfica G14C24 Ramos Arizpe escala 1:50 000. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Aguascalientes, México.
<https://www.inegi.org.mx/app/biblioteca/ficha.html?upc=889463832805> (10, septiembre, 2025)

INEGI, 2019. Conjunto de Datos Vectoriales de Información Topográfica G14C25 Garza García escala 1:50 000. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Aguascalientes, México.
<https://www.inegi.org.mx/app/biblioteca/ficha.html?upc=889463831129> (10, septiembre, 2025)

INEGI, 2019. Conjunto de Datos Vectoriales de Información Topográfica G14C36 Ciudad de Allende escala 1:50 000. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Aguascalientes, México.
<https://www.inegi.org.mx/app/biblioteca/ficha.html?upc=889463832812> (10, septiembre, 2025)

INEGI, 2019. Uso potencial del suelo. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Aguascalientes. México. <https://www.inegi.org.mx/temas/usopsuelo/>

INEGI, 2020. Censo de población y vivienda. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Aguascalientes, México. <https://www.inegi.org.mx/programas/ccpv/2020/>

INEGI, 2020. Diccionario de datos topográficos: escala 1:50 000 / Instituto Nacional de Estadística y Geografía. -- México. Vol. III, 258 p. 1. Cartografía - Diccionarios.

INEGI, 2021. Conjunto de Datos Vectoriales de Información Topográfica G14C34 Arteaga Escala 1:50 000. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Aguascalientes,

México. <https://www.inegi.org.mx/app/biblioteca/ficha.html?upc=889463855644> (10, septiembre, 2025)

INEGI, 2021. 'Conjunto de Datos Vectoriales de Uso de Suelo y Vegetación. Escala 1:250 000, Serie VII. Conjunto Nacional.', escala: 1:250 000. edición: 1. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Aguascalientes, México. <https://www.inegi.org.mx/app/biblioteca/ficha.html?upc=889463842781> (3, septiembre, 2025)

INEGI, 2021. Conjunto de datos vectoriales Fisiográficos. Continuo Nacional serie I. Sistema topoformas. Escala: 1:1 000 000. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. México. <https://www.inegi.org.mx/app/biblioteca/ficha.html?upc=702825267582> (5, septiembre, 2025)

INEGI, 2021. Conjunto de datos vectoriales Fisiográficos. Continuo Nacional serie I. Subprovincias fisiográficas. Escala: 1:1 000 000. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. México. <https://www.inegi.org.mx/app/biblioteca/ficha.html?upc=702825267599> (5, septiembre, 2025)

INEGI, 2022. 'División política municipal, escala: 1:250000. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. México. <http://geoportal.conabio.gob.mx/metadatos/doc/html/mun22gw.html> (8, agosto, 2025)

INEGI, 2024. Conjunto nacional de información edafológica. Escala 1:250 000 Serie III. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. México. <https://www.inegi.org.mx/app/biblioteca/ficha.html?upc=794551118313> (3, septiembre, 2025)

Kirkby, M. J., & Morgan, R. P. C. (1984). Erosión de suelos. México: Limusa

Köppen, W. 1936. Das geographisca System der Klimate, in: Handbuch "der Klimatologie, edited by: Koppen, W. and Geiger, G., 1. C. "Gebr, Borntraeger, 1–44, 1936.

Massiris C, A. 2002. Ordenación territorial en América latina. Revista electrónica de Geografía y Ciencias Sociales. Vol. IV núm. 125.

Morett-Sánchez, J. C, & Cosío-Ruiz, Celsa. 2017. Panorama de los ejidos y comunidades agrarias en México. Agricultura, sociedad y desarrollo, 14(1), 125-152. Recuperado en 19 de noviembre de 2025, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1870-54722017000100125&lng=es&tlng=es.

ONU, 1987. Informe Brundtland. Comisión mundial sobre medio ambiente y desarrollo. Organización de las naciones unidas.

Ortega, J. (2004). ÁREAS DE MONTAÑA: DE LA SUPERVIVENCIA A LA INTEGRACIÓN. A.G.E., 5-28.

Palancar P, M. 1959. La autoridad del valle del Tennessee

Ramírez, A. G., Cruz, A., Morales, N., & Monterroso, A. I. (2016). El ordenamiento ecológico territorial: Instrumento de política ambiental para la planeación del desarrollo local. Estudios Sociales (Hermosillo, Son.), 26(48), 69–99. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-45572016000200069#B39

RAN, 2025. Conjunto de datos. Perimetrales de los núcleos agrarios certificados por entidad federativa - Formato SHAPE. Escala múltiple. Registro agrario nacional. <https://datos.ran.gob.mx/conjuntoDatosPublico.php> (10, septiembre, 2025)

RAN, 2025. Conjunto de datos. Tierra de uso común por entidad federativa - Formato SHAPE. Escala múltiple. Registro agrario nacional. <https://datos.ran.gob.mx/conjuntoDatosPublico.php> (10, septiembre, 2025)

RAN, 2025. Conjunto de datos. Zonas de asentamientos humanos por entidad federativa
Formato SHAPE. Escala múltiple. Registro agrario nacional.
<https://datos.ran.gob.mx/conjuntoDatosPublico.php> (10, septiembre, 2025)

RAN, 2025. Conjunto de datos. Zonas de tierras parceladas por entidad federativa -
Formato SHAPE. Escala múltiple. Registro agrario nacional.
<https://datos.ran.gob.mx/conjuntoDatosPublico.php> (10, septiembre, 2025)

Rzedowski, J. (1978). Vegetación de México. Limusa, México D.F. 432 pp.

Sanabria P S., (2014), "La ordenación del territorio: origen y significado." Terra. Nueva Etapa, Vol. XXX, núm.47, pp.13-32 [Consultado: 19 de mayo de 2024]. ISSN: 1012-7089.

Secretaría del Medio Ambiente. 2020. Bitácora ambiental del OET del estado de Coahuila

SEDUE, 1988. Manual de ordenamiento ecológico del territorio: Documento anexo técnico. Subsecretaría de Ecología, Dirección General de Normatividad y Regulación Ecológica, 1988. 356 p.

SEMARNAT, 2006. Manual del Proceso de Ordenamiento Ecológico ISBN 968-817-828-4. Secretaría del medio ambiente y recursos naturales. México, D.F. www.semarnat.gob.mx

SGM, 2015. Continuo nacional de geología. Escala 1: 250 000. Carta G-14-7 Monterrey. Sistema Geológico Mexicano. México.
<https://www.sgm.gob.mx/GeoInfoMexGobMx/#> (3 septiembre, 2025)

Strahler, A. 1964. Quantitative geomorphology of drainage basins and channel networks. Mc Graw-Hill. New York - USA.

Turc, L. (1961). Evaluation of irrigation water requirements, potential evapotranspiration: A simple climatic formula evolved up to date. Ann. Agron., 12, 13-49.

Villegas, 2025. Análisis Morfométrico de una cuenca. [Agua y SIG](#).

Villegas, M.D. 2021. Determinación del uso potencial del suelo a partir de la modelación geoespacial de variables agroecológicas y forestales de un área de protección ambiental ubicada en la Región Centro-sur de México. *Acta universitaria*, 31, e3049. Epub 16 de febrero de 2022. <https://doi.org/10.15174/au.2021.3049>

Wilson, S. J., & Cook, R. W. 1984. Wind Erosion. Soil Erosion. Kolos.

Wischmeier, W. H. y Smith D. D. 1978. Predicting rainfall erosion losses-A. Guide to conservation planning. USDA Handbook no. 537, 58p.