

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO FORESTAL



Propuesta de Ordenamiento Ecológico de la Microcuenca,

San Andrés Ixtlahuaca, Oaxaca

Por:

DAVID KARIM AVENDAÑO NAVARRETE

INVESTIGACIÓN DESCRIPTIVA

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO FORESTAL

Saltillo, Coahuila, México

Noviembre, 2025

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO FORESTAL



Propuesta de Ordenamiento Ecológico de la Microcuenca,

San Andrés Ixtlahuaca, Oaxaca

Por:

DAVID KARIM AVENDAÑO NAVARRETE

INVESTIGACIÓN DESCRIPTIVA

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO FORESTAL

Saltillo, Coahuila, México

Noviembre, 2025

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO FORESTAL

Propuesta de Ordenamiento Ecológico de la Microcuenca,

San Andrés Ixtlahuaca, Oaxaca

Por:


DAVID KARIM AVENDAÑO NAVARRETE

INVESTIGACIÓN DESCRIPTIVA

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO FORESTAL

Aprobada por el Comité de Asesoría:




Dr. Genaro Esteban García Mosqueda
Coasesor



Dr. Alejandro Zarate Lupercio
Asesor Principal



M.C. José Armando Nájera Castro
Coasesor



Dr. Alberto Salvador Rangel
Coordinador de la División de Agronomía



Saltillo, Coahuila, México

Noviembre, 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



David Karim Avendaño Navarrete

Firma y Nombre

AGRADECIMIENTOS

Expreso mi más sincero agradecimiento a:

Mi asesor del proceso de titulación, Dr. Alejandro Zarate Lupercio por su paciencia y conocimientos impartidos en clases y en este proceso

A los miembros del comité evaluador, por las valiosas sugerencias y observaciones para enriquecer este trabajo

A mis amigos y compañeros que me acompañaron durante mi estancia en la universidad

A los maestros que me impartieron clases

A la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro por el apoyo que me otorgo y el núcleo de todas las experiencias

DEDICATORIA

Dedicada principalmente a mi madre Mireya Navarrete Luna por siempre amarme, acompañarme y apoyarme incondicionalmente. A mi hermana Camila Swietenia Avendaño Navarrete que me motiva a ser mejor persona. A la memoria de Federico Valente Avendaño García cuya inspiración trasciende.

Finalmente, a toda mi familia que de alguna manera han colaborado con mi desarrollo como profesionalista.

TABLA DE CONTENIDO

I. INTRODUCCIÓN	1
I.1 OBJETIVO PRINCIPAL	2
I.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	2
I.3 JUSTIFICACIÓN.....	2
II. REVISIÓN DE BIBLIOGRAFÍA	4
III. MATERIALES Y MÉTODOS	8
III.1 DELIMITACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO MICROCUENCA SAN ANDRÉS IXTLAHUACA	8
III.2 Red de drenaje	8
III.3 Curva hipsométrica	8
III.4 ANÁLISIS MORFOMÉTRICO Y PROCESAMIENTO GEOESPACIAL.....	8
III.4.1. Pendientes y altitudes de la microcuenca.....	9
III.4.2. Pendiente y altitudes del cauce principal.....	9
III.4.3. Ancho de la microcuenca	9
III.4.4. Desnivel altitudinal.....	10
III.4.5. Índice de Gravelius	10
III.4.6. Índice de Horton	11
III.4.7. Densidad de drenaje.....	11

III.4.8. Número de cauces por hectárea.....	11
III.5 ESTIMACIÓN DE PARÁMETROS HIDROLÓGICOS EN FUNCIÓN DEL USO DEL SUELO Y EDAFOLOGÍA	12
III.5.1. Coeficiente de escurrimiento	12
III.5.2. Volumen de escurrimiento	13
III.5.3. Infiltración	13
III.6 DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO	14
III.6.1. Ubicación.....	14
III.6.2. Ubicación hidrográfica	15
III.6.3. Municipios.....	17
III.6.4. Sistema de topoformas.....	18
III.6.5. Clima	19
III.6.6. Aspectos hidrológicos.....	20
III.6.7. Geología	22
III.6.8. Edafología	23
III.6.9. Uso de suelo y vegetación.....	24
III.7 ANÁLISIS CLIMÁTICO Y ESPACIAL DEL ÁREA DE ESTUDIO	26
III.7.1. Interpolación	27
III.7.2. Evapotranspiración anual de Turc	28
III.7.3. Evapotranspiración mensual	28

III.7.4. Climograma	28
III.7.5. Periodo de retorno con precipitaciones máximas y promedio.	29
III.7.6. Coeficiente de escurrimiento	29
III.7.7. Volumen de escurrimiento	30
III.7.8. Infiltración	30
III.7.9. Tiempo de concentración	31
III.7.10. Intensidad de lluvia	31
III.7.11. Gasto	32
III.8 DIAGNOSTICO DE EROSIÓN HÍDRICA DE LA MICROCUENCA	32
III.8.1. Factor R.....	33
III.8.2. Factor K.....	34
III.8.3. Factor LS	36
III.8.4. Factor C.....	37
III.8.5. Erosión hídrica.....	37
III.9 DIAGNOSTICO DE EROSIÓN EÓLICA DE LA MICROCUENCA	38
III.9.1. Periodo de crecimiento	38
III.9.2. Índice de agresividad de la lluvia	39
III.9.3. Índice de agresividad del viento	39
III.9.4. CATEX.....	39
III.9.5. CAUSO	39

III.9.6. Erosión eólica	40
III.10 Índice de marginación por localidad.....	40
III.11 Unidades de gestión ambiental.....	41
III.11.1. Políticas de unidades de gestión ambiental.....	41
III.11.2. Análisis DAFO	42
III.11.3. Propuestas de estrategias por política.....	42
IV. RESULTADOS	43
IV.1 PARAMETROS MORFOMÉTRICOS	43
IV.1.1. Altitud	43
IV.1.2. Pendiente	44
IV.2 PARÁMETROS HIDROLÓGICOS.....	47
IV.2.1. Red de drenaje pluvial.....	47
IV.2.2. Pendiente y altitudes del cauce principal	48
IV.2.3. Parámetros hidrológicos.....	50
IV.3 PARÁMETROS CLIMATOLÓGICOS	50
IV.3.1. Precipitación.....	51
IV.3.2. Temperatura.....	52
IV.3.3. Evapotranspiración.....	53
IV.3.4. Periodo de retorno con precipitaciones máximas.....	54
IV.3.5. Periodo de retorno con precipitaciones promedio	56

IV.3.6. Climograma	57
IV.4 Diagnóstico de erosión hídrica	59
IV.5 Diagnóstico de erosión eólica.....	61
IV.6 Diagnóstico de índices de marginación	62
IV.7 Uso potencial de las tierras	64
IV.7.1. Uso potencial pecuario.....	64
IV.7.2. Uso potencial forestal.....	65
IV.7.3. Uso potencial agrícola.....	67
IV.8 Delimitación de unidades de gestión ambiental	68
IV.8.1. Políticas.....	69
IV.8.2. Análisis FODA para cada política.....	70
IV.8.3. Estrategias	76
V. DISCUSIÓN.....	88
VI. CONCLUSIÓN.....	91
VII. BIBLIOGRAFÍA.....	92

TABLA DE CONTENIDO DE CUADROS

Cuadro 1. Valores de K, en función del tipo y uso de suelo	12
Cuadro 2. Superficies geográficas de la microcuenca	16
Cuadro 3. Superficie de municipios dentro del área de estudio	17
Cuadro 4. Topoformas de la microcuenca	18
Cuadro 5. Unidades climáticas de la microcuenca.....	19
Cuadro 6. Acuíferos de la microcuenca	20
Cuadro 7. Cuerpos de agua de la microcuenca	21
Cuadro 8. Geología de la microcuenca.....	22
Cuadro 9. Fallas y fracturas de la microcuenca	22
Cuadro 10. Edafología de la microcuenca	23
Cuadro 11. Uso de suelo y vegetación de la microcuenca	25
Cuadro 12. Información climatológica mensual y anual promedio	27
Cuadro 13. Ecuaciones para estimar la erosividad.....	33
Cuadro 14. Valores del factor K, para cada tipo de Suelo.	34
Cuadro 15. Valores del Factor C de acuerdo a la cubierta vegetal	37
Cuadro 16. Altitudes de la microcuenca.....	43
Cuadro 17. Pendientes de la microcuenca	44
Cuadro 18. Parámetros morfométricos de la microcuenca	45
Cuadro 19. Información de causas microcuenca	47

Cuadro 20. Altitudes y pendientes del cauce principal microcuenca.....	48
Cuadro 21. Parámetros hidrológicos de la microcuenca	50
Cuadro 22. Precipitaciones de la microcuenca	51
Cuadro 23. Temperaturas de la microcuenca	52
Cuadro 24. Evapotranspiración promedio mensual para cada estación meteorológica.....	53
Cuadro 25. Evapotranspiración de la microcuenca.....	54
Cuadro 26. Estimación de periodos de retorno con precipitaciones máximas.	55
Cuadro 27. Estimación de periodos de retorno con precipitaciones mínimas.....	56
Cuadro 28. Información climatológica de la estación meteorológica Jalapa del Valle. Fuente. CONAGUA.....	57
Cuadro 29. Grados de erosión	59
Cuadro 30. Grados de erosión eólica de la microcuenca.....	61
Cuadro 31. Unidades de uso potencial pecuario de la microcuenca.....	64
Cuadro 32. Unidades de uso potencial pecuario de la microcuenca.....	66
Cuadro 33. Unidades de uso potencial pecuario de la microcuenca.....	67
Cuadro 34. Políticas asignadas para cada UGA	70
Cuadro 35. Análisis FODA para política de aprovechamiento	70
Cuadro 36. Análisis FODA para política de restauración	72
Cuadro 37. Análisis FODA para política de preservación	73
Cuadro 38. Análisis FODA para política de conservación.....	75

Cuadro 39. Estrategias de la política de aprovechamiento	76
Cuadro 40. UGAs de aprovechamiento forestal	78
Cuadro 41. UGAs de aprovechamiento agrícola	79
Cuadro 42. UGAs de aprovechamiento pecuario	80
Cuadro 43. Estrategias de políticas de restauración	82
Cuadro 44. UGAs destinadas a restauración	82
Cuadro 45. Estrategias de políticas de preservación	83
Cuadro 46. UGAs destinadas a preservación	84
Cuadro 47. Estrategias de políticas de conservación	85
Cuadro 48. UGAs destinadas a conservación	86

TABLA DE CONTENIDO DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación de la microcuenca San Andrés Ixtlahuaca. Escala 1:50,000. Fuente: INEGI, Información topográfica, Carta E14D47 (Oaxaca de Juárez) y E14D57 (Villa de Zaachila).2023.....	15
Figura 2. Información hidrológica de la microcuenca San Andrés Ixtlahuaca. Escala 1:50,000. Fuente: INEGI, Red hidrográfica, subcuencas hidrográficas de México, 2010.	16
Figura 3. Ubicación municipal de la microcuenca San Andrés Ixtlahuaca. Escala 1:250,000. Fuente: INEGI, División política municipal, 2022.....	18
Figura 4. Información de sistema de topoformas de la microcuenca San Andrés Ixtlahuaca. Escala 1:1 000 000. Fuente: INEGI, Sistema de topoformas continuo nacional serie I, 2001.	19
Figura 5. Información climatológica de la microcuenca San Andrés Ixtlahuaca. Escala 1:1 000 000. Fuente: INEGI, Unidades climáticas, 2008.	20
Figura 6. Aspectos hidrológicos en la microcuenca San Andrés Ixtlahuaca. Escala 1:1 000 000. Fuente: CONAGUA, Disponibilidad de acuíferos, 2023.	21
Figura 7. Información geológica de la microcuenca San Andrés Ixtlahuaca. Escala 1:50,000. Fuente: Servicio Geológico Mexicano e INEGI, Carta E14D47 (Oaxaca de Juárez) y E14D57 (Villa de Zaachila), 2015.	23
Figura 8. Información edafológica de la microcuenca San Andrés Ixtlahuaca. Escala 1:250,000. Fuente: INEGI, Carta Edafológica, Serie III H1102, 2025.	24
Figura 9. Información de uso de suelo de la microcuenca San Andrés Ixtlahuaca. Escala 1:250,000. Fuente: INEGI, Carta Uso del suelo y vegetación, Serie VII, 2021.	25

Figura 10. Ubicación de estaciones meteorológicas aledañas de la microcuenca San Andrés Ixtlahuaca. Escala 1:250,000. Fuente: CONAGUA, Base de datos climatológica nacional, 2024.	26
Figura 11. Diagrama de flujo para determinar erosión hídrica	32
Figura 12. Mapa de Isoerosividad para la República Mexicana. Autor: Cortez, 1991.	33
Figura 13. Diagrama de flujo para determinar erosión eólica	38
Figura 14. Mapa de altitudes de la microcuenca San Andrés Ixtlahuaca. Escala 1:100, 000. Fuente: Continuo de Elevaciones Mexicano	44
Figura 15. Clasificación de pendientes de la microcuenca San Andrés Ixtlahuaca. Escala 1:100, 000. Fuente: Continuo de Elevaciones Mexicano	45
Figura 16. Curva hipsométrica de la microcuenca San Andrés Ixtlahuaca.	46
Figura 17. Red de drenaje pluvial microcuenca San Andrés Ixtlahuaca. Escala 1:100, 000	47
Figura 18. Perfil de elevación del cauce principal microcuenca San Andrés Ixtlahuaca.....	48
Figura 19. Extensión del cauce principal microcuenca San Andrés Ixtlahuaca. Escala 1:100,000. Fuente: INEGI. División política municipal, 2022.....	49
Figura 20. Estimación de precipitaciones de la microcuenca San Andrés Ixtlahuaca. Escala 1:250,000. Fuente: CONAGUA	51
Figura 21. Estimación de temperatura de la microcuenca San Andrés Ixtlahuaca. Escala 1:250,000. Fuente: CONAGUA.	52
Figura 22. Evapotranspiración de la microcuenca San Andrés Ixtlahuaca. Escala 1:100,000	54

Figura 23. Distribución y curva de predicción de precipitaciones máximas.....	55
Figura 24. Distribución y curva de predicción de precipitaciones mínimas.	56
Figura 25. Climograma de la estación Jalapa del Valle. Fuente: CONAGUA, 2024	58
Figura 26. Erosión hídrica de la microcuenca San Andrés Ixtlahuaca.	60
Figura 27. Erosión eólica de la microcuenca San Andrés Ixtlahuaca.....	62
Figura 28. Localidades y municipios de la microcuenca San Andrés Ixtlahuaca. Escala 1:250,000. Fuente: INEGI, División política municipal, 2022.....	63
Figura 29. Unidades de uso potencial pecuario de la microcuenca San Andrés Ixtlahuaca. Escala: 1:1,000,000. Fuente: INEGI, Uso potencial de las tierras, 2012.	65
Figura 30. Unidades de uso potencial forestal de la microcuenca San Andrés Ixtlahuaca. Escala: 1:1,000,000. Fuente: INEGI, Uso potencial de las tierras, 2012.	66
Figura 31. Unidades de uso potencial agrícola de la microcuenca San Andrés Ixtlahuaca. Escala: 1:1,000,000. Fuente: INEGI, Uso potencial de las tierras, 2012.	67
Figura 32. Unidades de gestión ambiental de la microcuenca San Andrés Ixtlahuaca. Escala: 1:100,000.	68
Figura 33. Unidades de gestión ambiental destinadas a aprovechamiento forestal en la microcuenca San Andrés Ixtlahuaca. Escala: 1:100,000.	79
Figura 34. Unidades de gestión ambiental destinadas a aprovechamiento agrícola en la microcuenca San Andrés Ixtlahuaca. Escala: 1:100,000.	80

Figura 35. Unidades de gestión ambiental destinadas a aprovechamiento pecuario en la microcuenca San Andrés Ixtlahuaca. Escala: 1:100,000.	81
Figura 36. Unidades de gestión ambiental destinadas a restauración en la microcuenca San Andrés Ixtlahuaca. Escala: 1:100,000.	83
Figura 37. Unidades de gestión ambiental destinadas a preservación en la microcuenca San Andrés Ixtlahuaca. Escala: 1:100,000.	85
Figura 38. Unidades de gestión ambiental destinadas a conservación en la microcuenca San Andrés Ixtlahuaca. Escala: 1:100,000.	87
Figura 39. Unidades de gestión ambiental de la microcuenca San Andrés Ixtlahuaca. Escala 1: 250 000. Fuente: SIORE, Políticas, 2023.....	88
Figura 40. Unidades de gestión ambiental de la microcuenca San Andrés Ixtlahuaca. Escala 1: 250 000. Fuente: SIORE, Usos recomendados, 2023.	89

RESUMEN

El ordenamiento territorial en México, nace a partir de la necesidad de la planificación urbana. En la actualidad existen ordenamientos ecológicos distribuidos por Unidades de Gestión Ambiental (UGAs) Estas unidades concentran distintas condiciones ambientales y sociales.

Esta investigación realiza una descripción en la que se encuentra la microcuenca San Andrés Ixtlahuaca, se realizan predicciones de factores morfológicos, climáticos, hidrológicos, diagnósticos de erosión y evaluaciones de marginación de las localidades. Posteriormente, las Ugas son delimitadas mediante condiciones de topoformas, edafología y uso de suelo, creando unidades con características homogéneas. Considerando todas las características se hace un minucioso análisis de sus fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas (FODA) y se establecen la política a la que pertenece y sus estrategias a implementar.

En total se crearon 52 UGAs, 28 para aprovechamiento, 8 para restauración, 4 para preservación y 12 para conservación.

Los resultaos obtenidos explican las condiciones ambientales y sociales en la que se encuentra la microcuenca y sus UGAs. A raíz de la disponibilidad de recursos se implementan técnicas para el manejo de las áreas, considerando siempre la integración y participación del pueblo.

Palabras clave: Ordenamiento ecológico, UGAs, Condiciones ambientales, FODA, aprovechamiento, restauración, conservación, preservación, políticas, estrategias,

I. INTRODUCCIÓN

El ordenamiento territorial en México, como en otros países de América Latina, nace prácticamente en el contexto de la planificación urbana. Sin embargo, la participación social y política influye directamente en los procesos de ordenación, el cual suele ser deficiente. Siendo el sector político el responsable en la implementación de los planes, estrategias y desarrollo junto con grupos empresariales y corporativos. De manera que estos elementos tienen la principal decisión y el manejo para el desarrollo de actividades, contemplando su voluntad e intereses. Otra deficiencia es la falta y calidad de información que se requiere para los diagnósticos y estimaciones, que son vitales para la comprensión de los procesos ecológicos dentro de una unidad ambiental (Cabeza, 2002).

Los recursos naturales son elementos indispensables para la existencia humana, sin embargo, la presión que se ejerce sobre estos tiene efectos negativos sobre el ambiente. En México, los problemas de degradación de suelos, deforestación, sobreexplotación de recursos hídricos y pérdida de biodiversidad, dejaron de considerarse como simples datos estadísticos para constituir la causa de numerosos conflictos sociales (Cotler, 2007).

De acuerdo con la (LGEEPA, 2024), El ordenamiento ecológico es un instrumento de política ambiental, el cual busca 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, comenzando con el desarrollo de análisis de las tendencias de deterioro y las potencialidades de aprovechamiento de sus distintas áreas. Durante este proceso se contemplan las políticas ambientales, se evalúa el área y se proponen e implementan estrategias y actividades productivas, así como la protección de los recursos naturales a través de la vinculación entre los tres órdenes de gobierno, la participación activa de la sociedad y la transparencia en la gestión ambiental. Además, señala las modalidades de ordenamiento existentes en México: General del Territorio, Regionales, Locales y Marinos.

La problemática del Ordenamiento ecológico presenta distintas complicaciones, entre ellas la dificultad de equilibrar el desarrollo económico con la conservación del medio ambiente. Implicando desafíos de participación y adaptación a cambios por parte de las poblaciones. Aunado a esto, la disponibilidad de información legal que ya existe es valiosa y útil para entender la dinámica ambiental y territorial. Sin embargo, al enfocarse en áreas específicas y de menor superficie existen limitaciones, lo que puede llevar a generalizaciones que no exactamente explican la realidad del área de estudio.

I.1 OBJETIVO PRINCIPAL

Establecer un ordenamiento ecológico mediante Unidades de Gestión Ambiental (UGAs) en la microcuenca San Andrés Ixtlahuaca, Oaxaca, utilizando sistemas de información geográfica.

I.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Determinar información morfométrica, climatológica, hidrológica, social y susceptibilidad a erosión dentro de la microcuenca San Andrés Ixtlahuaca.

Caracterizar las Unidades de Gestión Ambiental (UGAs) de acuerdo a sus propiedades biofísicas y socioeconómicas.

Establecer propuestas políticas y estrategias a partir de un análisis DAFO (Debilidades, amenazas, fortalezas y oportunidades).

I.3 JUSTIFICACIÓN

El desarrollo de la investigación descriptiva determinará Unidades de Gestión Ambiental dentro de la microcuenca San Andrés Ixtlahuaca, Etlá, Oaxaca.

Funcionando como una propuesta para inducir el uso del suelo y actividades productivas, poniendo como prioridad la protección del medio ambiente y el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales.

El resultado de la propuesta irá direccionado a mejorar el nivel y calidad de vida de la población, disminuyendo el efecto causado por desastres naturales. Asimismo, a fomentar la visión a largo plazo para una mejor utilización de los recursos naturales partiendo de la determinación del potencial productivo del territorio.

II. REVISIÓN DE BIBLIOGRAFÍA

Las cuencas hidrográficas se encuentran delimitadas por divisiones naturales, dentro de ellas existe un sistema ambiental, el cual es vital para comprender el estado actual y formular estrategias y planeaciones para la gestión de los recursos naturales. Actualmente el funcionamiento eco-hidrológico se encuentra afectado principalmente por las actividades antropogénicas, entre ellas los cambios en la estructura de la cobertura vegetal, erosión de los suelos, y cambio y uso de suelo. Desde este punto de vista, el mal manejo de actividades humanas genera alteraciones dentro del área y sus ciclos naturales. Es por eso que se recomienda que todas las actividades de manejo a realizar, deben estar fundamentadas con información verídica y preferentemente actual, la cual permita evaluar la condición actual del área, proveer efectos negativos a futuro y asegurar la adaptación de los ecosistemas a los efectos secundarios (Cotler *et al.*, 2010).

A raíz del devastador deterioro del medio ambiente y con ello, consecuencias negativas del cambio climático, el tema de cuencas hidrográficas recobra gran importancia, siendo el manejo integral una estrategia viable para el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales y disminución de desastres. Desafortunadamente las principales limitaciones se encuentran en la división territorial, en donde las áreas de interés abarcan grandes extensiones conformadas por distintos estados y países. Adjunto a esto, los límites económicos y administrativos que evitan el desarrollo de programas a preservar y manejar las cuencas hidrográficas. Para un manejo integral de cuencas se requiere la participación y compromiso de la población que la conforma (López, 2014).

Lo que menciona Gómez (2020), con la caracterización de una cuenca consiste en la identificación de la cuenca y los componentes que hay dentro de ella, así mismo determinar el tipo de cuenca de la que se está trabajando. Existen 37 regiones hidrológicas dentro del territorio mexicano la cual consiste en áreas naturales definidas por características en común, como suelen ser la morfología y relieve, siendo la red hidrográfica el principal elemento en la división del área. Asimismo,

parte fundamental del estudio son los parámetros morfométricos, climatológicos, hídricos y grados de erosión, esto permite obtener un contexto del área y poder pasar al punto del ordenamiento para su manejo.

El análisis morfométrico de una cuenca es un estudio cuantitativo, el cual se desarrolla calculando las características de su forma, tamaño y relieve. La definición de estos datos puede ser realizados con el uso sistemas de información geográfica, los cuales permiten presentar gráficamente con el uso de cartografía y así comprender las características físicas y la dinámica hidrológica que existe en el área (Ochoa, 2023).

Dourojeanni (1997), presenta un documento que proporciona un marco conceptual, este considera múltiples aportes al ambiente, principalmente con objetivos de desarrollo sustentable. También se busca presentar el desarrollo de procedimientos que se aplican a las áreas geográficas en las que existe interés de actividades y la participación de la población, sugiriendo soluciones a conflictos de crecimiento económico, equidad y sustentabilidad ambiental. Manteniendo en alto que el desarrollo sustentable se alcanza en función de estos tres objetivos en un área delimitada.

Lo que plantea Cabeza (2002), es importante que la ordenación del territorio funcione como una práctica planificada, complementaria de la planificación sectorial, permitiendo un desarrollo integral ante la problemática de territorio, esto se logra con la planificación física espacial dentro de un sistema ambiental. Por otro lado, en el desarrollo no suele existir claridad sobre los mecanismos que buscan armonizar las acciones sectoriales y territoriales, perdiendo precisión con las diferencias y complementariedades. A menudo hace que se confunda con la planificación ambiental y el urbanismo.

Los procesos ecológicos operan de manera simultánea y anidada a diferentes escalas espaciales junto con temporales. De acuerdo a Cotler (2007), los ordenamientos ecológicos deben realizar a escalas espaciales y lapsos pequeños de tiempo, mientras que los estudios a nivel cuenca generalmente opera en escalas

mucho más grandes debido a su mayor extensión de superficie, el cual suele ser proyectado a décadas. Desconocer sobre los procesos ecológicos genera consecuencias y limitaciones para el entendimiento de los procesos ecológicos dentro de un ecosistema, además de deficiencias al implementar esquemas de manejo integrado de cuencas hidrográficas. El problema del manejo integral de cuencas hidrográficas es desconocer sobre los procesos ecológicos, obteniendo consecuencias negativas y limitaciones para su comprensión dentro de los ecosistemas, llegando a determinar valores erróneos y alejados a una predicción positiva.

De acuerdo a INEGI (2004), la cuenca Río Atoyac ocupa la mayor extensión de la Región Hidrológica 20, con 19.24% de territorio estatal, dentro del cual es la segunda de mayor dimensión y se emplaza hacia el centro, oeste y sur del mismo; limita al norte con las cuencas Río Atoyac y Río Papaloapan de las RH-18 y RH-28 respectivamente; al este con la cuenca Río Tehuantepec de la RH-22; al sur con la cuenca Río Colotepec y otros. Dentro de esta cuenca existe la subcuenca Río Atoyac-Oaxaca de Juárez (RH-22Ac), finalmente el área de estudio es la microcuenca San Andrés Ixtlahuaca pertenece a las clasificaciones mencionadas.

Según con el Manual del proceso de Ordenamiento Ecológico (SEMARNAT, 2006), se establecen que en este instrumento de planeación que contiene los objetivos, prioridades y acciones, buscan regular e inducir el uso del suelo contemplando sus actividades productivas, estado de las áreas y sus capacidades a nivel región, tiene el propósito de lograr la protección del ambiente, contribuyendo a la preservación y el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales. La construcción del ordenamiento ecológico debe ir apegado a diversas leyes, modelos y estrategias ecológicas en conjunto con sectores que se encuentran dentro de la región.

Una gestión sustentable de cuencas hidrográficas representa un gran reto para comprender problemas hídricos, ecológicos, económicos y sociales. El deterioro de los recursos naturales junto con las consecuencias del cambio climático representa problemas críticos a futuro, considerando el grado de futuros escenarios, se ha puesto mayor importancia al manejo integral de cuencas. Es considerada la vía

idónea para un desarrollo sustentable, el cual permite una disminución de vulnerabilidad ante amenazas para el ambiente, la sociedad y sus actividades. Su desarrollo consiste, a través de un análisis geográfico multi escalas, donde se busca localizar los servicios ambientales hidrológicos y su funcionalidad, en base a esto identificar la conservación de los elementos que son clave dentro de la unidad ambiental, es importante también considerar la parte económica de los servicios ambientales en dado caso que las áreas tengan una oportunidad para aprovechamiento (PAMIC, 2017).

Masera *et al.* (2000), presentan el marco de evaluación MESMIS, que es un marco metodológico que captura la complejidad sobre el manejo de recursos naturales, busca mantener y mejorar la productividad, disminuir riesgos, aumentar los servicios ecológicos y socioeconómicos. Proporciona una metodología para que las organizaciones junto con el personal colaboren en el desarrollo agropecuario y forestal, pudiendo evaluar el estado de un sistema de manejo de recursos naturales de forma integral y sistémica, además de llevar constantes monitoreos sobre los impactos generados, con el fin de proponer cambios en dado caso que se requiera para mejorar.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

III.1 DELIMITACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO MICROCUENCA SAN ANDRÉS IXTLAHUACA

La delimitación del área de estudio se lleva a cabo mediante el uso del programa Qgis y su complemento ArckGeeck Calculator, utilizando como principal insumo un modelo digital de elevaciones (MDE) obtenido de (INEGI, 2013) con resolución de 15 metros. El proceso consiste en seleccionar el punto de desfogue y conseguir automáticamente la microcuenca San Andrés Ixtlahuaca.

III.2 Red de drenaje

Con el mismo complemento es posible conseguir la red drenaje pluvial y clasificada por orden en base a la delimitación de la microcuenca y utilizando el MDE del área, posteriormente con procesos de calculadora de campos, se contabilizaron el número de causas y las longitudes que suman por órdenes.

III.3 Curva hipsométrica

La curva hipsométrica es representada por un gráfico en relación al área de estudio con la variabilidad de las altitudes dentro de ella. De igual manera el complemento está diseñado para crear la curva a partir de las capas de superficie de la microcuenca y el MDE.

III.4 ANÁLISIS MORFOMÉTRICO Y PROCESAMIENTO GEOESPACIAL

Los parámetros morfométricos de la microcuenca fueron generados e interpretados de acuerdo a la metodología del Análisis Morfométrico de una cuenca impuesta por

(Villegas, 2013). Siendo indispensable el MDE con una extensión del área de la microcuenca.

III.4.1. Pendientes y altitudes de la microcuenca

Se utilizó la herramienta “r.watershead” de GRASS y en conjunto del MDE, adquiriendo capas ráster de pendientes y altitudes que existen dentro del área de estudio. Con la herramienta “Estadísticas de zona” se calculó la información estadística de promedio, máxima y mínima dentro de la microcuenca para las variables pendientes y altitudes.

III.4.2. Pendiente y altitudes del cauce principal

Con la finalidad de obtener información del cauce principal, utilizando la red hidrológica y el MDE se identificó el cauce más alto y el punto de desfogue de la microcuenca. La herramienta “Ruta más corta” permite marcar un punto en los extremos de altitudes para el cauce, consiguiendo la delimitación del cauce principal. De igual manera se aplicó “Estadística zonal” para el cauce principal, calculando los estadísticos media, mínima y máxima para las variables pendiente y altitud.

Finalmente, con la herramienta “Perfil de elevación” se utilizó el cauce principal y los polígonos de municipios dentro del área de estudio, permitiendo observar la extensión del cuerpo de agua junto con su paso por los municipios que abarca.

III.4.3. Ancho de la microcuenca

El ancho es la relación entre el área y la longitud del cauce principal. El desarrollo de esta fórmula permite identificar la forma de una cuenca comparándola con figuras.

$$W = \frac{A}{L}$$

Dónde:

W: Ancho de la microcuenca (m)

A: Área de la microcuenca (m²)

L: Longitud del cauce principal (m)

III.4.4. Desnivel altitudinal

Con la capa ráster de altitudes se consiguió el desnivel, el cual es el valor de la diferencia entre la cota más alta de la microcuenca y la más baja. Indicando la diferencia vertical, en este caso entre los valores máximos y mínimos.

$$DA = H_{max} - H_{min}$$

Dónde:

DA: Desnivel altitudinal (msnm)

Hmax: Altitud máxima (msnm)

Hmin: Altitud mínima (msnm)

III.4.5. Índice de Gravelius

El Índice de Gravelius, también llamado coeficiente de compacidad, es un parámetro morfométrico que mide la forma de una cuenca hidrográfica comparándola con la forma geométrica de un círculo.

$$K = 0.282 \frac{P}{\sqrt{A}}$$

Dónde:

K: Índice de compacidad de Gravelius

P: Perímetro de microcuenca (m)

A: Área de la microcuenca (m²)

III.4.6. Índice de Horton

También llamado factor de forma de Horton consiste en la relación del área y la longitud. Con herramientas de medición se delimitó la longitud de forma lineal empezando por la parte más alta del cauce al punto de desfogue.

$$RF = \frac{A}{Lb^2}$$

Dónde:

RF: Factor de forma adimensional de Horton

A: Área de la microcuenca (m²)

Lb: Longitud lineal del punto más alto al punto de desfogue del cauce principal(m)

III.4.7. Densidad de drenaje

Se determina con la suma en metros de cada uno de los ríos de la red hídrica dividido entre la superficie de la microcuenca.

$$Dd = \frac{\sum li}{A}$$

Dónde:

Dd: Densidad de drenaje (m/ha)

Li: Sumatoria de las longitudes total de corrientes de agua (m)

A: Área de la microcuenca (ha)

III.4.8. Número de cauces por hectárea

El número de causes por hectárea se consigue contabilizando el número total de causes dentro de la microcuenca y dividiendo entre el número total de hectáreas de la microcuenca.

$$Nc = \frac{\sum \text{Núm causas}}{A}$$

Dónde:

Nc: Número de causas/ha

\sum Núm causas= Sumatoria del número de causas de la microcuenca

A: Área de la microcuenca (ha)

III.5 ESTIMACIÓN DE PARÁMETROS HIDROLÓGICOS EN FUNCIÓN DEL USO DEL SUELO Y EDAFOLOGÍA

III.5.1. Coeficiente de escurrimiento

Del portal de INEGI fueron extraídas cartas de edafología y uso de suelo y vegetación. Donde, de acuerdo con la metodología para determinar el coeficiente de escurrimiento de acuerdo a la NOM_011_CONAGUA_2015, (DOF, 2015), se comenzó con la creación de un nuevo campo y la caracterización manual de valores de acuerdo a la textura del suelo para la capa de edafología denominado (K).

Cuadro 1. Valores de K, en función del tipo y uso de suelo

TIPO DE SUELO	CARACTERÍSTICAS		
A	Suelos permeables, tales como arenas profundas y loess poco compactos		
B	Suelos medianamente permeables, tales como arenas de mediana profundidad: loess algo más compactos que los correspondientes a los suelos A; terrenos migajosos		
C	Suelos casi impermeables, tales como arenas o loess muy delgados sobre una capa impermeable, o bien arcillas		
USO DEL SUELO	TIPO DE SUELO		
	A	B	C
Barbecho, áreas incultas y desnudas	0,26	0,28	0,30
Cultivos:	0,24	0,27	0,30
En Hileras	0,24	0,27	0,30
Legumbres o rotación de pradera	0,24	0,27	0,30
Granos pequeños	0,14	0,20	0,28
Pastizal:	0,20	0,24	0,30
% del suelo cubierto o pastoreo	0,24	0,28	0,30
Más del 75% - Poco -	0,07	0,16	0,24
Del 50 al 75% - Regular -	0,12	0,22	0,26
Menos del 50% - Excesivo -	0,17	0,26	0,28
Bosque:	0,22	0,28	0,30
Cubierto más del 75%	0,26	0,29	0,32
Cubierto del 50 al 75%	0,27	0,30	0,33
Cubierto del 25 al 50%	0,18	0,24	0,30
Cubierto menos del 25%			
Zonas urbanas			
Caminos			
Pradera permanente			

FUENTE: DOF, Norma Oficial Mexicana NOM-011-CONAGUA, 2015.

Posteriormente con la herramienta “Intersección” se aplica para las capas edafología y uso de suelo y vegetación. De acuerdo con la sumatoria de (K) se refiere a que la ecuación a utilizar es:

$$Ce = \frac{K(P - 250)}{2000} + \frac{K - 0.15}{1.5}$$

Dónde:

Ce: Coeficiente de escurrimiento anual

K: Valor K

P: Precipitación anual(mm)

Una vez obtenido los valores de K, la capa se rasteriza y se corre la formula en la calculadora ráster sustituyendo los valores de la formula.

III.5.2. Volumen de escurrimiento

Con la imagen ráster del coeficiente de escurrimiento se identifica su valor promedio y la precipitación promedio dentro del área, después aplica la fórmula:

$$Ve = Ce * PPmed$$

Dónde:

Ve: Volumen de escurrimiento (mm)

Ce: Coeficiente de escurrimiento

PP: Precipitación media anual (mm)

III.5.3. Infiltración

Con valores ya obtenidos anteriormente de precipitación, evapotranspiraciones medias y el valor del volumen de escurrimiento se aplica una resta.

$$I = PP - Ve$$

Dónde:

I: Infiltración

Ve: Volumen de escurrimiento

PP: Precipitación media anual (mm)

III.6 DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

III.6.1. Ubicación

La investigación descriptiva se desarrolla en la microcuenca San Andrés Ixtlahuaca, Oaxaca, México. El área de estudio se encuentra ubicada en las coordenadas 17°06'41"N y 96°51'15"O. Perteneciente a la región de Valles centrales, Etlá.

Una vez delimitada la microcuenca San Andrés Ixtlahuaca, se comprende que es perteneciente al estado de Oaxaca, Valles Centrales, Etlá. De acuerdo a la información shape del INEGI sobre conjunto de datos vectoriales de información topográfica, se extrajo la información para dos cartas (E14D47. Oaxaca de Juárez y E14D57. Villa de Zaachila) debido a que el área de estudio se encuentra en medio de estas áreas delimitadas por INEGI. Recopilando información de topográfica, cuerpos de agua e infraestructura. (Figura 1. Ubicación de la microcuenca San Andrés Ixtlahuaca. Escala 1:50,000. Fuente: INEGI, Información topográfica, Carta E14D47 (Oaxaca de Juárez) y E14D57 (Villa de Zaachila).2023

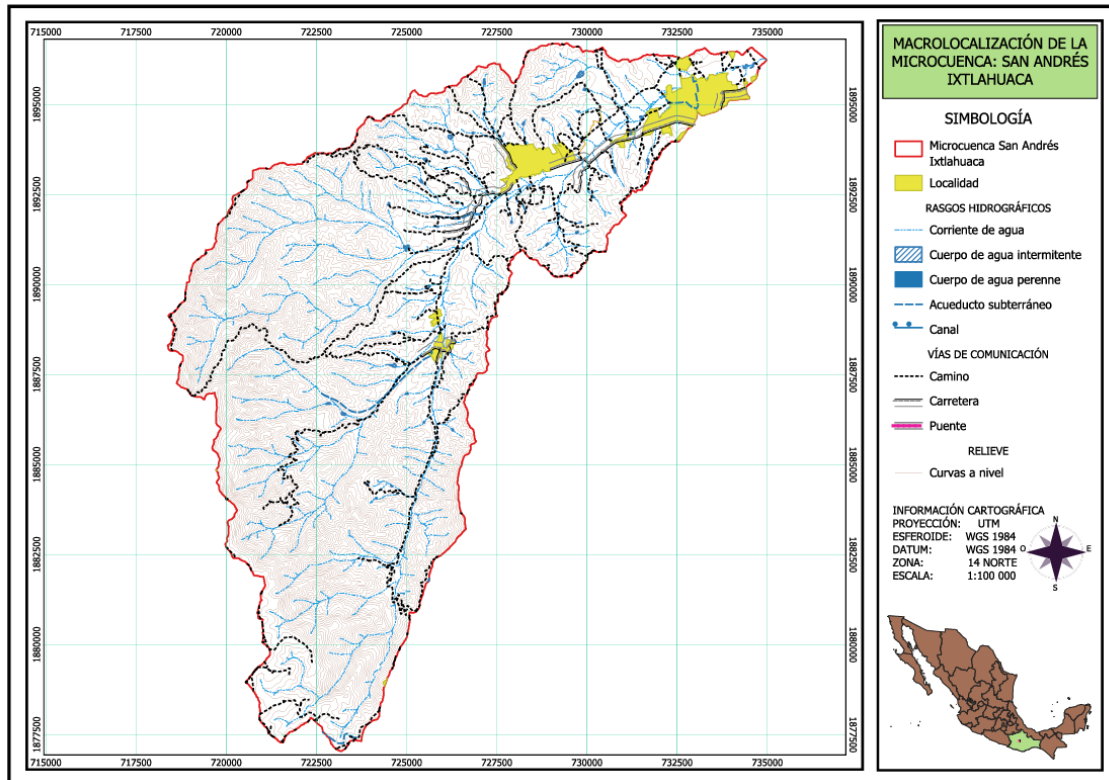


Figura 1. Ubicación de la microcuenca San Andrés Ixtlahuaca. Escala 1:50,000. Fuente: INEGI, Información topográfica, Carta E14D47 (Oaxaca de Juárez) y E14D57 (Villa de Zaachila).2023

III.6.2. Ubicación hidrográfica

El área de estudio se encuentra dentro de la cuenca Río Atoyac abarcando una superficie de 4,973,903.439 hectáreas, Perteneciente a la región hidrológica de Costa Chica-Río Verde. (Figura 2. Información hidrológica de la microcuenca San Andrés Ixtlahuaca. Escala 1:50,000. Fuente: INEGI, Red hidrográfica, subcuencas hidrográficas de México, 2010.

La subcuenca es Río Atoyac Oaxaca de Juárez representa 586,346.552 hectáreas **Cuadro 2. Superficies geográficas de la microcuenca** (Cuadro 2). Donde la microcuenca San Andrés Ixtlahuaca comprende de esta un total de 13,763.412 hectáreas, equivalente al 2.347% de la subcuenca. Definiéndose esta como el área de estudio a trabajar.

Cuadro 2. Superficies geográficas de la microcuenca

Unidad geográfica	Superficie (ha)	%
Cuenca Río Atoyac	4,973,903.44	89.23
Subcuenca Río Atoyac Oaxaca de Juárez	586,346.55	10.52
Microcuenca San Andrés Ixtlahuaca	13,763.41	0.25
Total	5,574,013.40	100.00

Fuente: INEGI, Unidades geograficas,2010

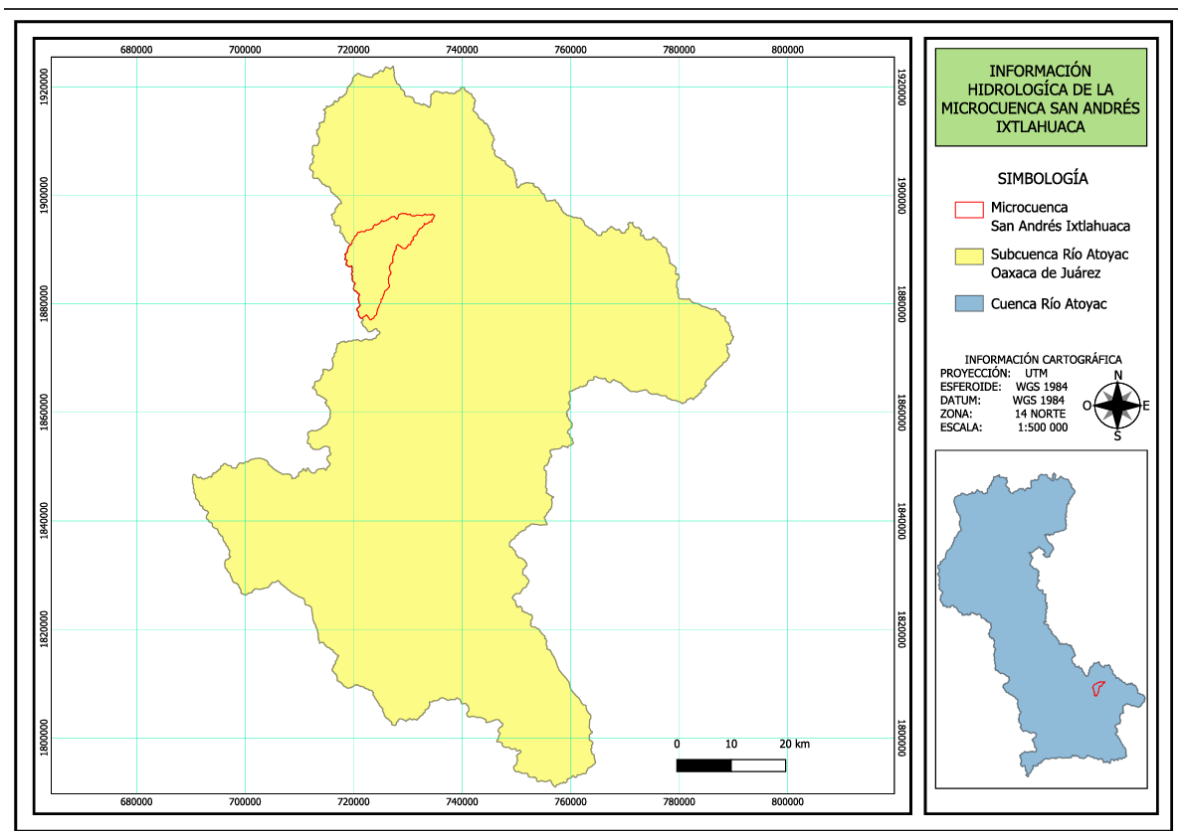


Figura 2. Información hidrológica de la microcuenca San Andrés Ixtlahuaca. Escala 1:50,000. Fuente: INEGI, Red hidrográfica, subcuencas hidrográficas de México, 2010.

III.6.3. Municipios

La microcuenca San Andrés Ixtlahuaca está conformada por siete municipios en distintas proporciones (Cuadro 3. Superficie de municipios dentro del área de estudio). Siendo San Felipe Tejalapam el municipio con mayor extensión dentro de la microcuenca. (Figura 3. Ubicación municipal de la microcuenca San Andrés Ixtlahuaca. Escala 1:250,000. Fuente: INEGI, División política municipal, 2022.

Cuadro 3. Superficie de municipios dentro del área de estudio

Municipios	Superficie (ha)	Porcentaje
Santiago Tlazoyaltepec	62.69	0.46
Peñoles	473.74	3.44
San Pedro Ixtlahuaca	23.75	0.17
San Pablo Cuatro Venados	2,320.65	16.86
San Lorenzo Cacaotepec	673.46	4.89
San Andrés Ixtlahuaca	1,569.55	11.41
San Felipe Tejalapam	8,638	62.77
Total	13,763.412	100

Fuente: INEGI, División política municipal, 2022

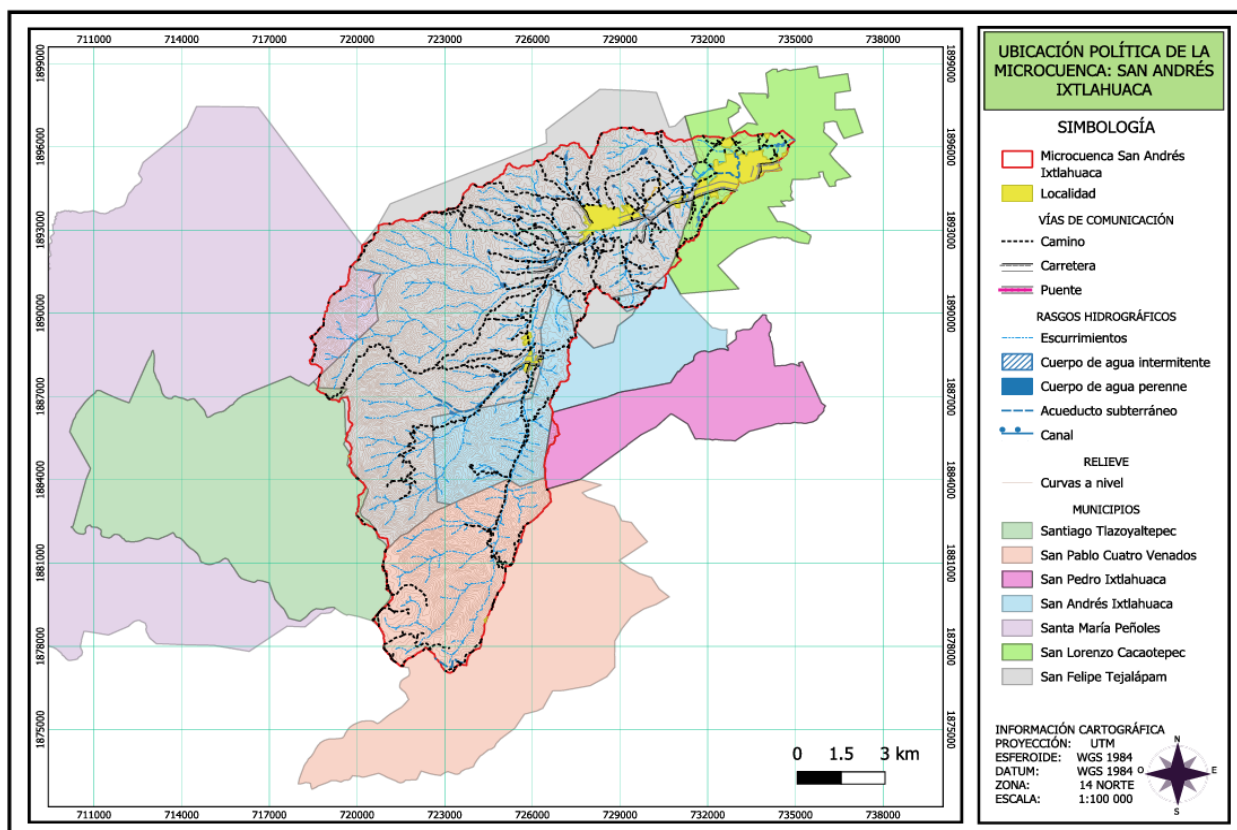


Figura 3. Ubicación municipal de la microcuenca San Andrés Ixtlahuaca. Escala 1:250,000. Fuente: INEGI, División política municipal, 2022.

III.6.4. Sistema de topoformas

Dentro del área existen únicamente solo existen tres sistemas de topoformas (Figura 4. Información de sistema de topoformas de la microcuenca San Andrés Ixtlahuaca. Escala 1:1 000 000. Fuente: INEGI, Sistema de topoformas continuo nacional serie I, 2001. se encuentra conformada con mayor extensión por sierras de laderas tendidas con 52.61% para áreas de sur y este. Consecutivamente lomeríos con llanuras con 36.61% del área ubicadas en zona centro y norte. Finalmente, para la zona noroeste del área se encuentra la extensión de valles de laderas tendidas con lomeríos con 10.76% siendo la principal área en donde se encuentran establecidos los más grandes asentamientos humanos en la microcuenca (Cuadro 4).

Cuadro 4. Topoformas de la microcuenca

Topoformas	Superficie (ha)	%
Sierra de laderas tendidas	7,241.80	52.62

Lomerío con llanuras	5,040.08	36.62
Valle de laderas tendidas con lomerío	1,481.53	10.76
Total	13,763.41	100.00

Fuente: INEGI, Topoformas de la microcuenca, 2001.

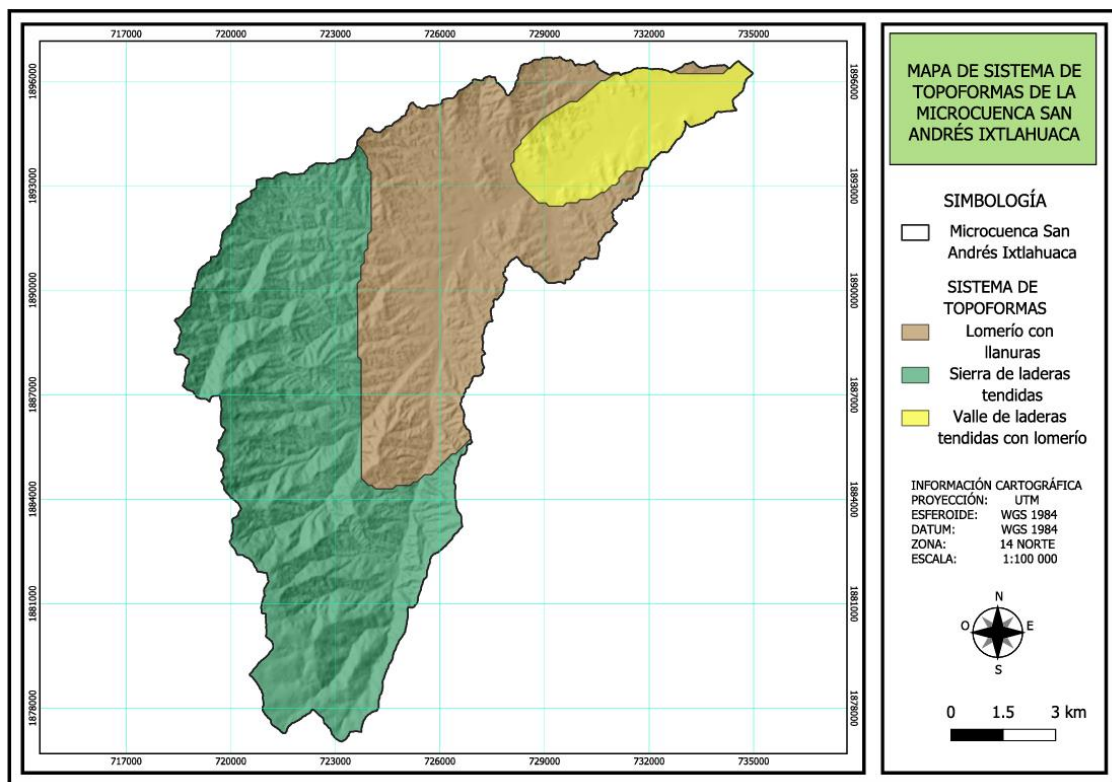


Figura 4. Información de sistema de topoformas de la microcuenca San Andrés Ixtlahuaca. Escala 1:1 000 000. Fuente: INEGI, Sistema de topoformas continuo nacional serie I, 2001.

III.6.5. Clima

Los rangos de temperatura oscilan entre 18°C y 22°C. mientras que los rangos de precipitaciones van de 600mm a 800mm. Entre los tipos de climas se encuentran semiseco semicálido y templado subhúmedo (Figura 5). De manera general el que posee la mayor superficie pertenece al tipo templado subhúmedo que suma el 94.57 % del área total. Por otro lado, tomando en cuenta la nomenclatura con mayor superficie (A)C(w0)(w), indica la presencia de un clima tropical semicálido con estaciones de lluvia en verano y con menor presencia de lluvias en invierno.

Cuadro 5. Unidades climáticas de la microcuenca

Tipo de clima	Superficie (ha)	%
---------------	-----------------	---

Templado subhúmedo. C(w1)(w)	3,393.79	24.66
Templado subhúmedo. (A)C(w0)(w)	7,166.58	52.07
Templado subhúmedo. C(w2)(w)	2,456.91	17.85
Semiseco semicálido. BS1hw(w)	746.14	5.42
Total	13,763.41	100.00

Fuente: INEGI, Unidades climáticas, 2008

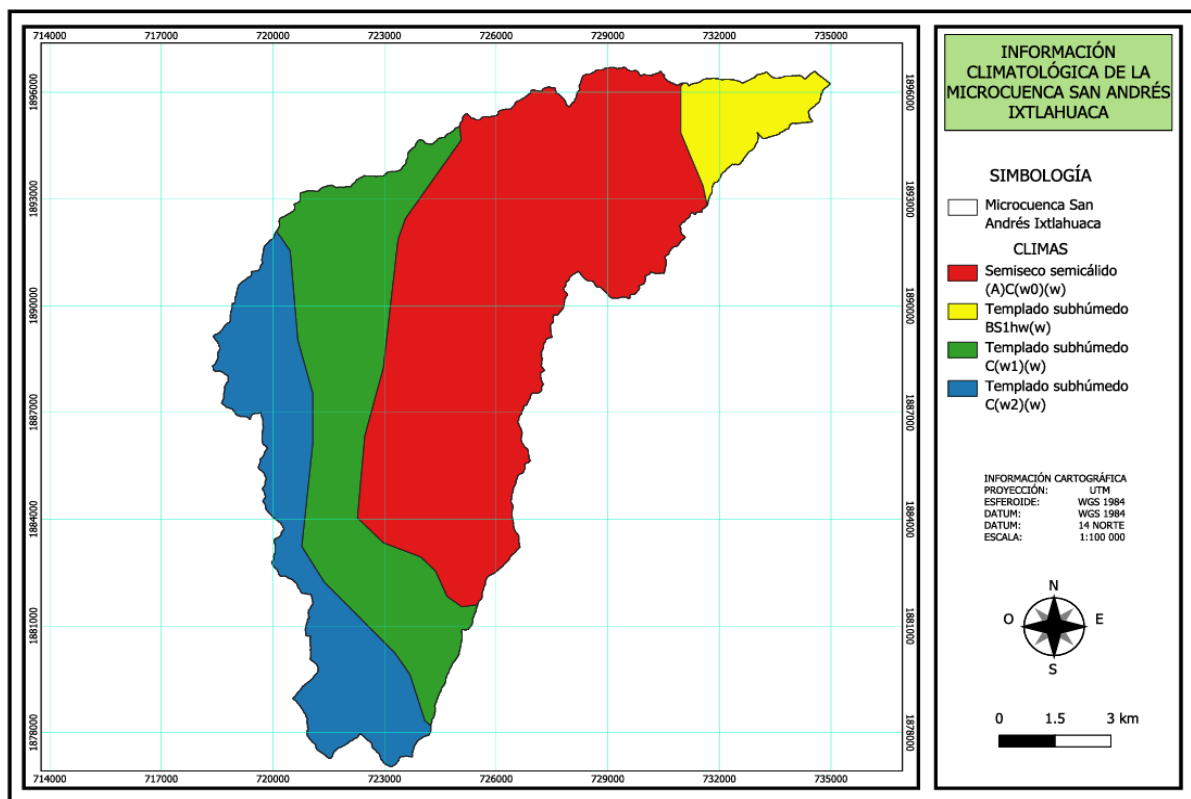


Figura 5. Información climatológica de la microcuenca San Andrés Ixtlahuaca. Escala 1:1 000 000. Fuente: INEGI, Unidades climáticas, 2008.

III.6.6. Aspectos hidrológicos

Dentro del área de estudio existe presencia únicamente de dos acuíferos, el acuífero Valles Centrales abarca toda el área de la microcuenca, mientras que el acuífero Jamiltepec es prácticamente inexistente (Figura 6). Ambos acuíferos presentan una condición de subexplotado, es decir que el recurso hídrico subterráneo que se extrae no supera al que naturalmente se recarga.

Cuadro 6. Acuíferos de la microcuenca

Acuífero	Superficie (ha)	%	Condición
Jamiltepec	0.336	0.002	Subexplotado

Valles Centrales	13,763.357	99.997	Subexplotado
Total	13,763.693	100	

Fuente: CONAGUA, Disponibilidad de acuíferos, 2023

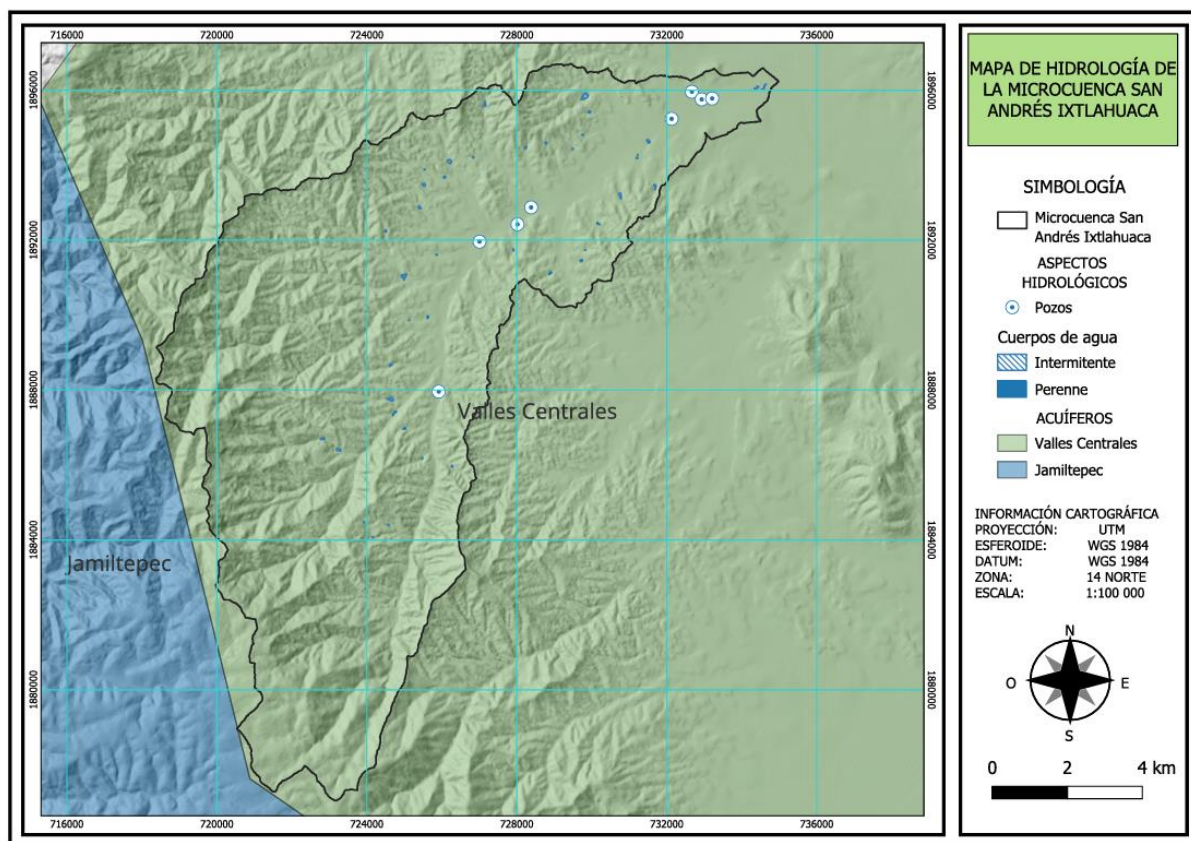


Figura 6. Aspectos hidrológicos en la microcuenca San Andrés Ixtlahuaca. Escala 1:1 000 000. Fuente: CONAGUA, Disponibilidad de acuíferos, 2023.

Dado a las condiciones en el área de estudio, los cuerpos de agua que predominan son los intermitentes con 36 cuerpos. De igual manera existen 8 pozos que se encuentran en operación.

Cuadro 7. Cuerpos de agua de la microcuenca

Condición	Superficie (ha)	%
Intermitente	11.42	84.57
Perene	2.083	15.43
Total	13.503	100

Fuente: INEGI, Información topográfica Carta E14D47 (Oaxaca de Juárez) ,2023

III.6.7. Geología

La geología del área de estudio en su mayoría es de la era precámbrica, periodo proterozoico, compuesto por roca metamórfica (Figura 7). Abarca un total de 9,811.54 hectáreas equivalente al 71% del área total (Cuadro 8).

Cuadro 8. Geología de la microcuenca

Geología	Superficie (ha)	%
Sedimentaria, Aluvial	1,331.86	9.68
Sedimentaria, Arenisca-Lutita	354.71	2.58
Metamórfica, Complejo metamórfico	10,980.07	79.78
Intrusiva, Granito	1,096.77	7.97
Total	13,763.41	100.00

Fuente: SGM, Cartas geológicas E14D47 (Oaxaca de Juárez) y E14D57 (Villa de Zaachila).

Cuadro 9. Fallas y fracturas de la microcuenca

Fracturas	km	%
Falla	0.5	2.03616224
Fracturas	24.056	97.9638378
Total	24.556	100

Fuente: INEGI, Cartas geológicas E14D47 (Oaxaca de Juárez) y E14D57 (Villa de Zaachila).

Existe un total de 8 fracturas que suman un total de 24.056 kilómetros, mientras que una falla 476.82 metros.

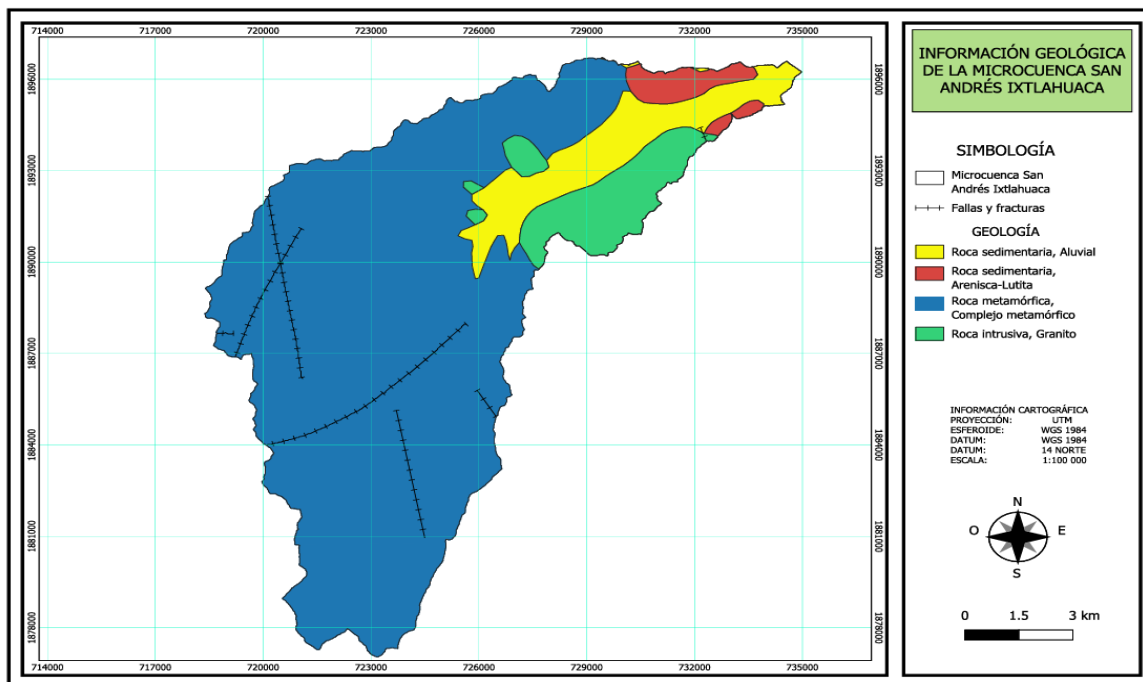


Figura 7. Información geológica de la microcuenca San Andrés Ixtlahuaca. Escala 1:50,000. Fuente: Servicio Geológico Mexicano e INEGI, Carta E14D47 (Oaxaca de Juárez) y E14D57 (Villa de Zaachila), 2015.

III.6.8. Edafología

Dentro de la microcuenca existen diversos tipos de suelo (Figura 8). Se presentan suelos dominantes regosoles con un 56.54% y alisoles con un 29.60% el cual representa en su mayoría áreas con vegetaciones densas de pino-encino y vegetación secundaria. Los suelos technosoles se encuentran en las áreas urbanas.

Cuadro 10. Edafología de la microcuenca

Tipo de suelo	Superficie (ha)	%
Alisol	4,074.61	29.60
Cambisol	286.88	2.08
Fluvisol	861.88	6.26
Regosol	7,782.75	56.55
Technosol	273.35	1.99
Umbisol	440.15	3.20
Vertisol	43.79	0.32
Total	13,763.41	100.00

Fuente: INEGI, Edafología Serie III, 2025

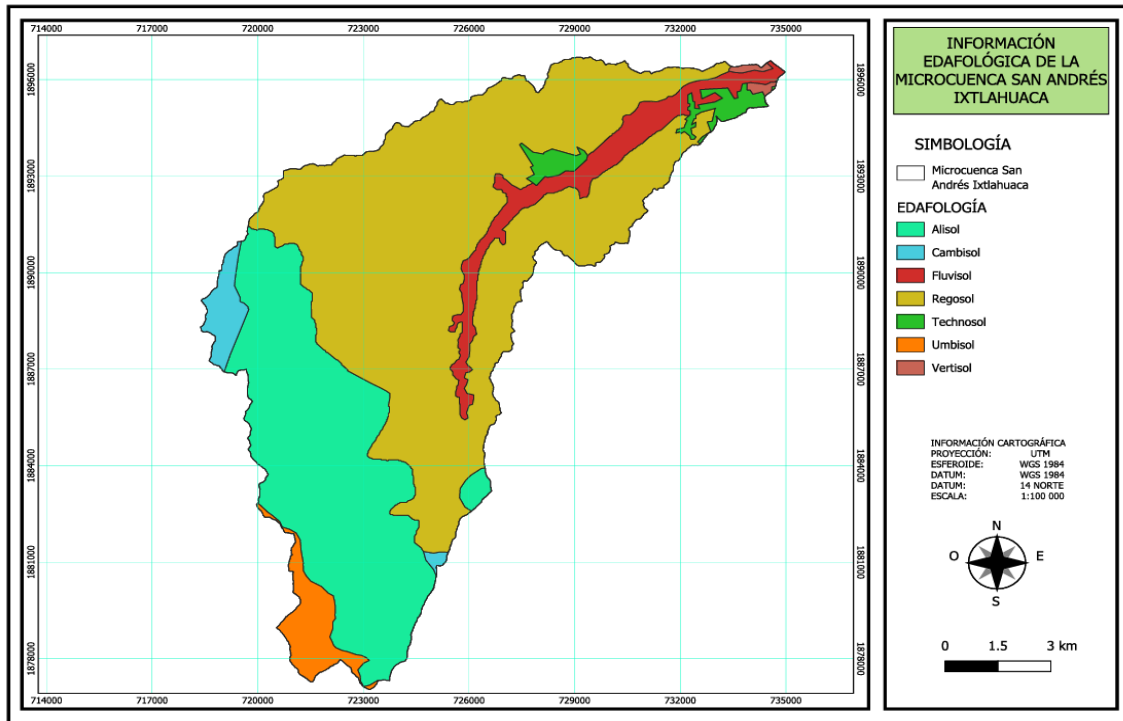


Figura 8. Información edafológica de la microcuenca San Andrés Ixtlahuaca. Escala 1:250,000. Fuente: INEGI, Carta Edafológica, Serie III H1102, 2025.

III.6.9. Uso de suelo y vegetación

De manera general, la mayor parte del área está destinada a la vegetación natural. Con mayor presencia se encuentra la vegetación secundaria arbustiva de bosque de encino con 18.40%, la que sigue es vegetación secundaria arbórea de bosque de pino-encino con 15.62% y bosque de pino-encino con 13.77% (Cuadro 11). Dichos estratos de vegetación son pertenecientes a las áreas con mayor altitud y con poblaciones reducidas. Mientras que para la parte con altitudes menores es común la presencia asentamientos humanos más poblados y por consecuencia la existencia de áreas destinadas a la agricultura (Figura 9).

Cuadro 11. Uso de suelo y vegetación de la microcuenca

Uso de suelo y vegetación	Superficie (ha)	%
Asentamientos humanos	63.403	0.46
Bosque de pino-encino	1,896.23	13.78
Pastizal inducido	1,500.70	10.90
Agricultura de riego anual	206.36	1.50
Agricultura de riego anual y semipermanente	673.827	4.90
Agricultura de temporal anual	2,296.89	16.69
Vegetación secundaria arbustiva de bosque de pino	607.02	4.41
Vegetación secundaria arbustiva de bosque de pino-encino	406.01	2.95
Vegetación secundaria arbórea de bosque de pino-encino	2,664.76	19.36
Vegetación secundaria arbustiva de bosque de encino	2,585.73	18.79
Vegetación secundaria arbustiva de bosque de encino-pino	862.50	6.27
Total	13,763.414	100.000

Fuente: INEGI, Uso de suelo y vegetación Serie VII, 2021

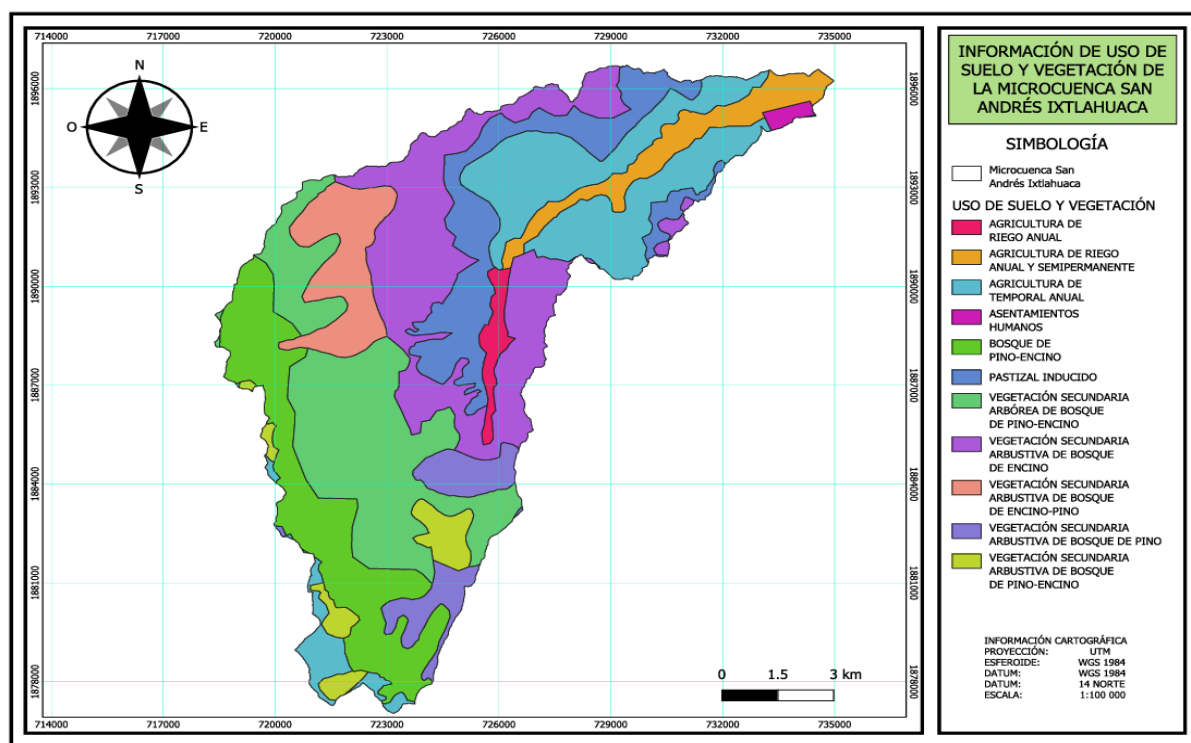


Figura 9. Información de uso de suelo de la microcuenca San Andrés Ixtlahuaca. Escala 1:250,000. Fuente: INEGI, Carta Uso del suelo y vegetación, Serie VII, 2021.

III.7 ANÁLISIS CLIMÁTICO Y ESPACIAL DEL ÁREA DE ESTUDIO

Las variables climáticas son fundamentales para comprender el entorno del área de estudio, influyendo directamente en actividades como la agricultura, capacidad de recursos hídricos, planificación urbana y la salud de los ecosistemas. A través del portal de (CONAGUA, 2024), se descargaron los datos de nueve estaciones meteorológicas, donde las variables a utilizar son el promedio de acumulación de precipitación anual y el promedio de temperatura anual. Posteriormente la información fue recolectada en un documento Excel Csv clasificándola para cada estación, adjunto a esto, se añadieron las coordenadas de cada estación meteorológica (Figura 10).

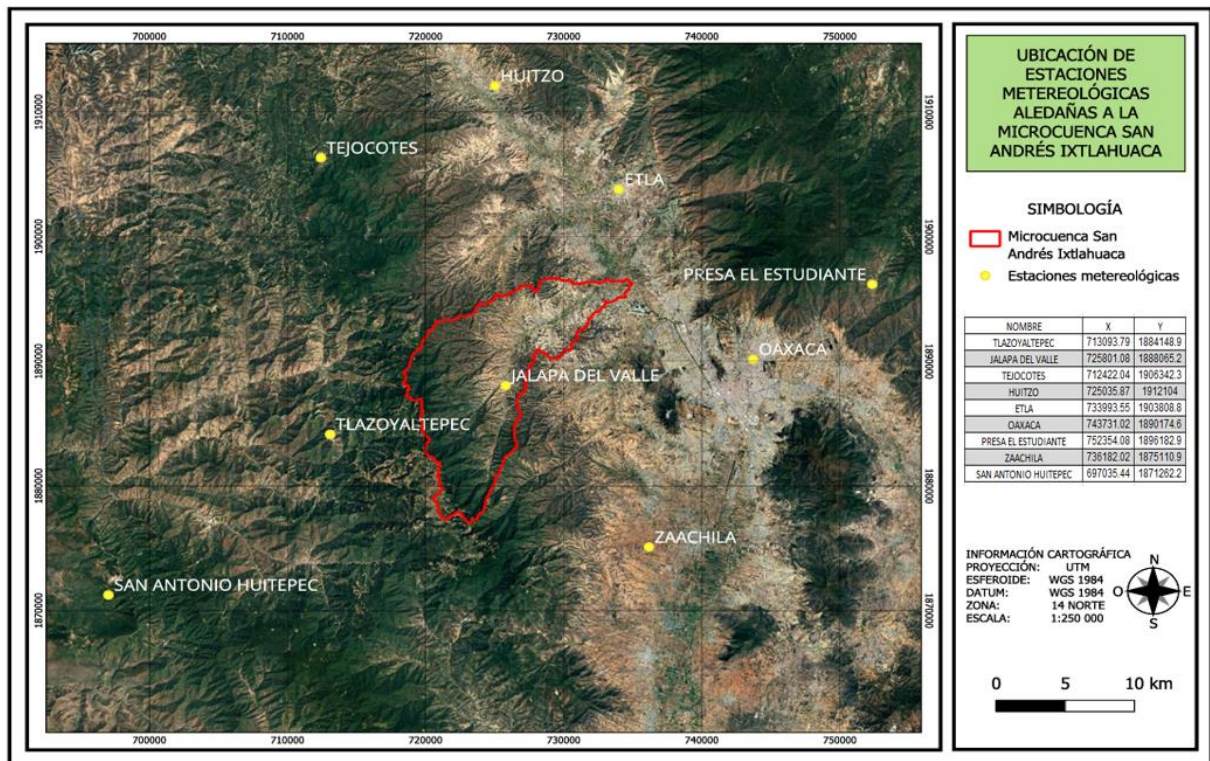


Figura 10. Ubicación de estaciones meteorológicas aledañas de la microcuenca San Andrés Ixtlahuaca. Escala 1:250,000. Fuente: CONAGUA, Base de datos climatológica nacional, 2024.

Una vez realizado esto, en Qgis se creó una capa de texto delimitado, utilizando como referencia las coordenadas de las estaciones, obteniendo un “shape” de la ubicación e información de variables climáticas (

Cuadro 12).

Cuadro 12. Información climatológica mensual y anual promedio

VARIABLE	NOMBRE	X	Y	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	PROMEDIO ANUAL
PP	Tlaxoyaltepec	713093.791	1884148.88	3.3	3.8	14.7	30	84.2	190.4	159.7	164.8	194.2	122.8	45	4.6	880.8
PP	Jalapa del Valle	725801.078	1888065.18	2.2	5	11.8	43.3	85	159.1	127.6	134.2	152.5	55.7	8.8	4	732.7
PP	Tejocotes	712422.036	1906342.32	4.4	7.2	16.8	37.8	81.1	165.4	135.5	134.4	151.3	53.4	14.6	3.3	690.1
PP	Huitzo	725035.875	1912103.98	1.6	6.9	6.7	33	71.6	135.2	107.3	124.3	139.8	47.3	7.1	1.7	641
PP	Etlá	733993.551	1903808.82	4.5	5.9	10	35.2	64.3	141.1	135.9	127.6	128.6	54.8	13.7	6.6	682.5
PP	Oaxaca	743731.017	1890174.61	2.9	5	13.2	42.2	84.5	174.3	114.4	115.6	149	50.2	8.7	6	716.3
PP	Presa del estudiante	752354.084	1896182.87	2.1	4.4	9.2	30.6	73.7	149.1	98.2	133.2	118.4	50	5.8	4.5	629.6
PP	Zaachila	736182.016	1875110.88	1.1	7.9	18.1	40	85.8	145.2	107.9	118.8	139.9	48	20.3	2.7	651
PP	San Antonio Huitepec	697035.441	1871262.15	9.1	13.2	7.3	15.7	50.7	199.4	155	163.1	176.4	66.3	39.5	43.9	668.1
TEMP	Tlaxoyaltepec	713093.791	1884148.88	14.6	15.5	16.7	17.7	18.2	16.7	15.8	15.8	15.5	15.1	14.2	14	16
TEMP	Jalapa del Valle	725801.078	1888065.18	16.5	17.7	19.6	21	21.4	20.4	19.4	19.5	19.4	18.7	17.5	16.7	18.9
TEMP	Tejocotes	712422.036	1906342.32	14.7	16.5	18.2	19.4	19.4	17.8	16.6	16.8	16.7	16.3	15.4	14.8	17.1
TEMP	Huitzo	725035.875	1912103.98	17.3	18.6	19.9	21.9	22.3	21.5	20.7	20.1	20.2	19.5	18.1	17.3	19.7
TEMP	Etlá	733993.551	1903808.82	16.9	18.1	20.3	22	22.7	21.7	20.8	20.7	20.5	19.4	18.1	17.2	19.8
TEMP	Oaxaca	743731.017	1890174.61	18.6	20.2	22.5	24.2	24.4	22.9	22.1	22	21.8	21	19.6	18.6	21.4
TEMP	Presa del estudiante	752354.084	1896182.87	18.3	19	20.6	22.1	22.4	21	20.7	20.7	20.5	20.3	19.7	18.5	20.3
TEMP	Zaachila	736182.016	1875110.88	17.6	19.6	20.8	22.4	23.4	22.3	21.6	21.5	21.4	20.3	19	17.6	20.5
TEMP	San Antonio Huitepec	697035.441	1871262.15	15.2	15.8	15.7	16.8	16.9	16.1	17.1	16.7	15.2	15.7	15.5	15.2	16

Fuente: CONAGUA, Precipitaciones y temperaturas medias anuales,2024

III.7.1. Interpolación

La herramienta “Interpolación IDW” se utiliza para estimar valores en áreas desconocidas partiendo de datos conocidos. Es decir, se estiman los valores de las variables climáticas para áreas en donde no existen estaciones meteorológicas. Para el proceso de interpolación se utilizaron las capas “shape” de las estaciones meteorológicas, definiendo los valores promedio anuales como atributo de interpolación y con un tamaño de pixel de 15m x 15m. Dando como resultado capas ráster de estimación.

Con la herramienta estadísticas zonales, se adquirieron los estadísticos para las variables de temperatura y precipitación proveniente de las interpolaciones, los resultados arrojados explican a los valores que existen únicamente dentro de la microcuenca.

III.7.2. Evapotranspiración anual de Turc

Una vez con las capas ráster de precipitación media y temperatura media es posible obtener una capa de evapotranspiración. Para esto se utilizó el documento de evapotranspiración propuesto por (Sánchez, 2001), para la obtención del valor de evapotranspiración y su interpretación en el área de estudio. Mediante la calculadora ráster se aplicó la fórmula de Turc. El desarrollo de la formula elabora una capa ráster, la cual permite apreciar las cantidades de evapotranspiración anuales que existen dentro del área de estudio.

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

Dónde:

ETR: Evapotranspiración real (mm/año)

P: Precipitación (mm/año)

L: $300 + 25 \times t + 0.05 \times t^3$

t: Temperatura anual (°C)

III.7.3. Evapotranspiración mensual

Derivado de la información recolectada de las estaciones meteorológicas y las variables precipitación y temperatura, En un documento Excel es posible determinar la evapotranspiración con la fórmula de Turc utilizando las lecturas promedio mensuales de las variables climáticas y obtener la evapotranspiración a nivel mensual y nivel anual para cada una de las estaciones.

III.7.4. Climograma

Se realizó únicamente para la estación que cae dentro del área de estudio, recopilando información de las variables precipitación media, temperatura media y

evapotranspiración con su respectivo valor mensual. Representando de manera visual el comportamiento de las variables climáticas promedio a lo largo de un año, permitiendo analizar las características y clasificar los fenómenos climáticos del área de interés.

III.7.5. Periodo de retorno con precipitaciones máximas y promedio.

Para el periodo de retorno fue necesario extraer la base de datos de precipitaciones diarias de la estación San Felipe Tejalapam, la cual comprende lecturas de 1963 a 2024. Con el uso de tablas dinámicas se filtraron los valores máximos de precipitaciones para cada mes durante los 62 años y añadiendo su respectivo orden, permitiendo determinar los periodos de retorno para cada uno de los años.

Asimismo, se corrieron dos modelos de regresión logarítmicos con las precipitaciones máximas y promedio ordenadas de mayor a menor y su respectivo periodo de retorno. Dicho proceso permite extraer los coeficientes de regresión y poder realizar estimaciones de eventos de precipitaciones para grandes lapsos de tiempo a futuro.

$$PP = Y \times LN(Tr) + X$$

Dónde:

PP: Precipitación estimada (mm)

Y: Coeficiente de regresión

X: Coeficiente de regresión

LN(Tr): Logaritmo natural de periodo de retorno

III.7.6. Coeficiente de escurrimiento

A partir de la capa de edafología con escala se define el valor de gruesa, mediana o fina según el grupo en el que se encuentre el suelo. Posteriormente junto con la capa de uso de suelo y vegetación realiza una intersección. Después se asignan los valores de K ya establecidos en la NOM-011-CONAGUA-2015, (DOF, 2015)

analizando las texturas del suelo y la descripción de uso de suelo y vegetación. Donde la formula a utilizar es:

$$Ce = \frac{K \times (P - 250)}{2000} + (K - 0.15)/1.5$$

Dónde:

Ce: Coeficiente de escurrimiento

K: Valor K en función del tipo y uso de suelo

P: Precipitación media (mm)

El valor de K se rasteriza¹ y después se corre la ecuación para el coeficiente de escurrimiento con la calculadora ráster.

III.7.7. Volumen de escurrimiento

Se creó un campo nuevo para las estadísticas zonales y se le asigna el valor del coeficiente de escurrimiento y se multiplica por la precipitación media anual.

$$Ve = Ce \times PPmed$$

Dónde:

Ce: Coeficiente de escurrimiento

PP: Precipitación media anual (mm)

III.7.8. Infiltración

De la misma capa de estadísticas zonales se agrega un campo donde se corre la fórmula:

$$I = PPmed - Ve$$

¹ Rasterizar es un procedimiento común en SIG que convierte una capa vectorial en una capa ráster sobre la base de un campo numérico de la tabla de atributos

Dónde:

PPmed: Precipitación media

Ve: Volumen de escurrimiento

III.7.9. Tiempo de concentración

Con el apoyo del documento de cálculo de gasto o caudal, elaborado por (Cadena, 1998) se utilizaron las fórmulas e interpretación de la información recabada. Donde se aplicaron variables de altitudes del cauce principal y su desnivel.

$$tc = 0.0663 \times \left[\frac{L}{\sqrt{Sc}} \right]^{0.77}$$

Dónde:

tc: Tiempo de concentración en horas.

L: Longitud del cauce principal, definido como el de mayor recorrido

Sc: Pendiente de la cuenca adimensional, e igual al cociente H/L.

H: Diferencia de elevaciones entre el punto más remoto de la cuenca y su salida

III.7.10. Intensidad de lluvia

Continuando con la metodología, se utilizaron valores de precipitaciones máximas estimadas para periodos de retorno de 10 años provenientes de la estación Jalapa del Valle y el tiempo de concentración.

$$I = \frac{P}{Tc}$$

Dónde:

I: Intensidad de lluvia (mm/h)

P: Precipitación (mm)

Tc: Tiempo de concentración (hrs)

III.7.11. Gasto

El cálculo de gasto determina el número de m³/segundo que desembocan por el cauce principal. Finalmente, con los valores determinados anteriormente se sustituyen con la formula.

$$Q = \frac{CIA}{360}$$

Dónde:

Q: Caudal (m³/seg)

I: Intensidad de lluvia (mm/h)

A: Superficie de la microcuenca (ha)

C: Coeficiente de escorrentía

III.8 DIAGNOSTICO DE EROSIÓN HÍDRICA DE LA MICROCUENCA

Se utilizó la metodología del documento de Ecuación Universal de Pérdidas de Suelo (EUPS) formulada inicialmente por (Wischmeier y Smith, 1965) y descrita por (Montes *et.al.*, 2011) aplicable para el territorio mexicano. Los procesos a realizar estiman las pérdidas de suelo promedio por año.

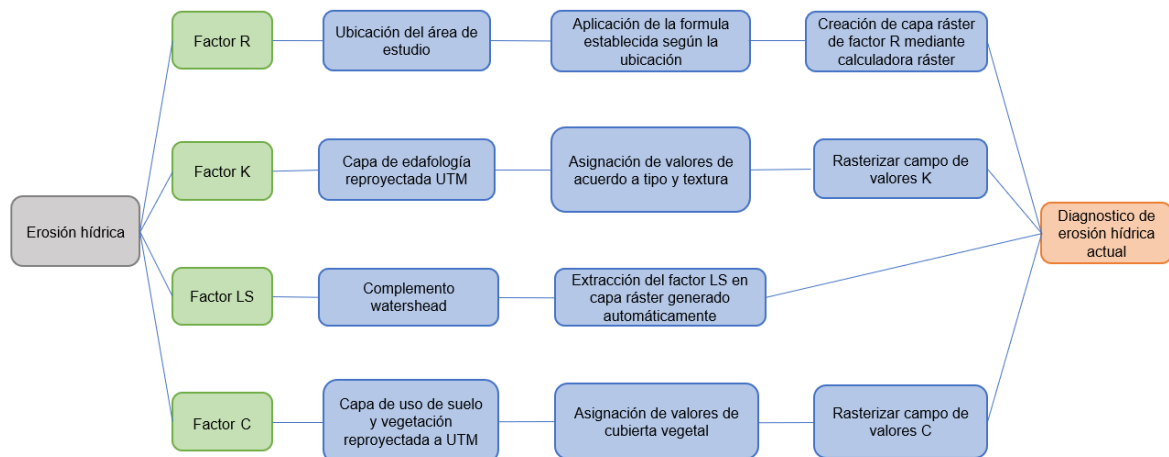


Figura 11. Diagrama de flujo para determinar erosión hídrica

III.8.1. Factor R

Cortes (1991) y descrita por (Montes *et.al.*, 2011), reporta un mapa de isoerosividad para la república mexicana, el cual se denomina factor R, este consiste en ubicar en que zona se encuentra el área de estudio y aplicar la fórmula establecida con la calculadora ráster.

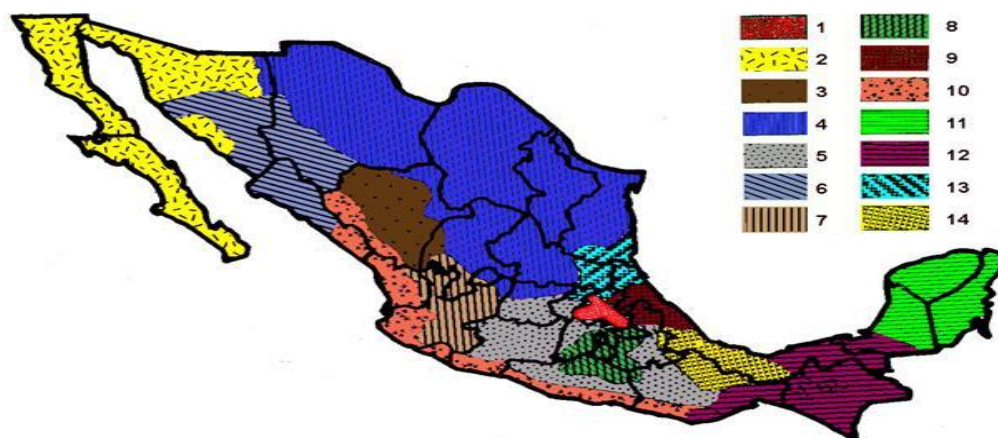


Figura 12. Mapa de Isoerosividad para la República Mexicana. Autor: Cortez, 1991.

Cuadro 13. Ecuaciones para estimar la erosividad de la lluvia (R) en las diferentes regiones del país

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: *Ecuaciones de Erosividad de la lluvia (R)*, Autor: Cortez, 1991

Obteniendo la ubicación se establece que la formula a aplicar es:

$$R = 3.4880 \times P - 0.00088 \times P^2$$

Dónde:

R: Factor de erosividad d la lluvia (MJ mm / ha hr año)

P: Precipitación media anual (mm)

III.8.2. Factor K

El factor K se determina agrupando los órdenes y el grupo de los suelos, el proceso se realiza con la capa de edafología y asignando los valores de K pertenecientes a su textura (Gruesa, mediana y fina), posteriormente se asignarán a sus suelos correspondientes.

Cuadro 14. Valores del factor K, para cada tipo de Suelo.

Orden	Textura			Orden	Textura			Ordenes de suelos	
	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

Orden	Textura			Orden	Textura			Ordenes de suelos	
	G	M	F		G	M	F		
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

Orden	Textura			Orden	Textura			Ordenes de suelos	
	G	M	F		G	M	F		
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	ARENOSILES	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	REGOSILES	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	OLONETZ	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	ANDOSILES	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	VERTISILES	V
Lk	0.026	0.04	0.013	Zt	0.053	0.079	0.026		

Fuente: Valores del Factor K

Finalmente, los valores de K establecidos en la tabla de atributos serán rasterizados.

III.8.3. Factor LS

Derivado de la herramienta r.watershead se obtiene automáticamente una capa ráster con el factor LS, el cual explica el factor de longitud de pendiente y factor de pendiente

III.8.4. Factor C

Se utilizó la tabla propuesta por (Montes *et.al.*, 2011) donde se identificaron los valores de C de acuerdo a la cobertura vegetal que existe en el área de estudio, posteriormente se rasterizan los valores de C. obteniendo una imagen que representa a la cobertura vegetal.

Cuadro 15. Valores del Factor C de acuerdo a la cubierta vegetal

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 del Factor C.

III.8.5. Erosión hídrica

Finalmente, el proceso a realizar es una multiplicación con la calculadora ráster con todos los factores determinados. Obteniendo como resultado una imagen ráster con valores de erosión hídrica dentro del área. La fórmula a utilizar es:

$$EH = R \times K \times LS \times C$$

Dónde:

EH: Erosión hídrica

R: Factor de erosividad por lluvia

K: Factor de erosionabilidad del suelo

LS: Factor de longitud de la pendiente y factor de grado de pendiente

C: Factor de uso y manejo del suelo y vegetación

III.9 DIAGNOSTICO DE EROSIÓN EÓLICA DE LA MICROCUENCA

La metodología a utilizar es la descrita en el documento (SEDUE,1988), donde con procesos de calculadora ráster se sustituyeron valores de la capa de precipitación y se adaptó la formula.



Figura 13. Diagrama de flujo para determinar erosión eólica

III.9.1. Periodo de crecimiento

El periodo de crecimiento (PECRE) se define como el número de días al año en que existe disponibilidad de agua y temperatura que es beneficiosa para el desarrollo de un cultivo.

$$PECRE = 0.2408 \times PP - 0.0000372 (PP)^2 - 33.1019$$

Dónde:

PECRE: Periodo de crecimiento

PP: Precipitación media anual

III.9.2. Índice de agresividad de la lluvia

$$IALLU = 1.1244 \times PECRE - 14.7875$$

Dónde:

IALLU: Índice de agresividad de la lluvia

PECRE: Periodo de crecimiento

III.9.3. Índice de agresividad del viento

$$IAVIE = 160.8252 - 0.7660 \times PECRE$$

Dónde:

IAVIE. Índice de agresividad del viento

PECRE: Periodo de crecimiento

III.9.4. CATEX

Con la capa de edafología del área de estudio, se identifican los tipos de suelo, sus respectivas texturas y su limitante superficial física. Seguidamente con las tablas de suelos calcáreos se registran los que existen dentro del área y con la tabla CATEX, textura y fase de suelos calcáreos, que ya posee valores establecidos, lo que se hace es asignar los valores que existen en la microcuenca

De igual manera con las tablas Catex, textura y fase de suelos no calcáreos se asignan los valores a la tabla de atributos establecidos los valores de acuerdo a las características de los suelos, posteriormente el campo de CATEX se rasteriza.

III.9.5. CAUSO

Utilizando la capa de Uso de suelo y vegetación y con la tabla de CAUSO que posee información y valores de vegetación, se asignan para la información que posee la

microcuenca. Lo siguiente es realizar una rasterización del campo con los valores de CAUSO.

III.9.6. Erosión eólica

Finalmente, el proceso a realizar es una multiplicación con la calculadora ráster con todas las capas ráster determinadas. Obteniendo como resultado una imagen ráster con valores de erosión hídrica dentro del área. La fórmula a utilizar es:

$$EE = IAVIE \times CATEX \times CAUSO$$

Dónde:

EE: Erosión eólica

IAVIE: Índice de agresividad del viento

CATEX: Calificación de textura y fase

CAUSO: Calificación de uso de suelo

III.10 Índice de marginación por localidad

El análisis para índices de marginación por localidad fue conseguido por dos cartas del conjunto de datos vectoriales de información topográfica, agregando al sistema de información geográfica únicamente valores de puntos de cada localidad. Una vez identificados los puntos desde la página de índices de marginación, (CONAPO, 2020) se extrajo información en formato Excel sobre las poblaciones, esta información fue clasificada y recolectando únicamente las poblaciones que se encuentran dentro de la microcuenca.

III.11 Unidades de gestión ambiental

La delimitación de las UGAs se basó en superposición de capas, aplicando geoprocesos de intersecciones con las capas de topoformas, edafología, y uso de suelo y vegetación. Después de delimitar las UGAs se establecieron sus nombres de acuerdo a estas tres variables, sirviendo como identificador de su composición. Finalmente se calcularon las superficies para cada una.

La microcuenca al poseer condiciones distintas dentro de toda su área, y con el objetivo de conocer las condiciones de los polígonos generados, se realizan extracciones de información de capas vectoriales con la herramienta (Unir atributos por localización) y capas ráster con la herramienta (Estadísticas de zona).

Una vez obtenido los resultados por UGA, se exporta a un documento Excel. Con el uso de tablas dinámicas se crea un cuadro que concentra toda la base de datos y que automatiza la búsqueda para cada unidad. Permitiendo de esta manera obtener un contexto de las condiciones en las que se encuentra cada UGA.

III.11.1. Políticas de unidades de gestión ambiental

Mediante el uso del Manual de Ordenamiento Ecológico (SEMARNAT, 2006), se aplicaron los criterios de políticas de aprovechamiento sustentable, preservación, conservación y restauración, las cuales se refieren a:

- Aprovechamiento sustentable: áreas cuyas características son adecuadas para el uso y manejo de los recursos naturales, aplicándolo de manera beneficiosa para las localidades y previniendo impactos negativos al ambiente.
- Preservación: áreas naturales susceptibles a ser integradas al sistema nacional de áreas protegidas.
- Conservación: áreas o elementos naturales que sus usos actuales no interfieren con su función ecológica relevante

- Restauración: áreas que presentan procesos de deterioro ambiental agresivo, donde es necesario el implemento de actividades que contrarresten y promuevan la recuperación del área.

III.11.2. Análisis DAFO

El análisis de fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas, consiste en un análisis minucioso e identificar las condiciones de las UGAs, lo que ayuda a definir propuestas considerando todos los aspectos que la conforman.

Siguiendo con las políticas establecidas en el Manual de Ordenamiento Ecológico (SEMARNAT, 2006), se establecen los elementos que conforman el FODA, para esto se utiliza la información proveniente de la capa de unidades de uso potencial. De esta información se observan las existencias y los posibles usos que se pudiera asignar a las UGAS, adjunto a esto, se contemplan todas las variables provenientes de las capas vectoriales y ráster anteriormente utilizados y poder asignar las UGAs a su adecuada política.

III.11.3. Propuestas de estrategias por política

Partiendo de toda la información recabada para cada UGA, y contemplando su análisis DAFO, las UGAs son agrupadas según su política y se proponen actividades que buscan mejorar las condiciones de las áreas y promover al desarrollo de las localidades. Posteriormente se adjunta la cartografía de acuerdo a las políticas.

IV. RESULTADOS

La microcuenca San Andrés Ixtlahuaca ubicada al oeste de la capital del estado de Oaxaca posee 13,763.412 hectáreas y un perímetro de 72.509 kilómetros. Presenta una composición compleja dentro del área, la cual engloba elementos fisiográficos, morfológicos, climatológicos, edafológicos y usos de suelo. Dichos elementos influyen directamente en los procesos que existen en la unidad ambiental, convirtiéndolos en puntos clave para una óptima gestión ambiental y prevención de riesgos a futuro. A partir de un modelo digital de elevación representativo del área se definieron la mayoría de los parámetros.

IV.1 PARAMETROS MORFOMÉTRICOS

IV.1.1. Altitud

La variable altitud oscila entre 1579 msnm a 2804 msnm, lo que indica que la parte de suroeste del área de estudio alberga las zonas más altas, mientras que las zonas más bajas se encuentran en la zona noreste ocupando la mayor parte de la superficie del área de estudio (Figura 14).

Cuadro 16. Altitudes de la microcuenca

Clase	msnm
Mínima	1579
Media	1986.17
Máxima	2804

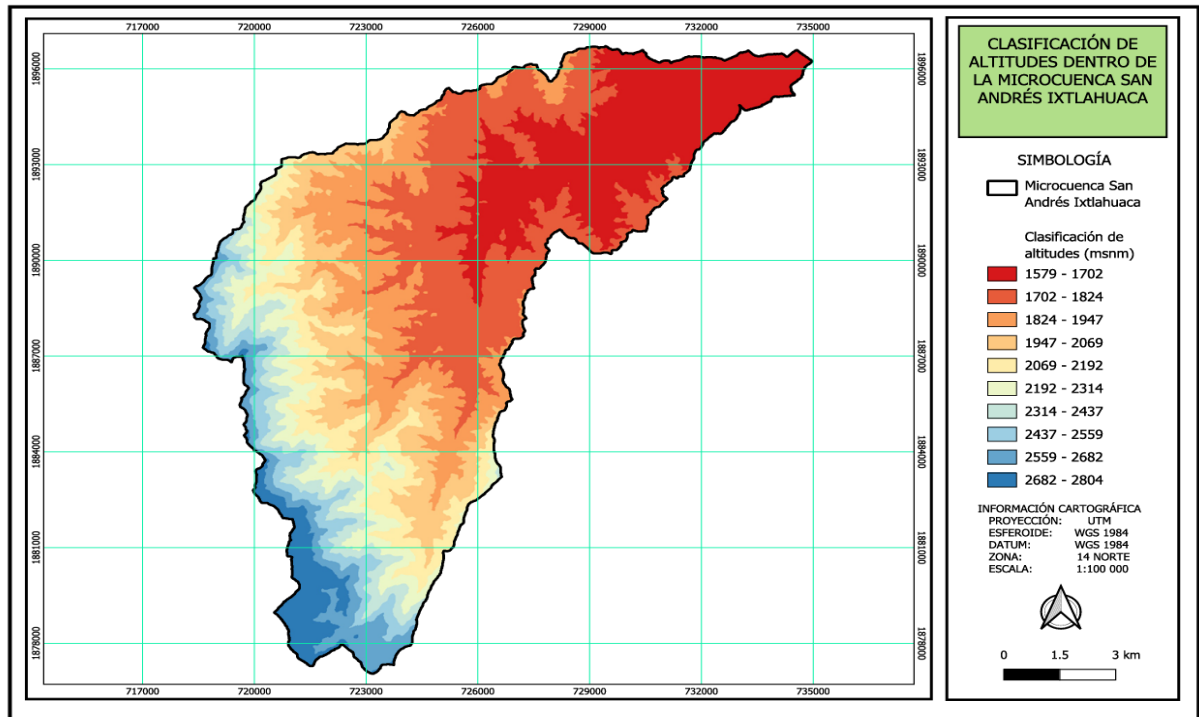


Figura 14. Mapa de altitudes de la microcuenca San Andrés Ixtlahuaca. Escala 1:100, 000.
 Fuente: Continuo de Elevaciones Mexicano

IV.1.2. Pendiente

Las pendientes encontradas fueron establecidas en porcentaje, alcanzando rangos de 0% donde no existe pendiente alguna y pendientes máximas de hasta 140.59% (Figura 15).

Cuadro 17. Pendientes de la microcuenca

Pendiente	%
Pendiente mínima	0
Pendiente media	33.36
Pendiente máxima	140.59

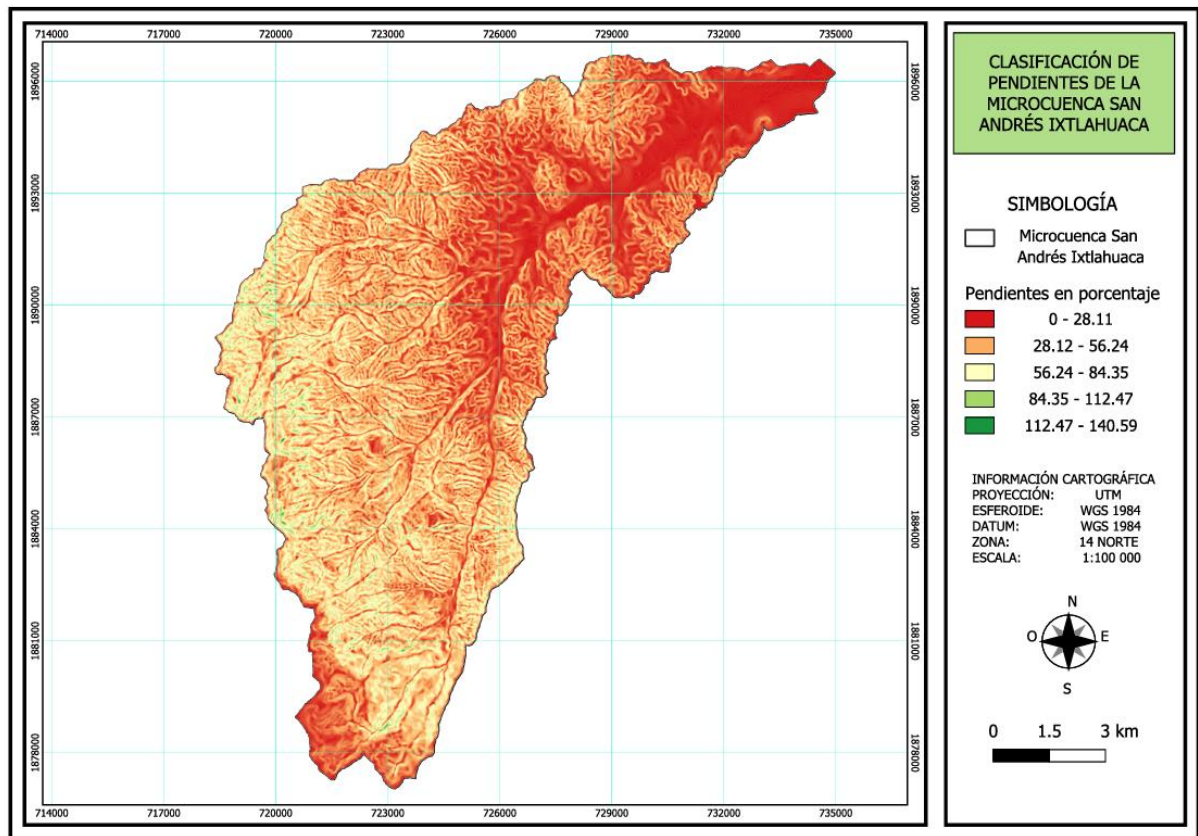


Figura 15. Clasificación de pendientes de la microcuenca San Andrés Ixtlahuaca. Escala 1:100, 000. Fuente: Continuo de Elevaciones Mexicano

La morfometría permite inferir sobre la información recabada mediante procesos establecidos, además de encontrar contexto del área y posibles escenarios a futuro.

Cuadro 18. Parámetros morfométricos de la microcuenca

Parámetros morfométricos	Resultado
Área de la microcuenca	13763.412 ha
Perímetro de la microcuenca	72.509 km
Ancho de la microcuenca (W)	5401.421 m
Desnivel altitudinal (DA)	1250 msnm
Índice de Gravelius (K)	1.742
Índice de Horton (RF)	0.312

De acuerdo con los parámetros, la microcuenca posee una forma alargada, además existe menor susceptibilidad a crecidas repentinas dado que la misma forma de la microcuenca aumenta el tiempo que tarda el agua en recorrer del punto más alto hasta el punto de desfogue.

Además, la misma orografía del área permite que exista una mejor capacidad de absorción de las precipitaciones, especialmente en áreas con altitudes bajas, las cuales se ven mayormente favorecidas.

La curva hipsométrica define que el área de estudio tiene presencia de ríos viejos. Donde el paisaje está dominado por pendientes maso menos suaves, el cual fue producto de millones de años que la erosión ha tenido alto impacto en elevaciones altas y rellenando las partes más bajas.

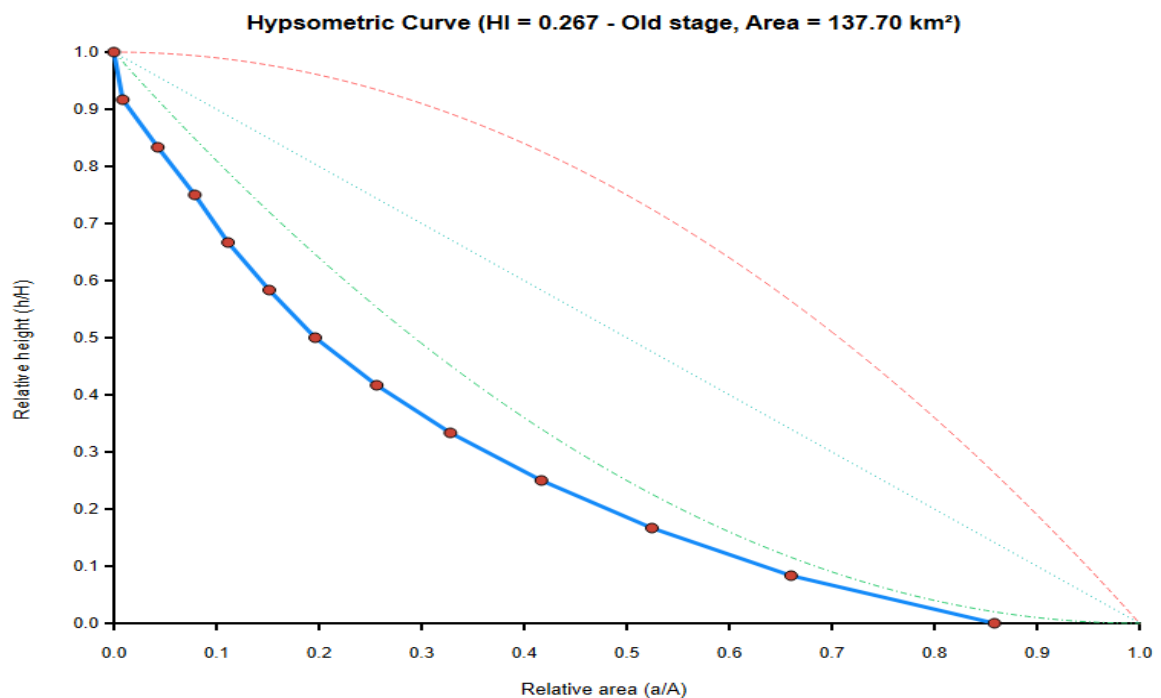


Figura 16. Curva hipsométrica de la microcuenca San Andrés Ixtlahuaca.

IV.2 PARÁMETROS HIDROLÓGICOS

IV.2.1. Red de drenaje pluvial

Se determinó que la red de drenaje pluvial tiene un total de 531 cauces que suman 271.81 kilómetros esparcidos por toda el área (Figura 17). Adjunto a esto, la forma de red de drenaje dentro de la microcuenca es dendrítica.

Cuadro 19. Información de causas microcuenca

Orden	Número	Longitud (km)
1	267	142.48
2	116	63.77
3	66	38.39
4	33	10.07
5	49	17.09
Total	531	271.81 Km

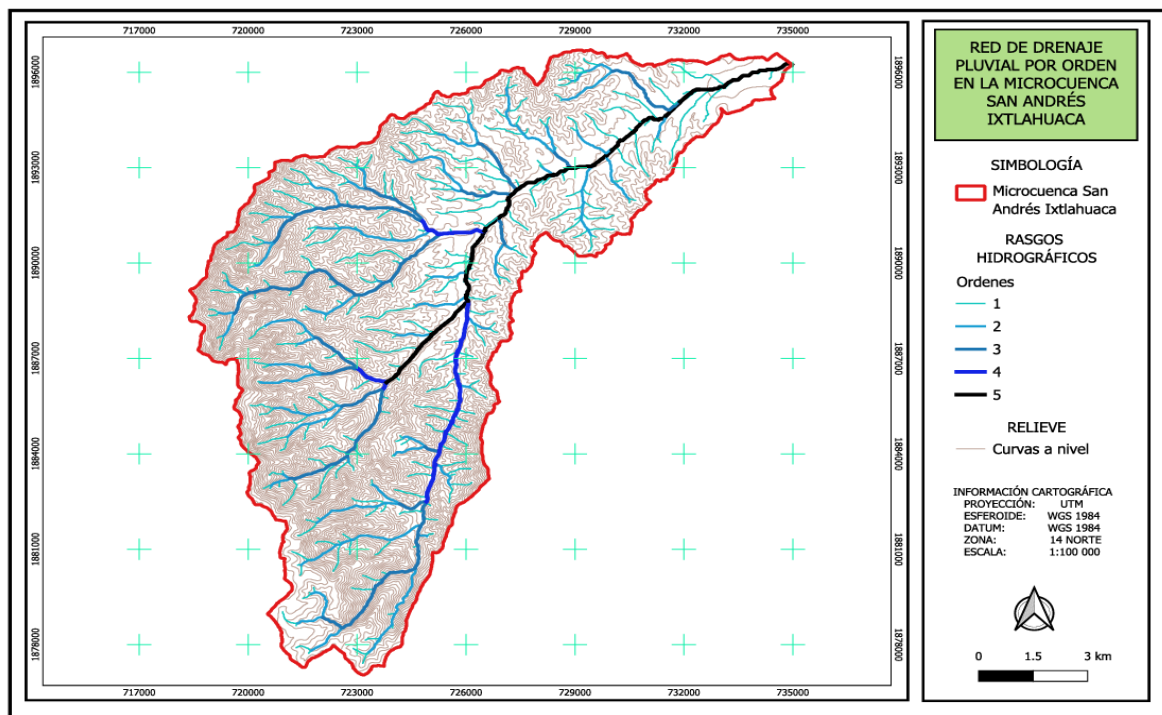


Figura 17. Red de drenaje pluvial microcuenca San Andrés Ixtlahuaca. Escala 1:100, 000

IV.2.2. Pendiente y altitudes del cauce principal

El cauce principal posee una extensión de 25.481 km con distintas altitudes y pendientes a su paso (Figura 18).

Cuadro 20. Altitudes y pendientes del cauce principal microcuenca

Altitud mínima (msnm)	Altitud media (msnm)	Altitud máxima (msnm)	Pendiente mínima (%)	Pendiente media (%)	Pendiente máxima (%)
1575	1790.58	2758	0	7.05	78.26

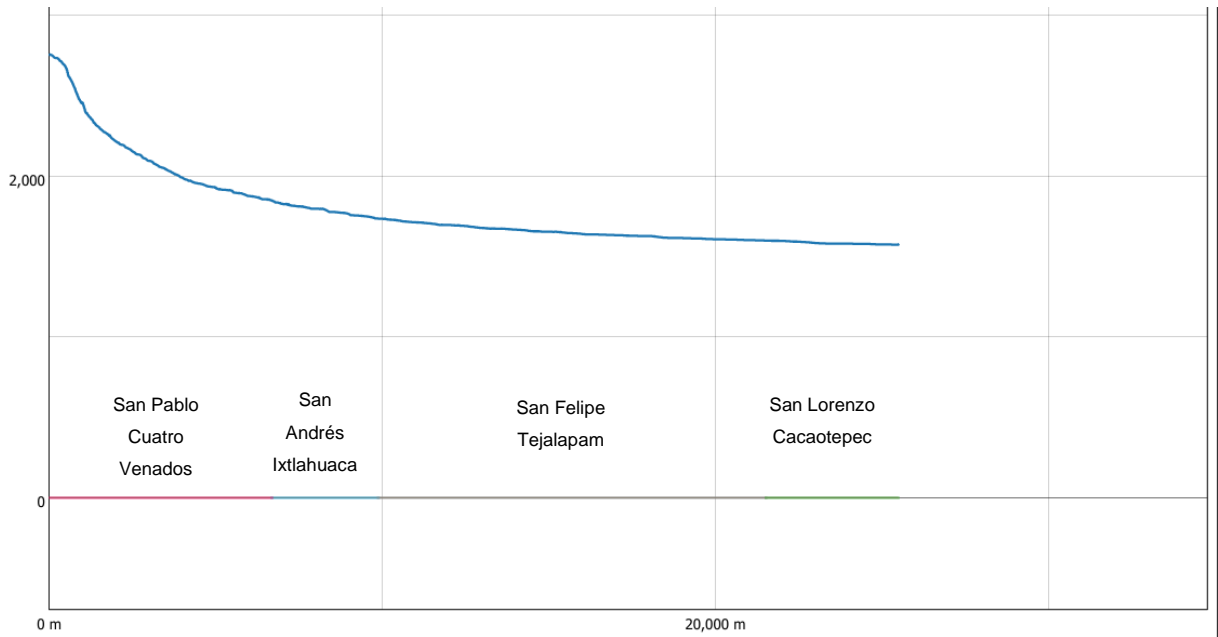


Figura 18. Perfil de elevación del cauce principal microcuenca San Andrés Ixtlahuaca

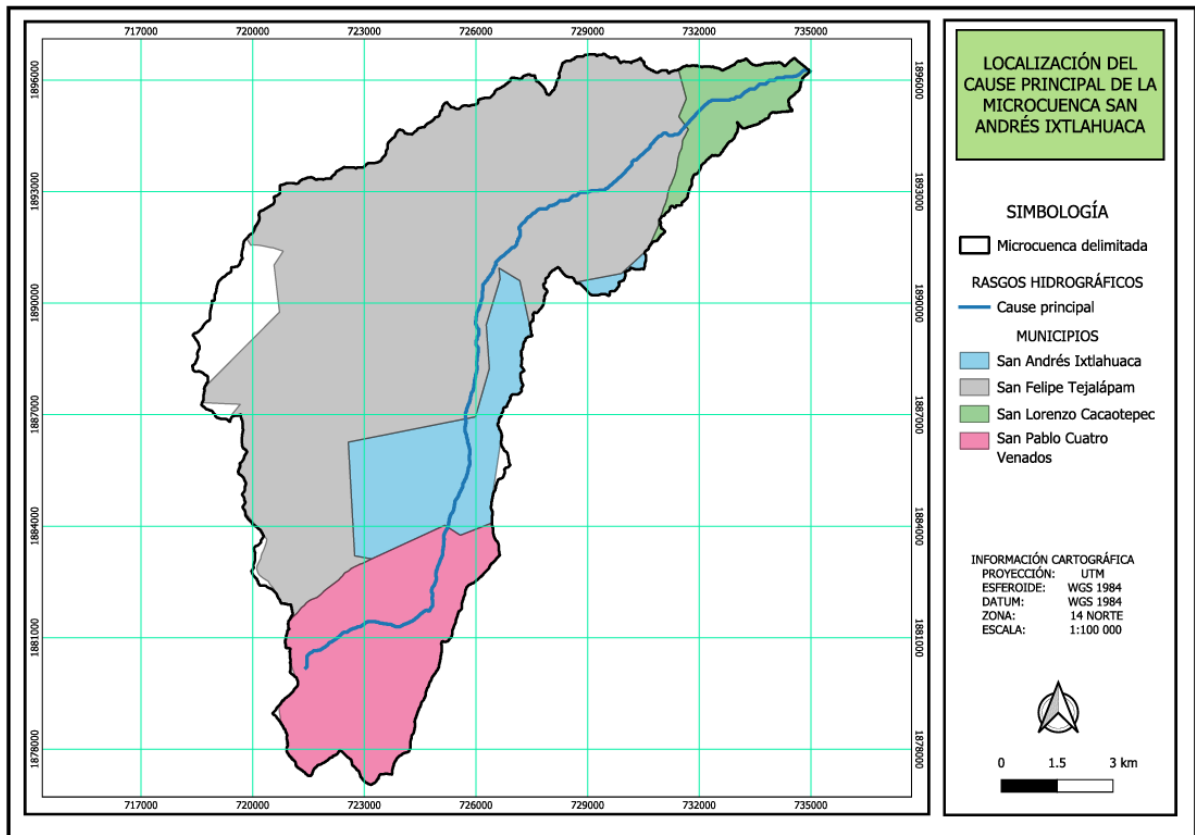


Figura 19. Extensión del cauce principal microcuenca San Andrés Ixtlahuaca. Escala 1:100,000. Fuente: INEGI. División política municipal, 2022

IV.2.3. Parámetros hidrológicos

Los parámetros hidrológicos ayudan a comprender el comportamiento de los recursos hídricos dentro de la microcuenca, se puede evaluar las condiciones de los cuerpos de agua y estimar las emisiones que genera, permitiendo así la evaluación del comportamiento humano y una buena gestión del recurso.

Cuadro 21. Parámetros hidrológicos de la microcuenca

Parámetros hidrológicos	Resultado
Densidad de drenaje (Dd)	19.748 (m/ha)
Número de cauces/ha (Nc)	0.038(cauces/ha)
Coeficiente de escurrimiento	0.149
Volumen de escurrimiento	109.995 mm
Infiltración (I)	624.285 mm
Tiempo de concentración (tc)	21.467
Intensidad de lluvia (I)	3.771 mm/h
Gasto (Q)	21.484 m3/seg

Se estima la presencia de 0.038 cauces/ha y aproximadamente 19.748 m de estos existen por hectárea. De igual manera se establece que la microcuenca San Andrés Ixtlahuaca produce 21.484 m³/seg que salen en el punto de desfogue para acontecimientos de precipitaciones extremas con periodo de retorno de 10 años.

IV.3 PARÁMETROS CLIMATOLÓGICOS

Con el uso de los datos de nueve estaciones meteorológicas, donde las variables a utilizar son el promedio de acumulación de precipitación anual y el promedio de temperatura anual se desglosan los resultados.

IV.3.1. Precipitación

Se obtuvo con la interpolación estimaciones de precipitaciones media anuales (Figura 20). La cual representa mayor presencia de lluvias para la zona suroeste en donde existe presencia de climas templados, por otro lado, en la parte noreste estima precipitaciones más bajas, en donde comienzan las zonas más pobladas.

Cuadro 22. Precipitaciones de la microcuenca

Variable climática	mm/año
Precipitación mínima	695.021
Precipitación media	734.280
Precipitación máxima	785.472

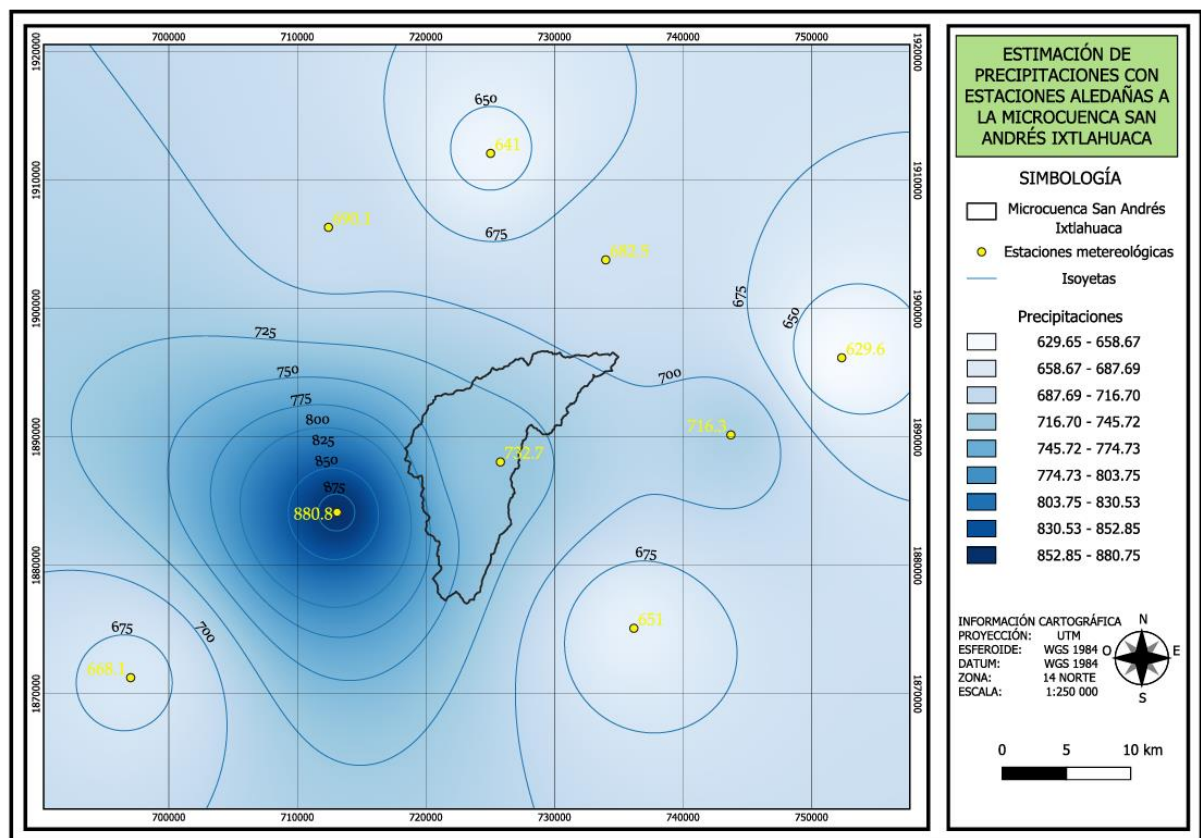


Figura 20. Estimación de precipitaciones de la microcuenca San Andrés Ixtlahuaca. Escala 1:250,000. Fuente: CONAGUA

IV.3.2. Temperatura

La variable temperatura dentro del área es de 18.9, sin embargo, existe influencia de temperaturas de 19.8 para la zona noreste, la cual tiene congruencia por la presencia cercana de la zona urbana de la Ciudad de Oaxaca (Figura 21). Para las partes de suroeste existen temperaturas bajas, principal característica del ecosistema templado que existen dentro de esas áreas.

Cuadro 23. Temperaturas de la microcuenca

Variable climática	°C
Temperatura mínima	17.668
Temperatura media	18.761
Temperatura máxima	19.771

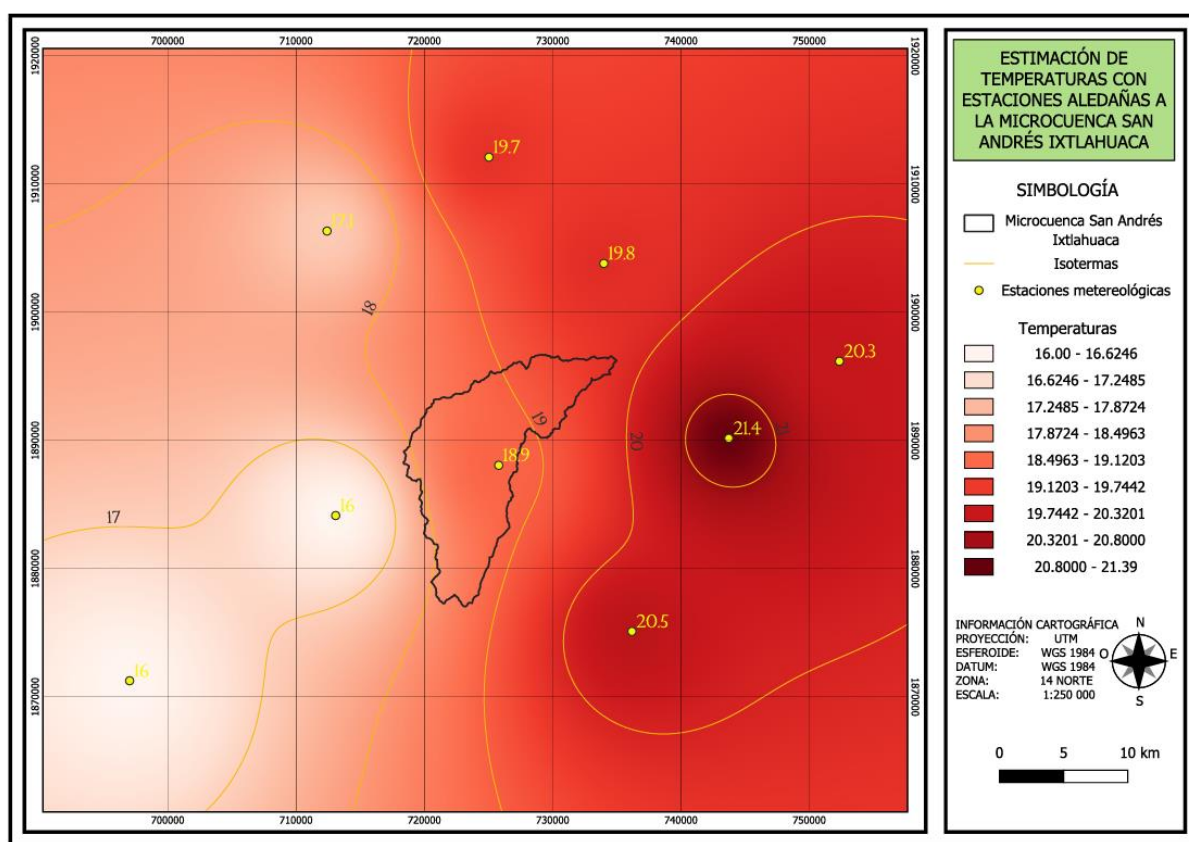


Figura 21. Estimación de temperatura de la microcuenca San Andrés Ixtlahuaca. Escala 1:250,000. Fuente: CONAGUA.

IV.3.3. Evapotranspiración

Se obtuvo la evapotranspiración a nivel mensual y nivel anual para cada una de las estaciones (Cuadro 24).

La evapotranspiración mensual es producto de las lecturas mensuales de precipitación y temperaturas aplicando la fórmula de Turc. En este caso la única estación meteorológica que hay dentro de la microcuenca es la de Jalapa del Valle, en donde se estima una evapotranspiración de 68.88 mm/mes.

Cuadro 24. Evapotranspiración promedio mensual para cada estación meteorológica

Nombre	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Media anual
Tlazoyaltepec	3.5	4.0	15.5	31.6	88.4	196.4	165.4	170.5	199.3	128.0	47.4	4.8	87.9
Jalapa del Valle	2.3	5.3	12.4	45.6	89.4	166.2	133.6	140.4	159.2	58.6	9.3	4.2	68.9
Tejocotes	4.6	7.6	17.7	39.8	85.3	171.9	141.2	140.1	157.3	56.2	15.4	3.5	70.0
Huitzo	1.7	7.3	7.1	34.8	75.4	141.7	112.7	130.3	146.3	49.8	7.5	1.8	59.7
Etla	4.7	6.2	10.5	37.1	67.7	147.8	142.3	133.7	134.8	57.7	14.4	7.0	63.7
Oaxaca	3.1	5.3	13.9	44.5	88.9	182.3	120.1	121.4	156.0	52.9	9.2	6.3	67.0
Presa del estudiante	2.2	4.6	9.7	32.2	77.6	156.0	103.2	139.5	124.2	52.7	6.1	4.7	59.4
Zaachila	1.2	8.3	19.1	42.1	90.3	152.2	113.3	124.7	146.6	50.6	21.4	2.8	64.4
San Antonio Huitepec	9.6	13.9	7.7	16.5	53.4	204.8	161.1	169.2	181.7	69.7	41.6	46.2	81.3

Por otro lado, la evapotranspiración a nivel general (utilizando las 9 estaciones meteorológicas) y contemplando únicamente la superficie del área de estudio se obtiene la evapotranspiración anual (Figura 22).

Cuadro 25. Evapotranspiración de la microcuenca

Variable climática	(mm/año)
Evapotranspiración mínima anual	621.635
Evapotranspiración media anual	632.422
Evapotranspiración máxima anual	642.205

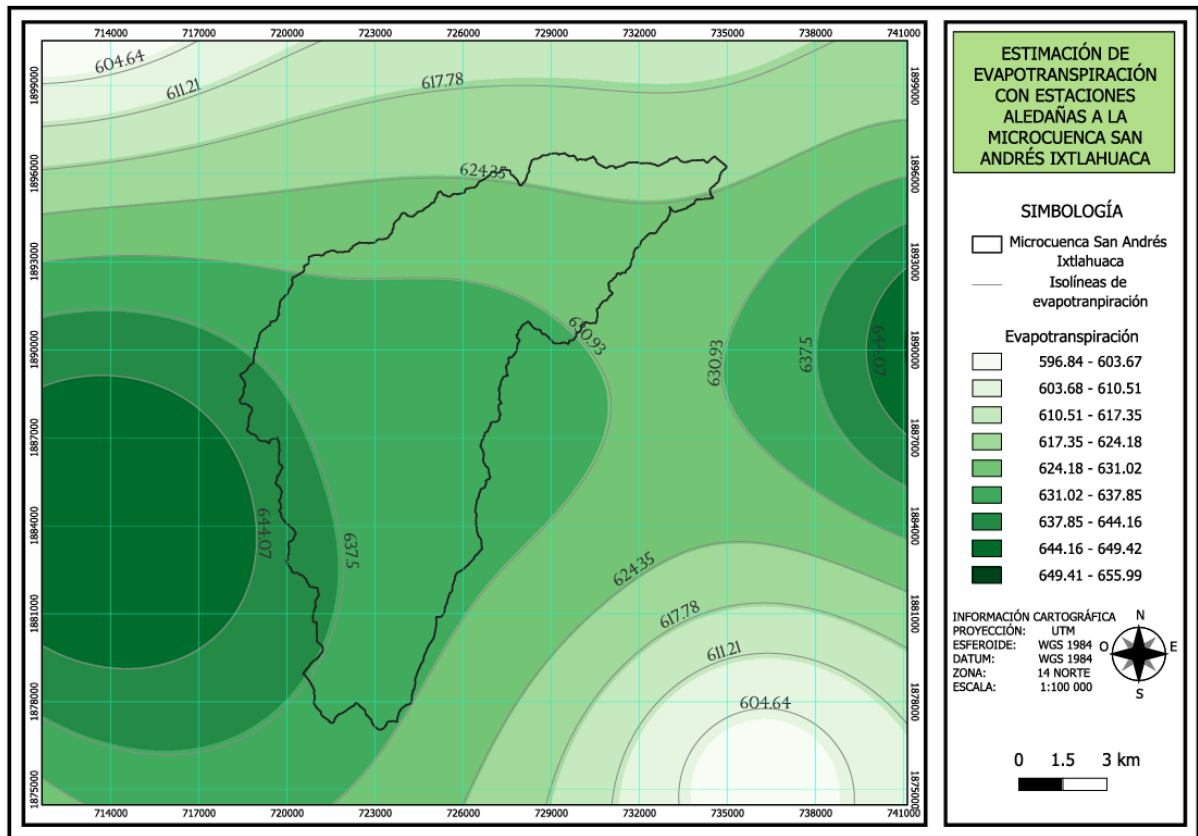


Figura 22. Evapotranspiración de la microcuenca San Andrés Ixtlahuaca. Escala 1:100,000

IV.3.4. Periodo de retorno con precipitaciones máximas

De datos de precipitaciones máximas en un lapso de 62 años se establece un modelo logarítmico que estima los periodos de retorno en que un acontecimiento extremo de precipitaciones registrado anteriormente, se pudiera presentar en cierto

lapso de años. Mediante el proceso de regresión se obtienen los coeficientes que son fundamentales para realizar las predicciones, así mismo su valor de R^2 que define el grado de efectividad en que el modelo estima los periodos de retorno.

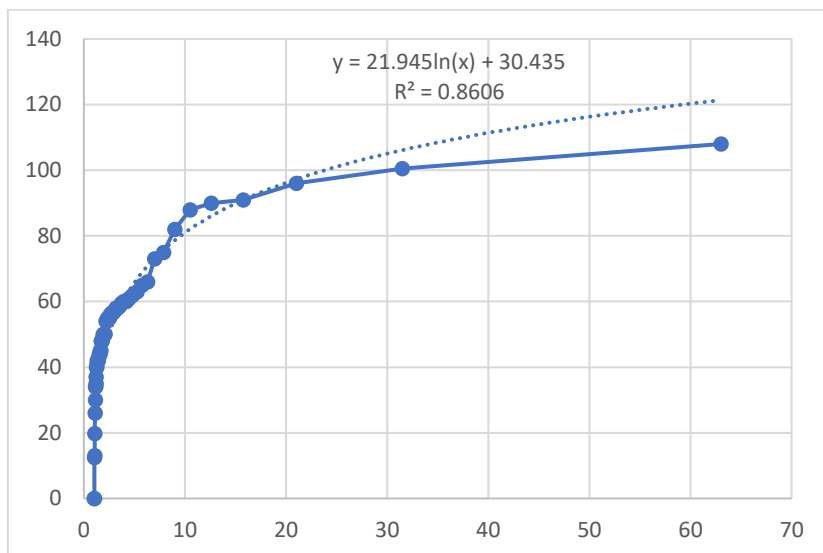


Figura 23. Distribución y curva de predicción de precipitaciones máximas.

Cuadro 26. Estimación de periodos de retorno con precipitaciones máximas.

Periodo de retorno	PP max
5	65.75
10	80.97
20	96.18
30	105.07
40	111.39
50	116.28
100	131.50
150	140.39
200	146.71
300	155.60
500	166.81

Fuente: CONAGUA

El modelo explica un 86% de la variabilidad de los datos (Figura 23). Se proyectaron a distintos lapsos, en los cuales la mayoría de estimaciones superan los 60 mm de agua, indicando que para los próximos años existe probabilidades de que la microcuenca San Andrés Ixtlahuaca se vea azotada por lluvias torrenciales (Cuadro 26).

IV.3.5. Periodo de retorno con precipitaciones promedio

En el caso de precipitaciones medias el modelo que mejor se adaptó a la distribución de los datos fue un modelo logarítmico que presenta una explicación del 60% de la variabilidad de los datos.

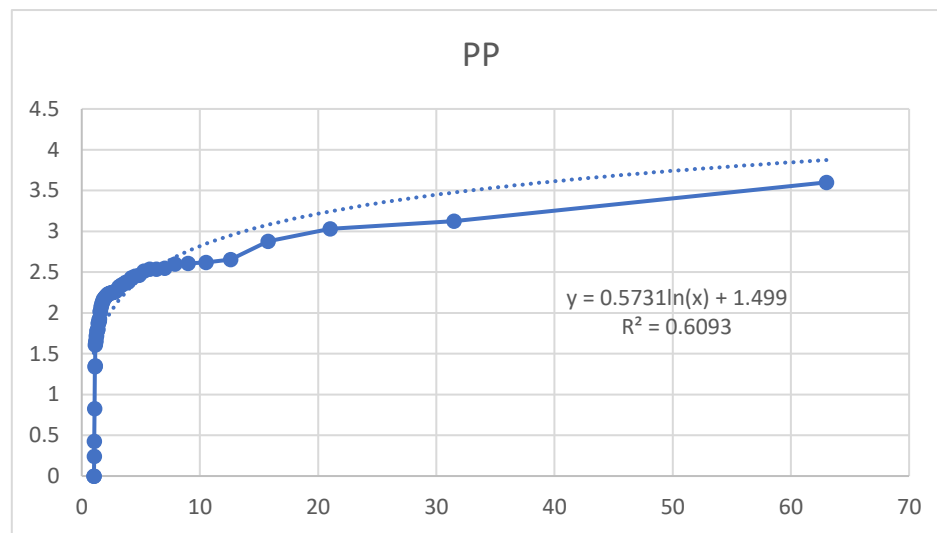


Figura 24. Distribución y curva de predicción de precipitaciones mínimas.

Cuadro 27. Estimación de periodos de retorno con precipitaciones mínimas.

Periodo de retorno	PP med
5	2.42
10	2.82
20	3.22
30	3.45
40	3.61
50	3.74
100	4.14
150	4.37
200	4.53
300	4.77
500	5.06

Fuente: CONAGUA

Las predicciones manifiestan precipitaciones moderadas para distintos lapsos de tiempo, lo que no implica un problema para los próximos años, pues en promedio se proyectan 3.38 mm (Cuadro 27).

De igual manera se debe de considerar que las precipitaciones que se presentan a lo largo del año son variables, ya que están fuertemente correlacionadas dependiendo de las estaciones del año.

IV.3.6. Climograma

Con la estación que Jalapa del Valle se recolecta la información de la estación y su respectivo cálculo para evapotranspiración.

**Cuadro 28. Información climatológica de la estación meteorológica Jalapa del Valle.
Fuente. CONAGUA.**

Mes	PP Media (mm)	TEMP Media (mm)	ETP Media (mm)
Ene	2.2	16.5	2.3
Feb	5	17.7	5.3
Mar	11.8	19.6	12.4
Abr	43.3	21	45.6
May	85	21.4	89.4
Jun	159.1	20.4	166.2
Jul	127.6	19.4	133.6
Ago	134.2	19.5	140.4
Sep	152.5	19.4	159.2
Oct	55.7	18.7	58.6
Nov	8.8	17.5	9.3
Dic	4	16.7	4.2

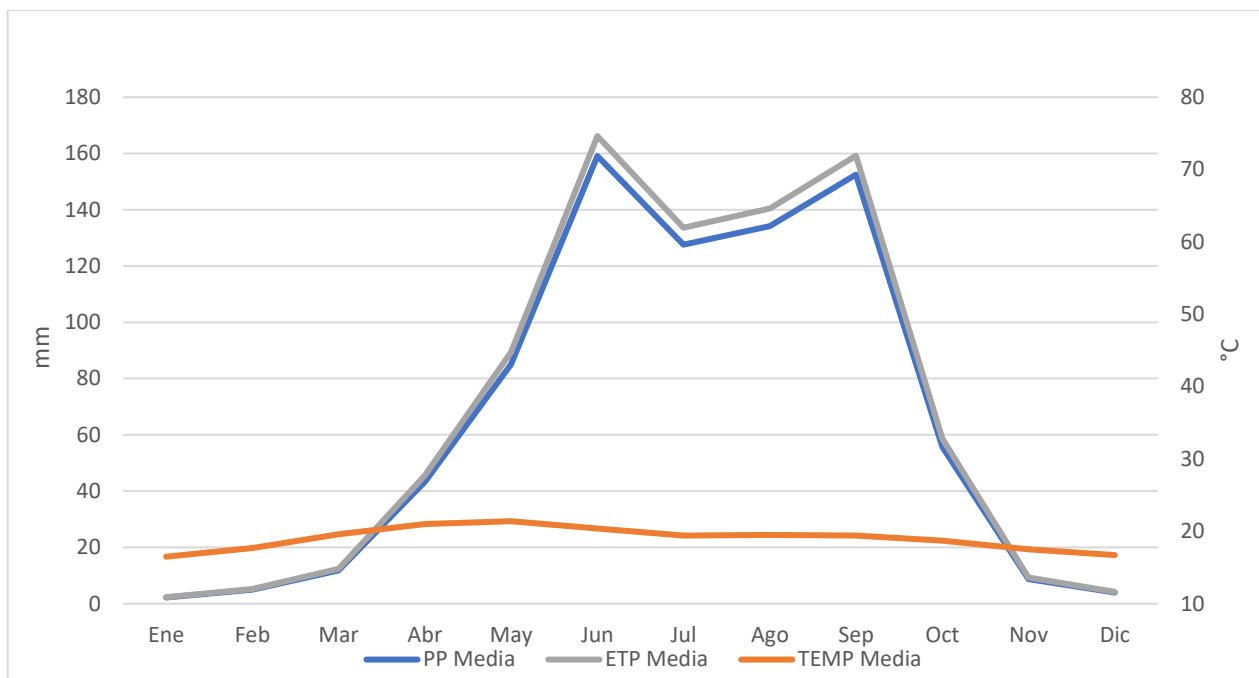


Figura 25. Climograma de la estación Jalapa del Valle. Fuente: CONAGUA, 2024

El climograma permite ver el comportamiento de las variables climatológicas dentro del área de estudio, lo cual permite obtener un contexto del comportamiento de estas variables durante los años, partiendo de antecedentes de hace 68 años (Figura 25).

La temperatura de la zona se encuentra en 18.98 °C promedio, sin embargo, la temperatura más alta suele presentarse de 21.4 °C para el mes de mayo. Las precipitaciones más altas se encuentran entre el mes de junio hasta el mes de septiembre, llegando a alcanzar los 159.1 milímetros.

Por otro lado, la evapotranspiración y las precipitaciones tienen una distribución casi semejante, siendo la evapotranspiración la variable con mayores valores, indicando que la evapotranspiración siempre supera a la precipitación. Esta distribución sugiere la existencia de un déficit hídrico en donde no hay suficiente agua disponible para escurrimiento ni infiltración al suelo. Esto está estrechamente relacionado a las condiciones del área y la baja disponibilidad de agua para la vegetación.

IV.4 Diagnóstico de erosión hídrica

El grado de erosión que domina la mayor parte del territorio se encuentra dentro del grado de incipiente con un 75.93%, el cual es representativo de zonas con vegetación de pino-encino y clima templado, posteriormente con un 11.14% el grado de moderada para áreas utilizadas para agricultura temporal (Figura 26).

Cuadro 29. Grados de erosión hídrica de la microcuenca

Grado de erosión	Rango de erosión (ton/ha/año)	Superficie (ha)
Incipiente	<5	10,247.4225
Ligera	5-10	811.35
Moderada	10-50	1,503.8325
Severa	50-200	915.93
Muy severa	>200	17.2125

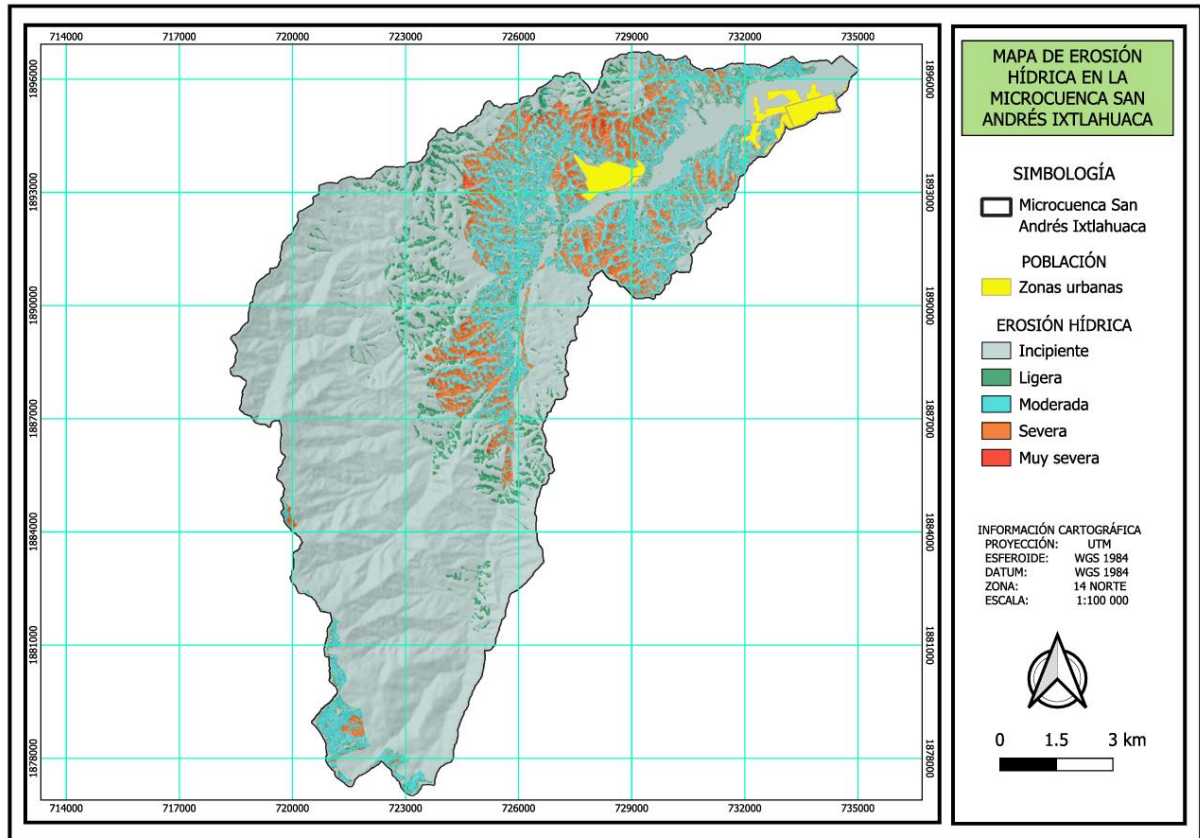


Figura 26. Erosión hídrica de la microcuenca San Andrés Ixtlahuaca.

Si bien los demás grados no poseen basta superficie, los grados ligeros, severa y muy severa se encuentran en su mayoría en las partes más bajas de microcuenca y cercanas a las zonas urbanas, siendo destinadas a pastizales inducidos, agricultura temporal y vegetación secundaria.

Evidentemente los grados de afectación se ve perjudicado por la vegetación y el uso que les ha dado las comunidades a esas tierras. Finalmente, las 267.66 has son pertenecientes a las áreas urbanas.

Considerando la mayor parte de la superficie, el área se encuentra con una etapa inicial y menos severa por procesos de degradación del suelo, sin embargo, el aumento de la población y malas estrategias con los recursos podría aumentar las probabilidades de erosión.

IV.5 Diagnóstico de erosión eólica

Existen 11,108.295 has con un grado de erosión ligera que representa el 80.720%, este grado se encuentra principalmente en vegetaciones de tipo boscosas, vegetación secundaria, pastizales y agricultura de riego anual y semipermanente (Figura 27). El grado de erosión eólica moderada abarca 2,068.155 hectáreas equivalente al 15.028% el cual está destinado a actividades de agricultura temporal anual (Cuadro 30).

Cuadro 30. Grados de erosión eólica de la microcuenca

Grado de erosión	Rango de erosión (ton/ha/año)	Superficie (ha)
Sin erosión	<12	444.06
Ligera	12-50	11,108.295
Moderada	50-100	2,068.155
Alta	100-200	140.895
Muy alta	>200	0

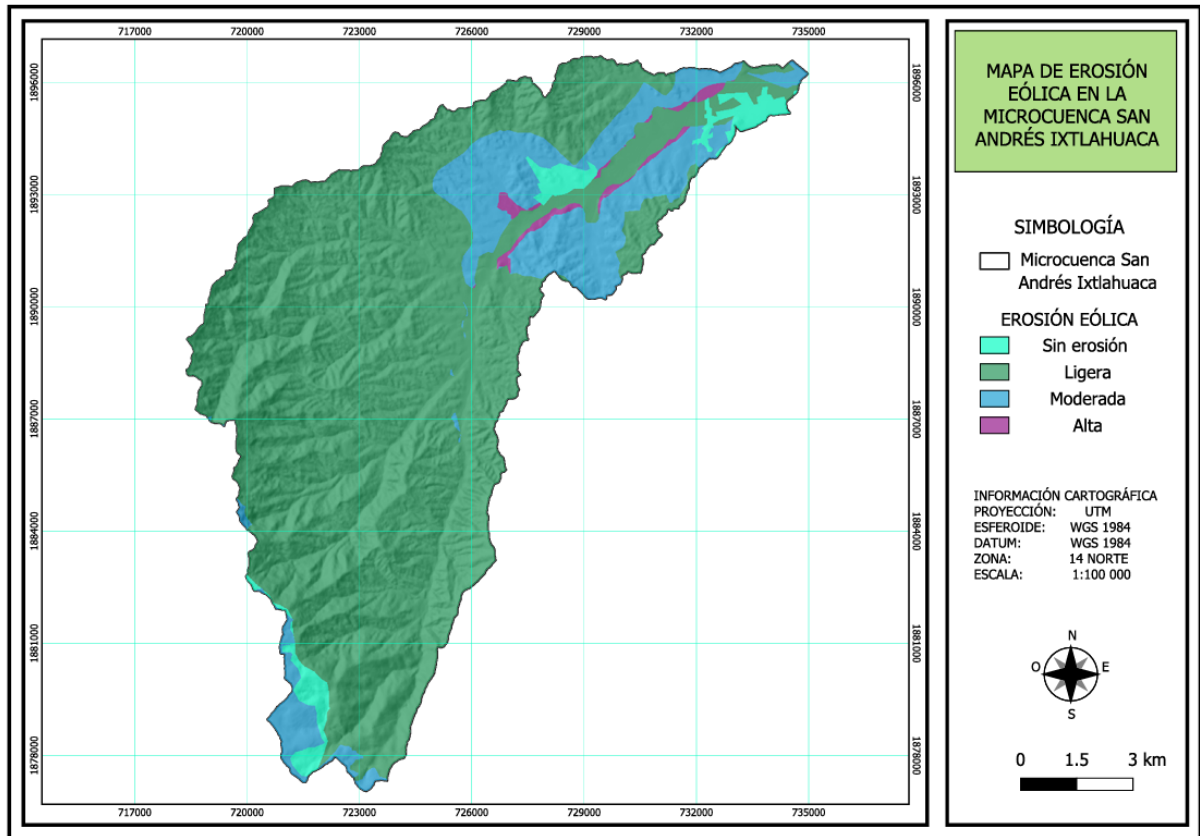


Figura 27. Erosión eólica de la microcuenca San Andrés Ixtlahuaca.

IV.6 Diagnóstico de índices de marginación

A partir de la información recabada, se establece que existen 36 localidades distribuidas dentro de la microcuenca San Andrés Ixtlahuaca, de ese total, 26 localidades son pertenecientes al municipio de San Felipe Tejalapam el cual posee la mayor parte del territorio (Figura 28).

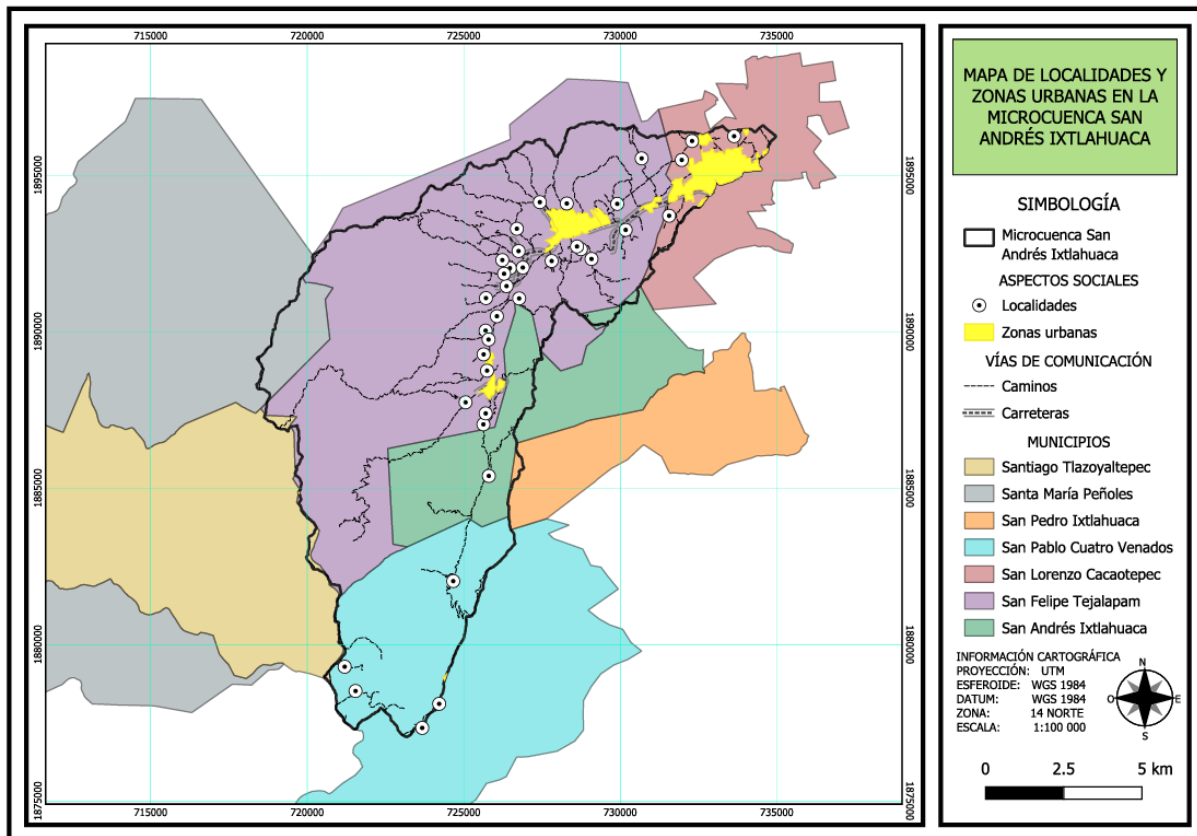


Figura 28. Localidades y municipios de la microcuenca San Andrés Ixtlahuaca. Escala 1:250,000. Fuente: INEGI, División política municipal, 2022.

Las localidades que presentan menor marginación se encuentran establecidas en la parte centro y al noreste de la microcuenca, esto debido a la cercanía con la periferia de la capital del estado. De manera general 33 localidades se encuentran en entre el estatus medio y muy bajo en grado marginación, es decir, que la mayoría cuenta al menos con servicios básicos y grado de escolaridad, por otro lado, las localidades con mayor índice de marginación se encuentran en la parte sur y suroeste siendo consideradas como localidades rurales, dado que se encuentran más alejadas de las áreas pobladas, siendo tres comunidades que presentan un grado alto en marginación caracterizadas por bajos niveles de escolaridad y falta de servicios e infraestructura básica.

IV.7 Uso potencial de las tierras

IV.7.1. Uso potencial pecuario

La información demuestra la capacidad que tienen las tierras para el aprovechamiento de ganado, definiendo si las superficies son aptas para la establecer criamiento de animales que serán alimentados de los recursos naturales o inducidos.

Dentro de la microcuenca, la mayor parte del área está destinada para tierras aptas para el aprovechamiento de la vegetación natural únicamente por ganado caprino, conformado por 11,162.131 has (Figura 29). Donde la superficie de esta clasificación es característica de vegetación natural y baja presencia localidades y de actividades agrícolas.

Cuadro 31. Unidades de uso potencial pecuario de la microcuenca

Unidad de uso potencial	Superficie (ha)	%
Tierras aptas para el aprovechamiento de la vegetación natural diferente de pastizal	2,582.077	18.877
Tierras aptas para el desarrollo de praderas cultivadas, actualmente en uso agrícola	19.204	0.139
Tierras aptas para el aprovechamiento de la vegetación natural únicamente por el ganado caprino	11,162.131	81.1
Total	13,763.412	100

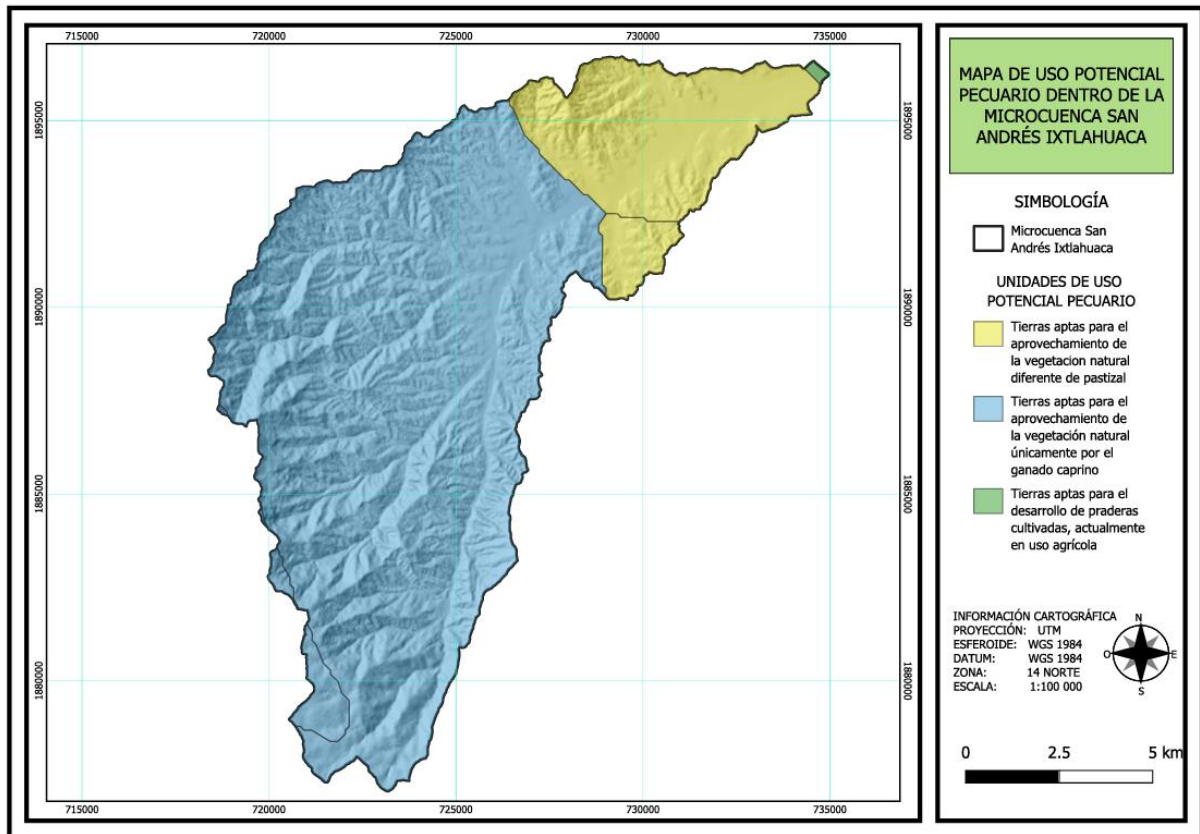


Figura 29. Unidades de uso potencial pecuario de la microcuenca San Andrés Ixtlahuaca. Escala: 1:1,000,000. Fuente: INEGI, Uso potencial de las tierras, 2012.

IV.7.2. Uso potencial forestal

El uso potencial forestal consiste en la delimitación de zonas de acuerdo a su capacidad de producción de recursos maderables dentro del terreno, en donde se consideran las condiciones ambientales que posee. En el área de estudio la mayor superficie está conformada por áreas potenciales de tierras aptas para uso forestal industrial, vegetación con especies maderables con un 57% del territorio total, dicha área se encuentra en la parte centro, sur y suroeste de la microcuenca, en donde existe presencia de vegetación natural de pino y encino, pudiendo ser una oportunidad para el aprovechamiento de los recursos maderables (Figura 30). Por otra parte, también existen tierras no aptas para uso forestal que se encuentran en

las partes más bajas de altitudes y con mayor cercanía a las áreas urbanas de la microcuenca.

Cuadro 32. Unidades de uso potencial pecuario de la microcuenca

Unidad de uso potencial	Superficie (ha)	%
Tierras aptas para uso forestal comercial, vegetación con especies maderables	283.559	2.060
Tierras aptas para uso forestal domestico	2,998.882	21.789
Tierras aptas para uso forestal industrial, vegetación con especies maderables	7,879.69	57.251
Tierras no aptas para uso forestal	2,601.282	18.900
Total	13,763.413	100

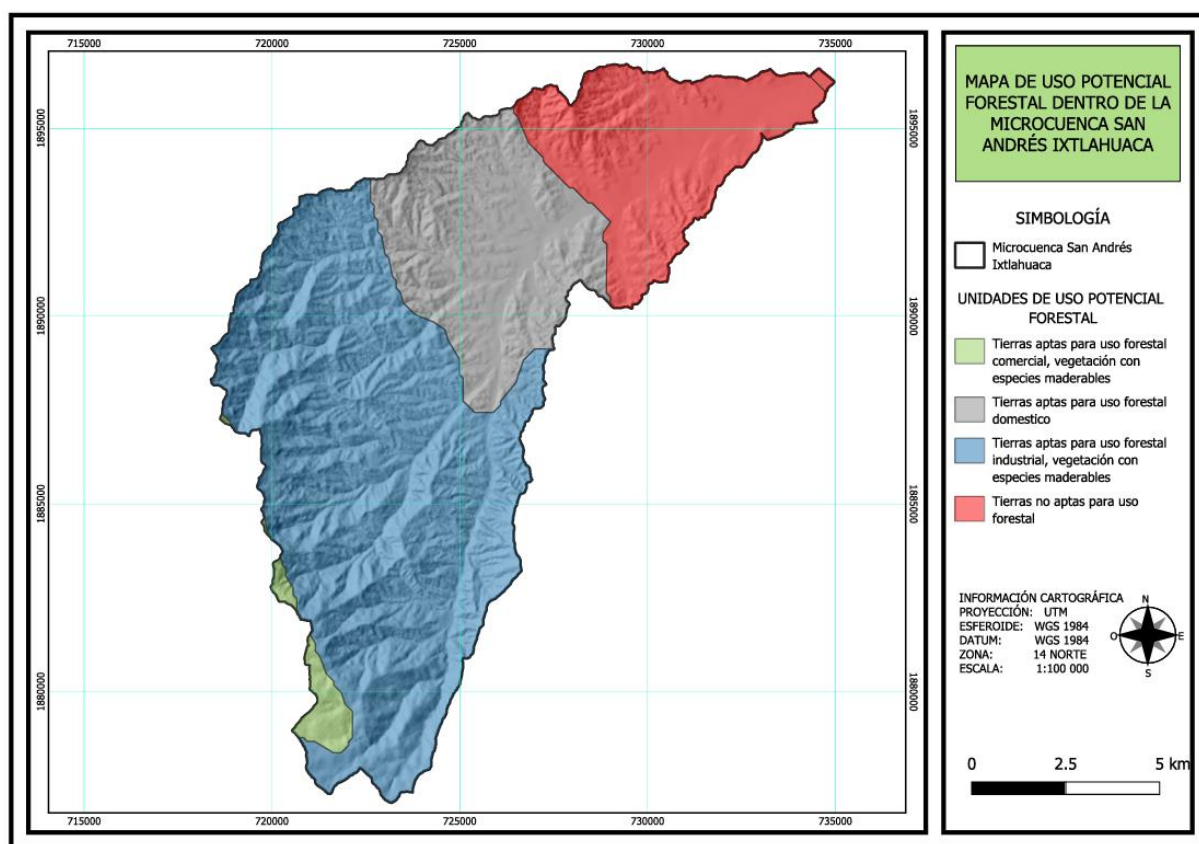


Figura 30. Unidades de uso potencial forestal de la microcuenca San Andrés Ixtlahuaca. Escala: 1:1,000,000. Fuente: INEGI, Uso potencial de las tierras, 2012.

IV.7.3. Uso potencial agrícola

El uso potencial agrícola se basa en la evaluación de la capacidad que posee un área de sostener actividades agrícolas. También contempla las características físicas, climáticas y disposición de recursos para garantizar producciones sustentables y productivas. La mayor parte está definida como tierras no aptas para agricultura, debido principalmente al clima, topografía y vegetación natural que existe dentro de ella (Figura 31). Las tierras aptas para agricultura manual estacional se encuentran en las partes más bajas de la microcuenca, en donde existe más accesibilidad a los recursos hídricos que produce.

Cuadro 33. Unidades de uso potencial pecuario de la microcuenca

Unidad de uso potencial	Superficie (ha)	%
Tierras no aptas para agricultura	11,501.877	83.568
Tierras aptas para agricultura mecanizada continua	19.204	0.139
Tierras aptas para agricultura manual estacional	2,242.331	16.291
Total	13,763.412	100

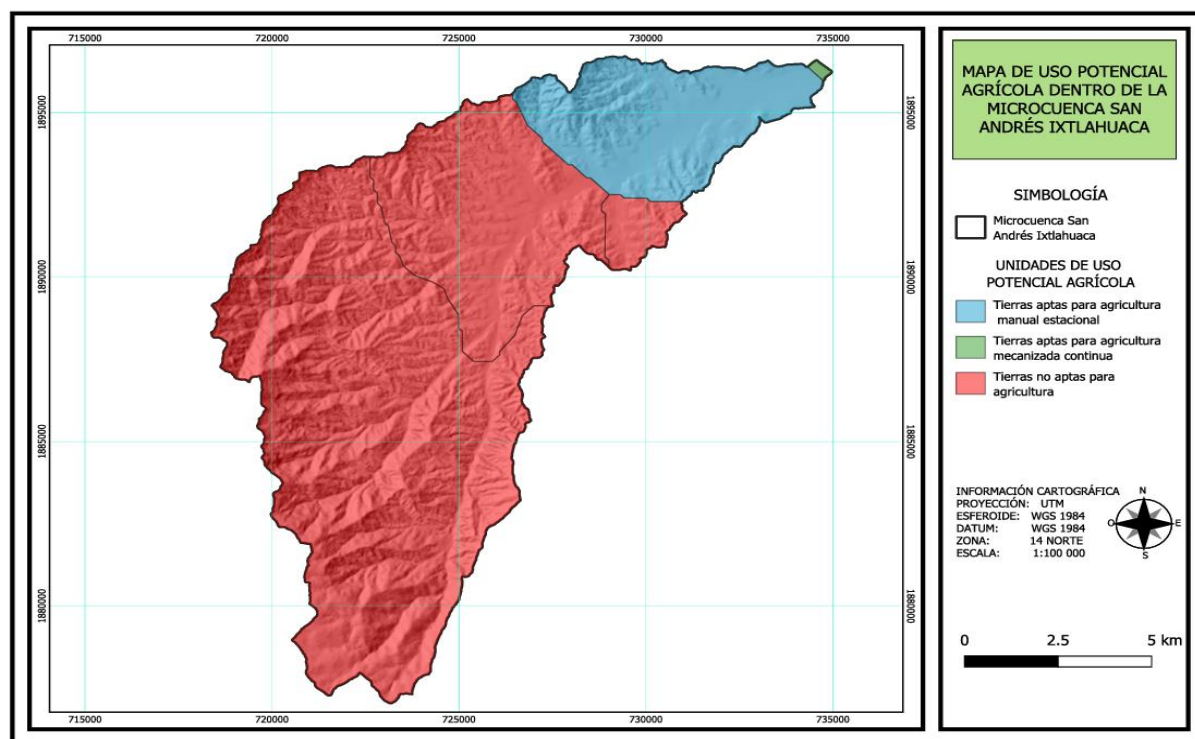


Figura 31. Unidades de uso potencial agrícola de la microcuenca San Andrés Ixtlahuaca. Escala: 1:1,000,000. Fuente: INEGI, Uso potencial de las tierras, 2012.

IV.8 Delimitación de unidades de gestión ambiental

Proveniente de las intersecciones con capas de topografía, edafología y uso de suelo y vegetación, los resultados obtenidos muestran un total de 52 UGAs dentro de la microcuenca San Andrés Ixtlahuaca (Figura 32). Cada polígono obtenido representa un área geográfica relativamente homogénea proveniente de las variables ambientales a la que se asignan determinados lineamientos y estrategias ecológicas.

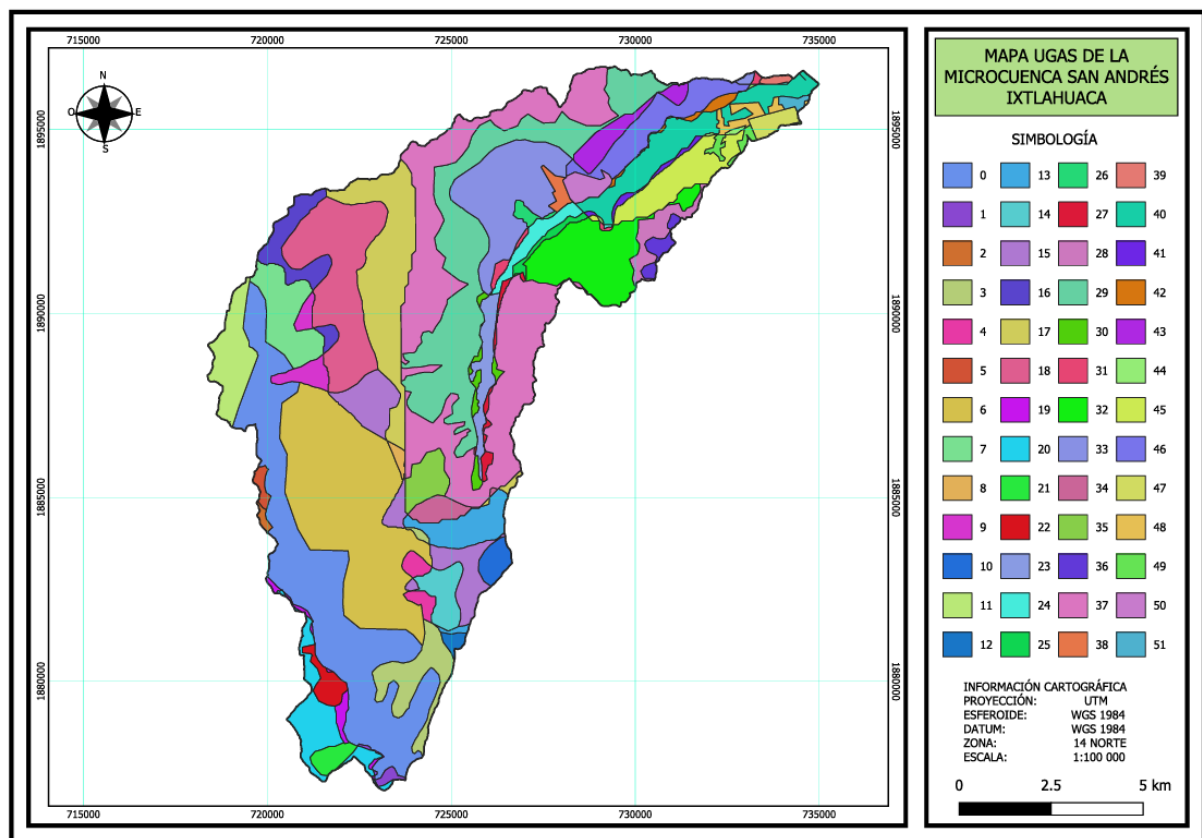


Figura 32. Unidades de gestión ambiental de la microcuenca San Andrés Ixtlahuaca. Escala: 1:100,000.

IV.8.1. Políticas

De acuerdo a las políticas establecidas por el manual, se definieron 52 UGAs en total, donde para aprovechamiento se destinan 28, para restauración 8, preservación 4 y restauración 12.

La política de aprovechamiento fue asignada a las UGAs que poseen un uso potencial para aprovechamiento sustentable de recursos naturales, siempre y cuando las superficies se encontraran en condiciones favorables y no representen un peligro potencial a la integridad de los ecosistemas, esta definición busca generar una oportunidad para las localidades que poseen recursos.

La política de restauración fue definida partiendo del diagnóstico de erosión de las áreas y asignada a las UGAs, se llevó a cabo tomando como prioridad las zonas con deterioros avanzados y poniendo en segundo lugar a las que son propensas a sufrir consecuencias graves, con esto se busca mejorar las condiciones productivas del suelo.

Se consideró la información de áreas naturales protegidas, en donde no existe presencia de alguna dentro del área de estudio, sin embargo, se considera que la microcuenca posee áreas de importancia para protección gracias al papel fundamental que desarrollan. La política de preservación fue concedida a UGAs que tienen partes importantes del cauce principal y para formaciones ecotonaes.

Las UGAs ubicadas en la cabecera principal de la microcuenca fueron sometidas a la política de conservación, dado a sus características por ser parte importante en la delimitación de la microcuenca junto con su belleza de paisaje y su vegetación que alberga.

Cuadro 34. Políticas asignadas para cada UGA

UGAs	Políticas	Superficie (ha)
4,6,7,8,13,14,15,17,18,27,28,31,32,33,34,35,36, 38,39,40,44,45,46,47,48,49,50,51	Aprovechamiento	7116.263
2,25,26,29,30,41,42,43	Restauración	1574.295
22,23,24,37	Preservación	2090.555
0,1,3,5,9,10,11,12,16,19,20,21	Conservación	2982.301

IV.8.2. Análisis FODA para cada política

Con la recopilación de información para cada una de las UGAs en las tablas dinámicas, se recolectó la información relevante que explica el escenario en el que se encuentra y se tomó en cuenta para ser incluida a las políticas en las que entra.

Cuadro 35. Análisis FODA para política de aprovechamiento

Fortalezas	Oportunidades
<p>Las tierras poseen buena extensión de vegetación natural</p> <p>Los suelos existentes son aluviales, cambisoles y fluvisoles, siendo suelos con potencial de producción y fertilidad.</p>	<p>Dentro de la microcuenca existen grandes extensiones de tierras con uso potencial maderable industrial</p> <p>Todas las áreas destinadas a aprovechamiento, también posee uso potencial para</p>

<p>La presencia de erosión hídrica no representa grandes afectaciones, debido a que la mayor parte se encuentra en un grado entre incipiente a ligera.</p> <p>La mayor parte de la superficie presenta un clima templado subhúmedo, que es favorable para la vegetación que alberga</p> <p>Al año se presentan precipitaciones que oscilan de 778.404 mm a 696.379 mm al año, lo que sería beneficioso para las áreas con potencial agrícola</p> <p>Las temperaturas se presentan al año 19.716°C a 17.835°C</p> <p>La evapotranspiración anual va de 641.650 mm a 622.200 mm, es decir que existe una condición hídrica favorable</p> <p>Existen grados bajos de erosión hídrica y eólica</p> <p>4432.251 has de áreas con uso potencial industrial maderable y con potencial para caprinos</p> <p>309.155 has para áreas de uso potencial agrícola manual anual y para aprovechamiento de vegetación natural para caprinos</p> <p>708.317 has únicamente para aprovechamiento de vegetación natural para caprinos</p> <p>1490.188 has se abarcan zonas pobladas y su periferia, las cuales poseen potencial para aprovechamiento de vegetación natural para caprinos</p>	<p>aprovechamiento de vegetación para ganado caprino</p> <p>Existen áreas con paisajes con potencial para implementar áreas de ecoturismo</p> <p>Implementación de sistemas silvopastoriles y agroforestales.</p> <p>Vigilancia dentro de las áreas que han sido saqueadas</p> <p>Elaboración de programas de manejo y actividades que para el cuidado de las áreas arboladas</p> <p>Planeación y desarrollo de agricultura, sin sobreexplotar los recursos</p> <p>Oportunidad de trabajo para las localidades</p>
--	--

52.907 has con uso potencial para aprovechamiento de la vegetación natural diferente de pastizal	
Debilidades	Amenazas
<p>Ha habido presencia de tala ilegal</p> <p>Los suelos que predominan son los suelos regosoles y umbrisoles</p> <p>Dentro de áreas de aprovechamiento existen poblaciones con grados medios de marginación y poco número de habitantes</p> <p>Existen áreas que las localidades ocupan como basureros</p>	<p>La erosión hídrica es baja, la mayor parte de la superficie se encuentra en grado ligera</p> <p>La erosión eólica se encuentra en un estado de moderada</p> <p>Perdida de los ecosistemas por tala ilegal</p> <p>De no realizar un aprovechamiento sustentable de los recursos en las áreas cercanas a las zonas urbanas, pudiera causar perdidas graves de ellas</p>

Cuadro 36. Análisis FODA para política de restauración

Fortalezas	Oportunidades
<p>Las superficies con erosión, se encuentran cerca de áreas pobladas, lo que facilitaría la búsqueda de personal y atenderla</p> <p>El clima templado subhúmedo es el que predomina</p> <p>Las precipitaciones alcanzan valores anuales máximos de 778.404 mm a 703.092 mm como mínimo</p>	<p>Implementación de obras de restauración de suelos</p> <p>Realizar cursos sobre educación ambiental</p> <p>Ofrecer oportunidades de trabajo</p> <p>Vigilancia sobre extracción de recursos en cuerpos de agua</p> <p>Mejorar las condiciones de las áreas que se han visto afectadas.</p>

<p>La temperatura anual oscila de 17.85°C a 19.46°C</p> <p>La evapotranspiración es de 627.81 mm a 641.65 mm al año</p> <p>La mayor parte de la superficie se encuentra conformada por suelos fluvisoles</p>	
Debilidades	Amenazas
<p>Las áreas de erosión hídrica se encuentran ocupadas por agricultura y pastizales</p> <p>Las áreas con erosión eólica se encuentran ocupadas por agricultura temporal anual</p> <p>Existen basureros dentro de áreas con vegetación natural</p>	<p>Las áreas con erosión hídrica se encuentran cerca del cauce principal, con una superficie de 183.05 has y rangos de 10 a 50 ton/ha/año</p> <p>Los grados de erosión eólica se encuentran en un grado alto de entre 100 a 200 ton/ha/año, abarcando 672.65 has</p> <p>De no realizar actividades de restauración, la situación de las áreas podría empeorar y abrir paso a más superficie a erosionar</p>

Cuadro 37. Análisis FODA para política de preservación

Fortalezas	Oportunidades
<p>Presencia del nacimiento del cauce principal</p> <p>Existe diversos cuerpos de agua intermitentes y perene</p> <p>Existe un área de ecotono donde comienza la vegetación y clima característica de templados</p>	<p>Proteger los recursos hídricos</p> <p>Impartir conferencias sobre conciencia por los recursos naturales que poseen las localidades</p> <p>Investigaciones dentro del área, para estudios sobre vegetación o sobre hidrología</p>

<p>El clima que predomina es el templado subhúmedo</p> <p>Las áreas poseen paisajes atractivos</p> <p>333.565 has, son áreas importantes del cuerpo de agua principal</p> <p>1756.99 has son parte del área de transición de ecosistemas</p> <p>Anualmente las precipitaciones oscilan de 725.100 mm a 757.827 mm</p> <p>Existe una temperatura promedio anual de 18.75°C</p> <p>La evapotranspiración promedio es de 633.18 mm por año</p> <p>Las áreas presentan bajos grados de erosión hídrica y eólica</p> <p>Existen áreas donde los suelos fluvisoles tienen más extensión</p>	<p>Vigilancia de las áreas</p> <p>Establecer áreas que estén destinadas a preservar especies de importancia en el área</p>
Debilidades	Amenazas
<p>Las localidades presentan grados altos de marginación</p> <p>Poco interés de las comunidades para preservar los recursos</p> <p>Existen actividades de criba, donde las personas extraen tierra y arena del cauce principal</p>	<p>Perdida de los ciclos biológicos a consecuencia de la tala ilegal</p> <p>Deterioro de la estructura del cauce principal</p> <p>Contaminación grave del agua que desemboca por el cauce principal</p>

<p>Dentro de las áreas con vegetación boscosa existe la tala ilegal</p> <p>Existen áreas con vegetación que la gente ocupa como basureros</p> <p>Las personas suelen utilizar el agua del cauce principal para lavar ropa o automóviles</p> <p>No existen áreas naturales protegidas establecidas</p>	
---	--

Cuadro 38. Análisis FODA para política de conservación

Fortalezas	Oportunidades
<p>Las áreas poseen zonas boscosas</p> <p>Hay lugares con paisajes estéticos debido a la topografía de zonas altas</p> <p>En esta parte se encuentran las áreas más altas en toda la microcuenca, son áreas que delimitan la microcuenca</p> <p>El clima que está presente es el templado subhúmedo</p> <p>Al año, las precipitaciones alcanzan rangos de 730.613 mm a 775.616 mm</p> <p>La temperatura promedio es de 18.39°C en el lapso de un año</p> <p>La evapotranspiración anual oscila de 632.26mm a 641.23mm</p>	<p>Realizar campañas de información sobre las consecuencias de la tala ilegal</p> <p>Gracias a las condiciones de los paisajes, se pudieran implementar áreas ecoturísticas</p> <p>Mejorar las condiciones de los recursos naturales</p> <p>Buena colecta de germoplasma de individuos con fenotipos de calidad</p> <p>Promover investigaciones de ámbito forestal y ambiental</p>

<p>2982.305 has que son las delimitantes de la microcuenca, es decir los puntos más altos que existen</p> <p>Los suelos aluviales son los que más se encuentran presentes</p>	
Debilidades	Amenazas
<p>Existe la presencia de tala ilegal</p> <p>En estas áreas se encuentran la mayor parte de comunidades marginadas</p> <p>Existen áreas de vegetación natural utilizadas como basureros</p>	<p>Perdida de vegetación arbolea por tala ilegal</p> <p>No existe vigilancia ante la tala ilegal</p> <p>Deterioro de los recursos naturales</p>

IV.8.3. Estrategias

Considerando todos los factores que engloban las UGAs, se decidieron y propusieron las mejores estrategias que busquen contribuir y mejorar las condiciones en las que se encuentra cada UGA.

Cuadro 39. Estrategias de la política de aprovechamiento

Política	Estrategias
Política de Aprovechamiento para Forestal	<p>Construcción de caminos forestales dentro de las áreas con potencial forestal</p> <p>Plantear y elaboración de programas de manejo para la extracción de recursos maderables en donde las localidades con el recurso se vean involucradas</p>

	<p>Establecer invernaderos con plantas nativas de las zonas para reforestaciones</p> <p>Construir comederos para la fauna silvestre</p> <p>Realizar recorridos de vigilancia con el objetivo de contrarrestar la tala y la caza ilegal</p> <p>Las áreas que estén en el paso de cuerpos de agua, asignar protección especial</p> <p>Fomentar la educación ambiental en las comunidades</p> <p>Disminuir la contaminación de basura en áreas naturales</p> <p>Ofrecer la oportunidad del desarrollo de áreas ecoturísticas</p> <p>Llevar a cabo un plan de manejo del fuego</p>
Política de Aprovechamiento para Agrícola	<p>Utilizar de manera eficiente y responsable los recursos hídricos</p> <p>Realizar monitoreos en áreas con susceptibilidad a afectaciones por erosiones, y tomar acciones en caso de necesitarlas</p> <p>Implementar rotación de cultivos para mejorar las condiciones de los suelos en áreas agrícolas</p> <p>Aplicar técnicas de mejoramiento genético para distintos cultivos a producir</p> <p>Llevar un control sobre fertilizantes en áreas agrícolas, buscando disminuir afectaciones al suelo</p> <p>Promover el consumo local dentro de las localidades</p>
Política de Aprovechamiento para Pecuario	<p>Aprovechamiento por parte del ganado caprino de la vegetación natural, siempre y cuando esta no rebase la capacidad de carga y comprometa las áreas naturales.</p> <p>Disminuir la presencia de ganado bobino en las áreas de vegetación naturales</p>

	<p>Utilización de desechos orgánicos de los animales para la creación de compostas y productos de bioinsumos</p> <p>Restringir el acceso al ganado en zonas de reforestación y con peligro de erosión</p> <p>Implementar sistemas silvopastoriles y agrosilvopastoriles para el aprovechamiento del ganado y de las localidades</p>
Política de Aprovechamiento para Localidades	<p>Realizar un buen manejo del recurso hídrico para las comunidades</p> <p>Reparación de carreteras de las comunidades marginadas</p> <p>Fomentar la educación ambiental para todas las generaciones</p> <p>Implementar actividades de recolección y reciclaje de basura en áreas verdes, así como asignar áreas para los desechos y aplicar sanciones</p> <p>Optar por la utilización de energías solares para el hogar</p> <p>Elaborar un plan para el desarrollo urbano, proyectándolo a 50 años, en donde se busque asignar áreas destinadas a la vivienda sin comprometer negativamente la calidad de los recursos naturales</p>

Cuadro 40. UGAs de aprovechamiento forestal

ID	Aprovechamiento forestal	Superficie (ha)	%
4	Forestal Industrial	76.316	1.721
6	Forestal Industrial	1,541.726	34.784
7	Forestal Industrial	298.742	6.740
8	Forestal Industrial	21.392	0.482
13	Forestal Industrial	220.115	4.966
14	Forestal Industrial	140.794	3.176
15	Forestal Industrial	405.111	9.140
17	Forestal Industrial	712.167	16.067
18	Forestal Industrial	752.963	16.988
27	Forestal Industrial	46.38	1.046
34	Forestal Industrial	86.397	1.949
35	Forestal Industrial	130.148	2.936
Total		4432.251	100

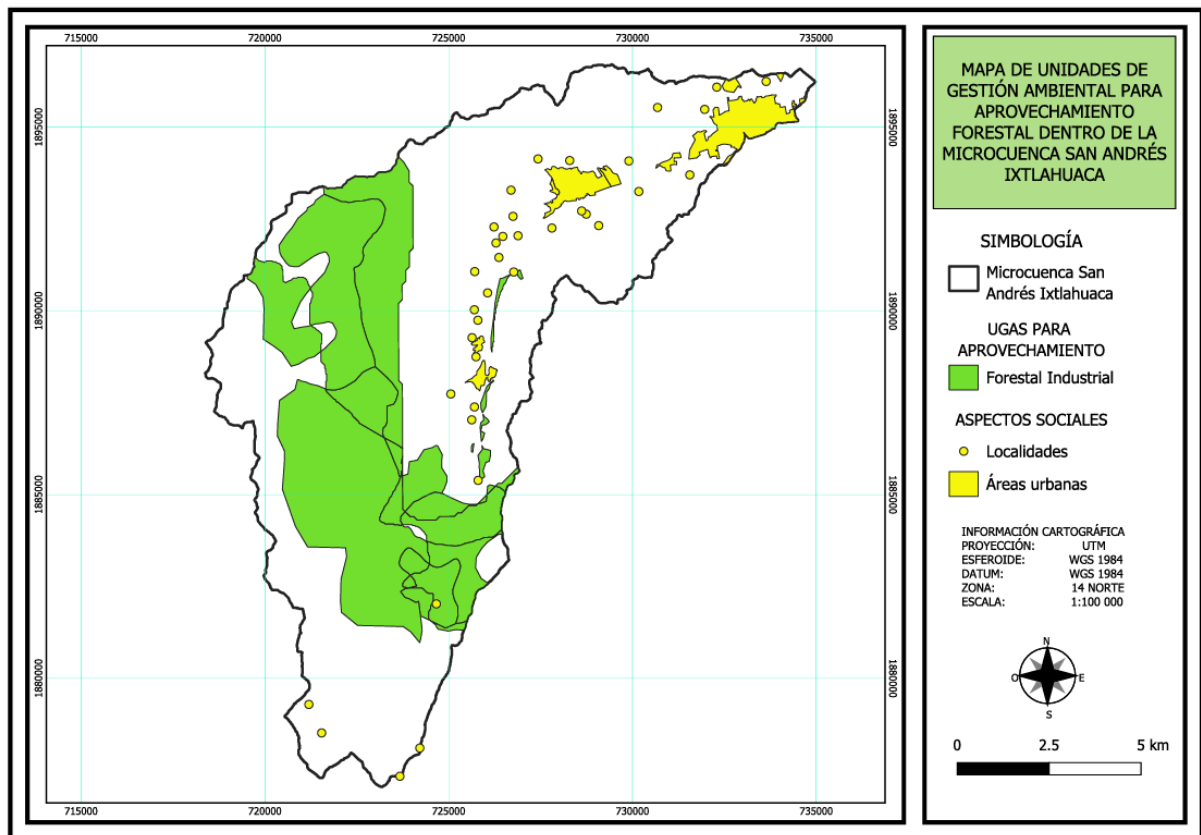


Figura 33. Unidades de gestión ambiental destinadas a aprovechamiento forestal en la microcuenca San Andrés Ixtlahuaca. Escala: 1:100,000.

Cuadro 41. UGAs de aprovechamiento agrícola

ID	Aprovechamiento agrícola	Superficie (ha)	%
39	Agricultura Manual Estacional	15.649	3.19295017
46	Agricultura Manual Estacional	293.506	59.8856177
47	Agricultura Manual Estacional	63.403	12.9364573
48	Agricultura Manual Estacional	59.972	12.2364118
49	Agricultura Manual Estacional	35.5	7.24325714
51	Agricultura Mecanizada Continua	22.081	4.50530594
Total		490.111	100

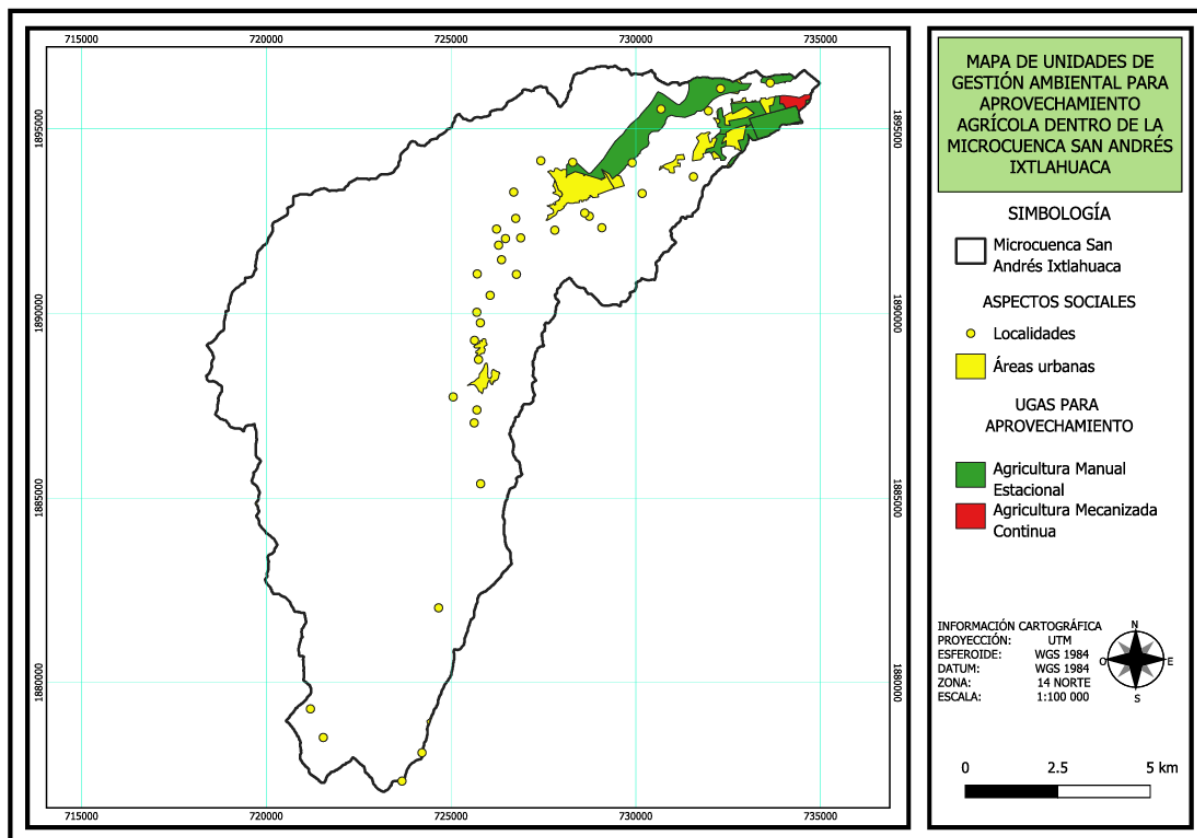


Figura 34. Unidades de gestión ambiental destinadas a aprovechamiento agrícola en la microcuenca San Andrés Ixtlahuaca. Escala: 1:100,000.

Cuadro 42. UGAs de aprovechamiento pecuario

ID	Aprovechamiento pecuario	Superficie (ha)	%
4	Aprovechamiento de vegetación natural únicamente por ganado caprino	76.316	1.072
6	Aprovechamiento de vegetación natural únicamente por ganado caprino	1,541.726	21.665
7	Aprovechamiento de vegetación natural únicamente por ganado caprino	298.742	4.198
8	Aprovechamiento de vegetación natural únicamente por ganado caprino	21.392	0.301
13	Aprovechamiento de vegetación natural únicamente por ganado caprino	220.115	3.093
14	Aprovechamiento de vegetación natural únicamente por ganado caprino	140.794	1.978
15	Aprovechamiento de vegetación natural únicamente por ganado caprino	405.111	5.693
17	Aprovechamiento de vegetación natural únicamente por ganado caprino	712.167	10.008
18	Aprovechamiento de vegetación natural únicamente por ganado caprino	752.963	10.581
27	Aprovechamiento de vegetación natural únicamente por ganado caprino	46.38	0.652
28	Aprovechamiento de vegetación natural diferente de pastizal	123.266	1.732
31	Aprovechamiento de vegetación natural únicamente por ganado caprino	33.437	0.470
32	Aprovechamiento de vegetación natural únicamente por ganado caprino	525.757	7.388
33	Aprovechamiento de vegetación natural únicamente por ganado caprino	623.484	8.761
34	Aprovechamiento de vegetación natural únicamente por ganado caprino	86.397	1.214

ID	Aprovechamiento pecuario	Superficie (ha)	%
35	Aprovechamiento de vegetación natural únicamente por ganado caprino	130.148	1.829
36	Aprovechamiento de vegetación natural diferente de pastizal	52.907	0.743
38	Aprovechamiento de vegetación natural únicamente por ganado caprino	40.281	0.566
39	Aprovechamiento de vegetación natural diferente de pastizal	15.649	0.220
40	Desarrollo de praderas cultivas, actualmente en uso agrícola	416.627	5.855
44	Aprovechamiento de vegetación natural diferente de pastizal	13.883	0.195
45	Aprovechamiento de vegetación natural únicamente por ganado caprino	291.869	4.101
46	Aprovechamiento de vegetación natural diferente de pastizal	293.506	4.124
47	Aprovechamiento de vegetación natural diferente de pastizal	63.403	0.891
48	Aprovechamiento de vegetación natural diferente de pastizal	59.972	0.843
49	Aprovechamiento de vegetación natural diferente de pastizal	35.5	0.499
50	Aprovechamiento de vegetación natural únicamente por ganado caprino	72.39	1.017
51	Desarrollo de praderas cultivas, actualmente en uso agrícola	22.081	0.310
Total		7,116.263	100

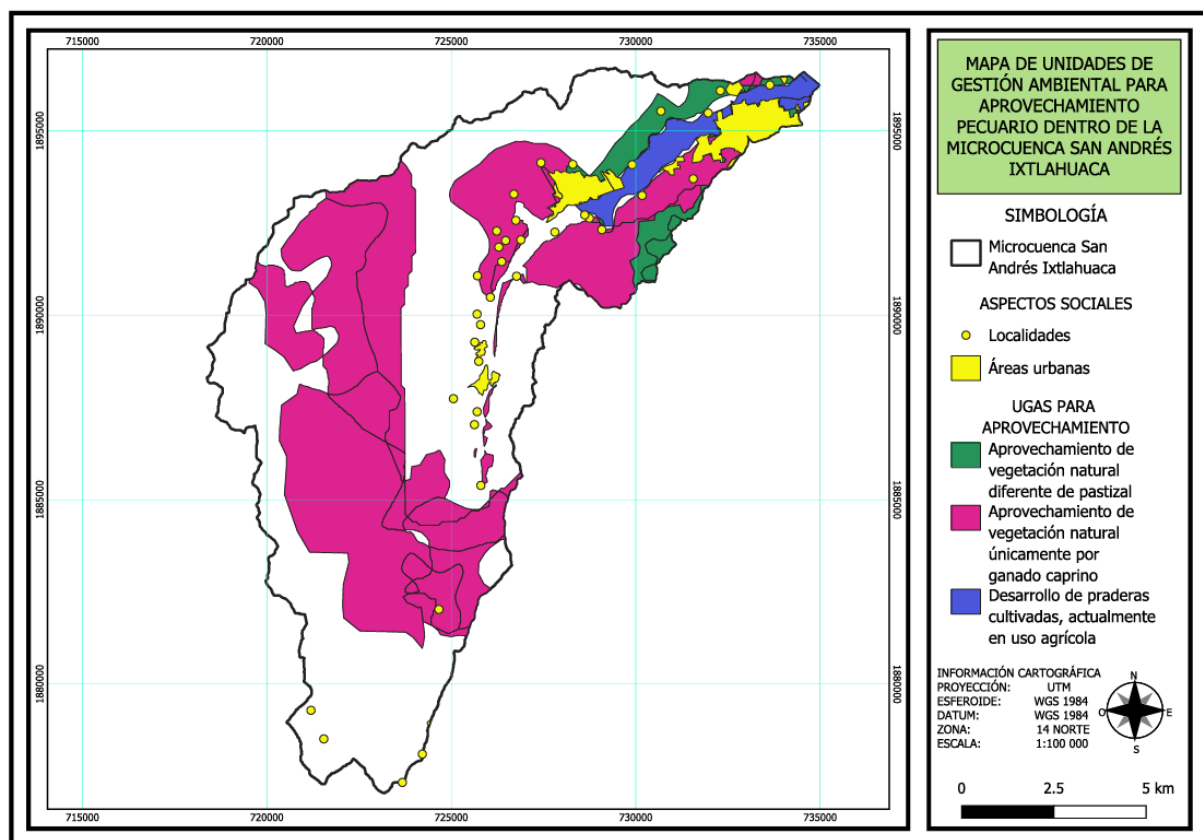


Figura 35. Unidades de gestión ambiental destinadas a aprovechamiento pecuario en la microcuenca San Andrés Ixtlahuaca. Escala: 1:100,000.

Cuadro 43. Estrategias de políticas de restauración

Política y UGAs	Estrategias
Política de Restauración	<p>Localizar y priorizar las áreas con mayor afectación de erosión hídrica y eólica, así como la implementación de soluciones</p> <p>En áreas con pendientes pronunciadas y afectaciones de erosión hídrica establecer terrazas, bordos muros de contención en cárcavas</p> <p>Realizar reforestaciones y cultivos de cobertura para proteger el suelo y aumentar la absorción del agua</p> <p>Llevar un control en campo y limitar las áreas que estén siendo utilizadas para agricultura hasta que hayan sido recuperadas</p> <p>En afectaciones por erosión eólica, en áreas donde existen actividades agrícolas, dejar los residuos agrícolas en campo para reducir la exposición del suelo</p> <p>Implementar cultivos de cobertura y perenes, así como barreras rompevientos permanentes para disminuir las afectaciones por la velocidad del viento</p>

Cuadro 44. UGAs destinadas a restauración

ID	Erosión	Superficie (ha)	%
2	Erosión hídrica	13.36	0.849
25	Erosión eólica	42.002	2.668
26	Erosión eólica	29.403	1.868
29	Erosión hídrica	1222.199	77.635
30	Erosión hídrica	55.034	3.496
41	Erosión eólica	32.663	2.075
42	Erosión eólica	36.68	2.330
43	Erosión hídrica	142.954	9.081
Total		1574.295	100

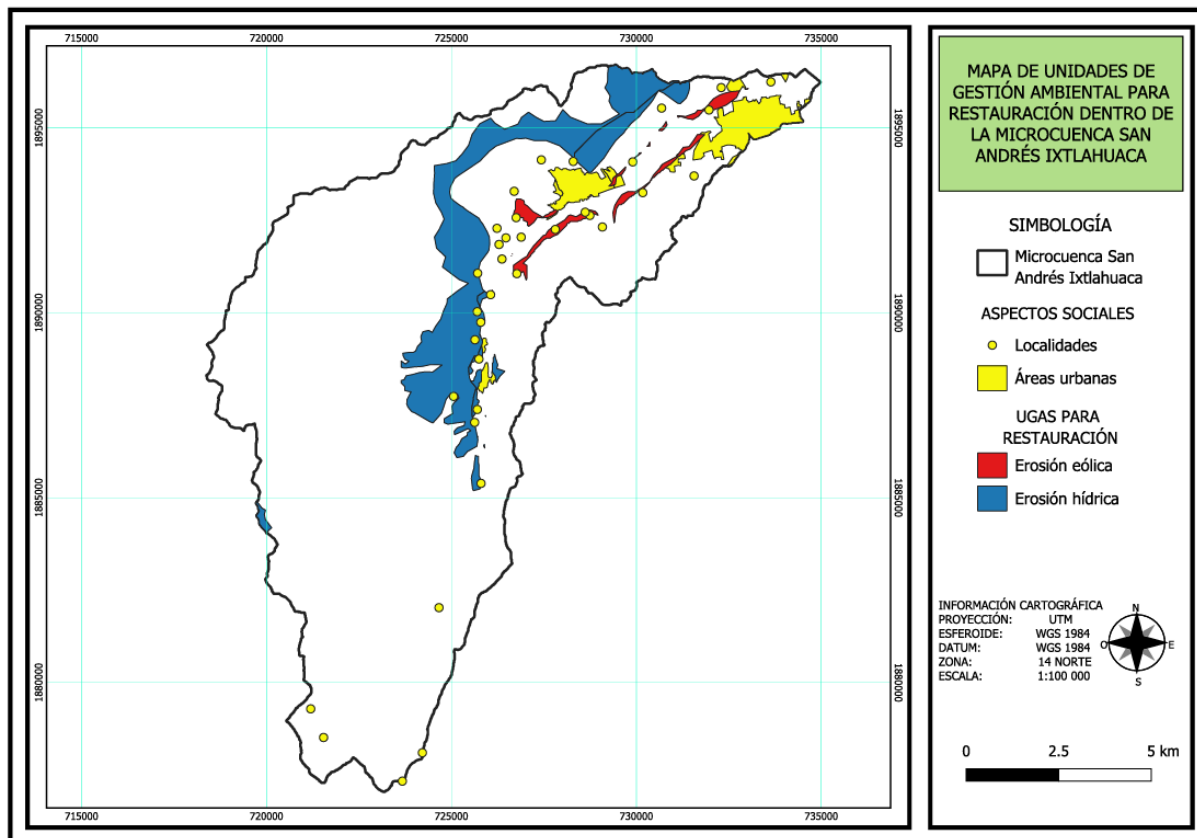


Figura 36. Unidades de gestión ambiental destinadas a restauración en la microcuenca San Andrés Ixtlahuaca. Escala: 1:100,000.

Cuadro 45. Estrategias de políticas de preservación

Política y UGAs	Estrategias
Política de Preservación	<p>Derivado de los muestreos que se utilizarían para el desarrollo del plan de manejo forestal, se podrían encontrar especies con potencial de ser agregadas a la política de preservación</p> <p>Organizar brigadas para proveer incendios forestales, implementando brechas cortafuego y manejo de combustibles</p> <p>Realizar monitoreos en busca de plagas y enfermedades que comprometan la cobertura vegetal y atenderlas</p>

	<p>Recolectar germoplasma y crianza en viveros, para reforestaciones en áreas que se requiera</p> <p>Mantener constante vigilancia para evitar tala y caza ilegal</p> <p>Establecer comederos para la fauna silvestre</p> <p>Considerar las áreas con un potencial para la elaboración de establecimientos para ecoturismo</p> <p>Fomentar el cuidado de los recursos hídricos y de vegetación natural, si como el desarrollo de investigaciones dentro del área</p> <p>Monitoreo constante de áreas que se encuentran cerca del cauce principal y realizar obras de restauración para erosión hídrica en donde se necesite</p> <p>Evitar la contaminación del cauce principal por parte de las localidades</p>
--	---

Cuadro 46. UGAs destinadas a preservación

ID	Política	Superficie (ha)	%
22	Preservación	76.812	3.67423962
23	Preservación	151.326	7.23855627
24	Preservación	105.427	5.04301489
37	Preservación	1,756.99	84.0441892
Total		2,090.555	100

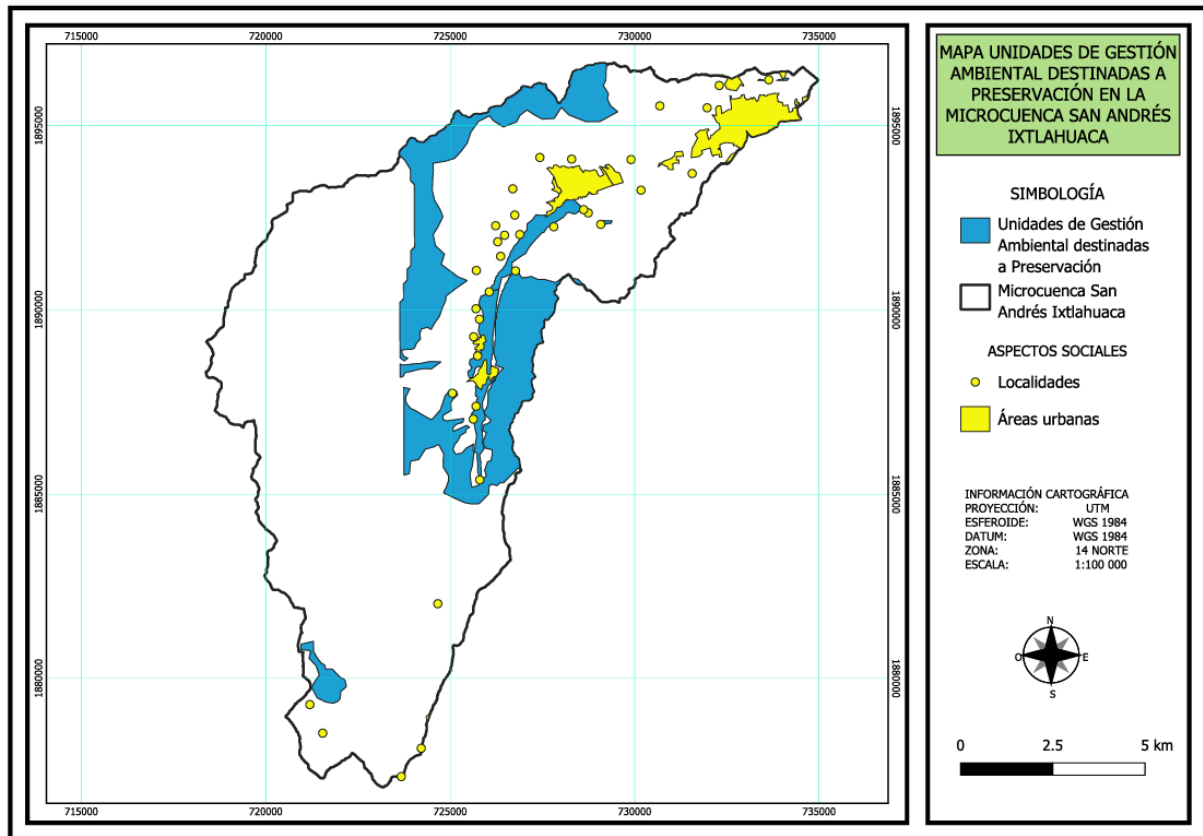


Figura 37. Unidades de gestión ambiental destinadas a preservación en la microcuenca San Andrés Ixtlahuaca. Escala: 1:100,000.

Cuadro 47. Estrategias de políticas de conservación

Política y UGAs	Estrategias
Política de Conservación	<p>Monitoreo contante de las áreas para evitar la explotación de los mejores individuos arbóreos por parte de la tala ilegal y monitoreo para contrarrestar la caza ilegal</p> <p>Establecer comederos para la fauna silvestre</p> <p>Establecer brechas corta fuegos y monitoreos en busca de patógenos que atenten contra la salud de la vegetación</p>

	<p>Restringir el aprovechamiento local de los recursos, forestal, pecuario y agrícola</p> <p>Extraer germoplasma de individuos sometidos a conservación y establecimiento de viveros para abastecer de planta en caso de ser necesitada</p> <p>Zonas tentativas a actividades de ecoturismo por la belleza de los paisajes</p>
--	--

Cuadro 48. UGAs destinadas a conservación

ID	Política	Superficie (ha)	%
0	Conservación	1,618.797	54.280
1	Conservación	22.939	0.769
3	Conservación	268.242	8.994
5	Conservación	27.84	0.933
9	Conservación	109.535	3.672
10	Conservación	75.53	2.532
11	Conservación	261.157	8.756
12	Conservación	25.726	0.862
16	Conservación	209.197	7.014
19	Conservación	48.474	1.625
20	Conservación	251.044	8.417
21	Conservación	63.82	2.139
Total		2,982.301	100

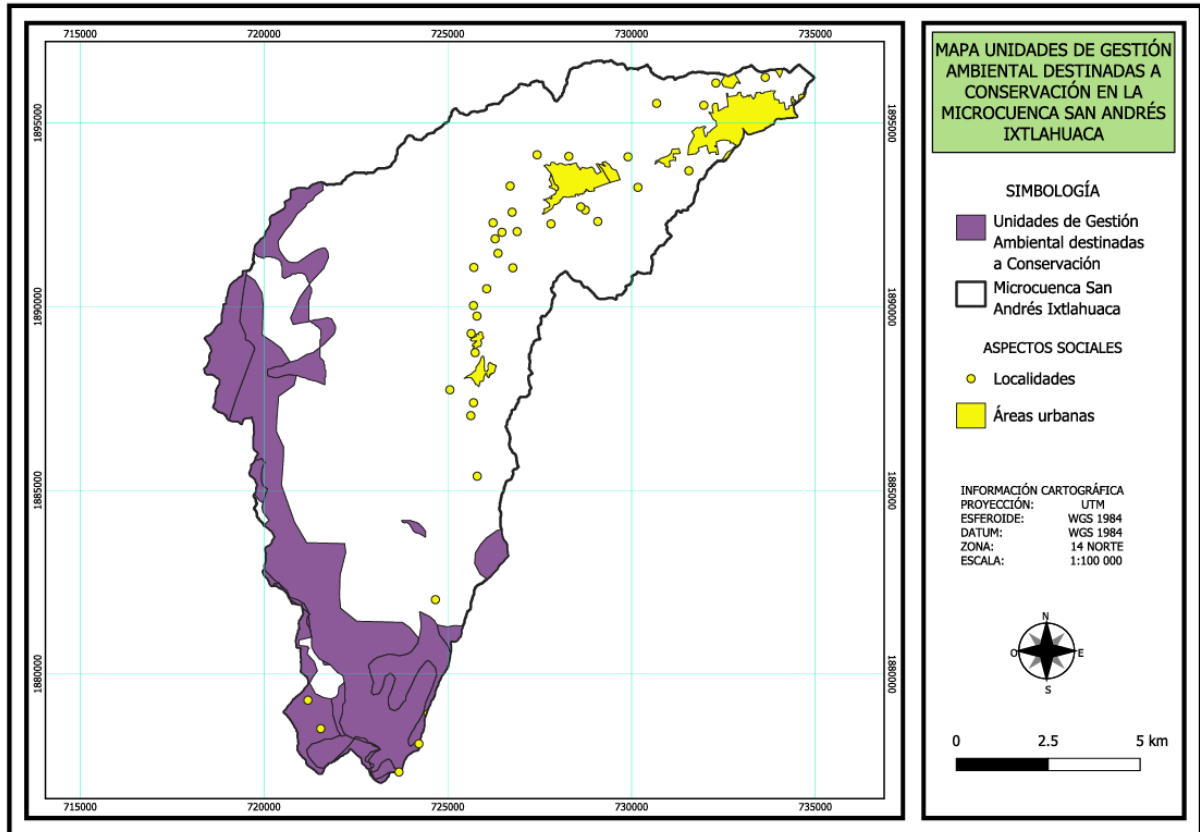


Figura 38. Unidades de gestión ambiental destinadas a conservación en la microcuenca San Andrés Ixtlahuaca. Escala: 1:100,000.

V. DISCUSIÓN

Actualmente, el Subsistema de Información para el Ordenamiento Ecológico es un componente del Sistema Nacional de Información Ambiental y Recursos Naturales de la SEMARNAT (SNIARN), desarrollado con el objeto de dar transparencia y acceso público a los programas de ordenamiento ecológico vigentes en el territorio nacional. Esto funciona mediante una interfaz gráfica, el (SIORE, 2023) representa un mosaico de mapas con herramientas para la consulta de los atributos asociados a las unidades de gestión ambiental (UGA) de cada ordenamiento ecológico (clave y nombre de UGA, política ambiental, lineamiento, estrategias y/o acciones, así como criterios de regulación ecológica) (SEMARNAT, 2023). Considerando la información extraída desde el portal, únicamente existen dos políticas, donde la que posee la mayor superficie es destinada para aprovechamientos sustentables.

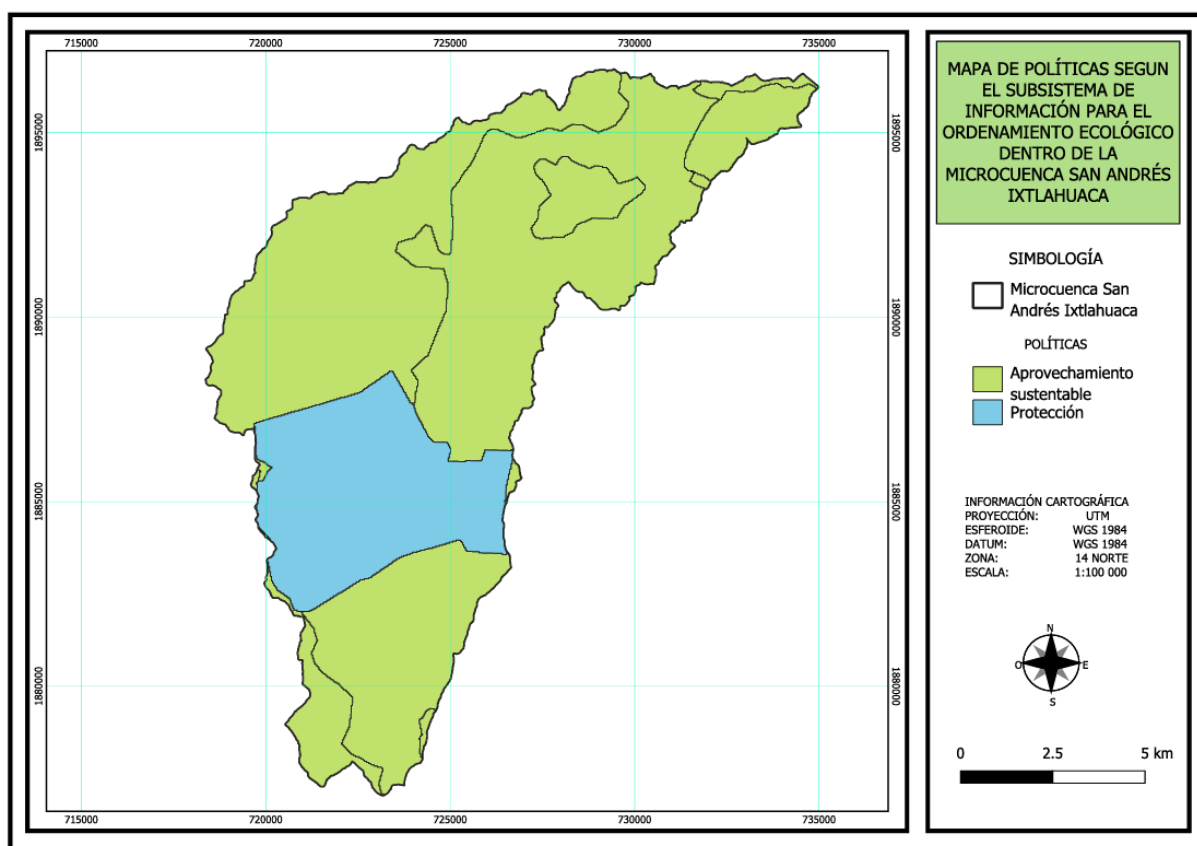


Figura 39. Unidades de gestión ambiental de la microcuenca San Andrés Ixtlahuaca. Escala 1: 250 000. Fuente: SIORE, Políticas, 2023.

Así mismo, las políticas señalan los usos preferibles que se pueden asignar, en donde las actividades forestales y apícolas representan el 40.74% y las actividades de asentamientos humanos y minería con 28.50%.

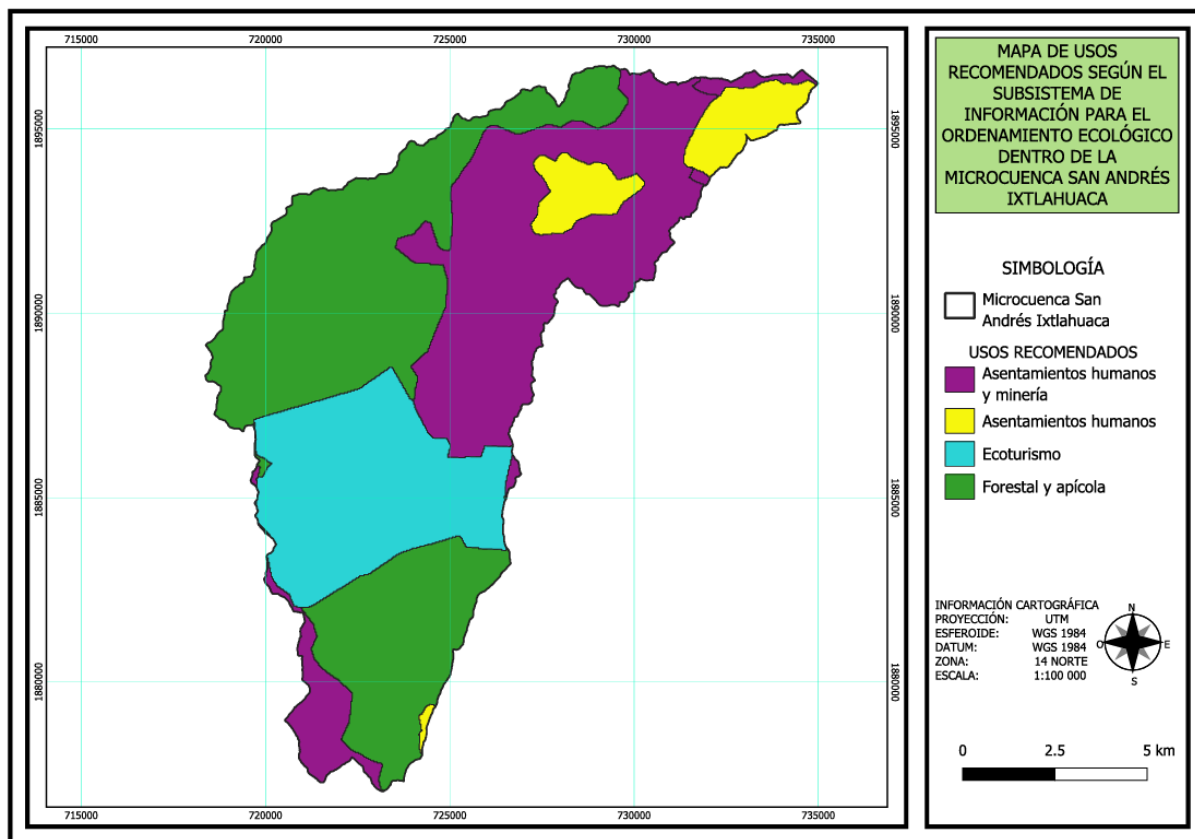


Figura 40. Unidades de gestión ambiental de la microcuenca San Andrés Ixtlahuaca. Escala 1: 250 000. Fuente: SIORE, Usos recomendados, 2023.

Las aportaciones por parte del SIORE son de gran importancia, las cuales busca darles un uso adecuado a las tierras dentro del área, teniendo mayor énfasis en áreas destinadas a aprovechamientos sustentables. Sin embargo, no plantea áreas de restauración por afectaciones de erosión, ni áreas de preservación donde existen ecotonos, riqueza de especies, nacimientos de cuerpos de agua y partes importantes del cauce principal. Tampoco se contemplan áreas de conservación, como pudieran ser las zonas altas de cabeceras de cuencas.

Las aportaciones de información por parte del SIORE son importantes para considerar, sin embargo, esta hace mayor énfasis en políticas orientadas al aprovechamiento sustentable en áreas críticas con erosión hídrica y eólica que por años han sido aprovechadas. Lo cual pudiera representar una limitación o un sesgo para la correcta toma de decisión, dejando sin atender escenarios críticos a futuro.

La comparación de ordenamientos ecológicos permite diferenciar los contrastes que existen entre ellas, también es importante reconocer que la información recolectada del portal en ocasiones suele ser representada de forma general, debido a la homogeneidad de superficies y sus grandes extensiones que la conforman.

Es por eso que los ordenamientos ecológicos de modalidad local, pudieran ser más eficaces que las modalidades regionales y nacionales, debido al grado de importancia y significancia con la que se ejecutan.

VI. CONCLUSIÓN

El ordenamiento territorial funciona como una herramienta, la cual consiste en un previo análisis del área de interés y en base a todos los factores que conforman el área, posteriormente delimitar las unidades de gestión ambiental y asignar las políticas más adecuadas de acuerdo a su contexto.

La investigación descriptiva de la microcuenca San Andrés Ixtlahuaca, ubicada al oeste de la capital del estado de Oaxaca, se determinaron los parámetros morfométricos, hidrológicos, climatológicos, sociales y diagnósticos de erosión hídrica y eólica dentro del área de estudio partiendo de un modelo digital de elevaciones con resolución de 15 metros, de igual manera se delimitaron las unidades de gestión ambiental en base a intersecciones con capas de topoformas, edafología y uso de suelo y vegetación, posteriormente se realizó un minucioso análisis y asignaron sus respectivas políticas según el potencial que existe dentro de la microcuenca, todo esto con el uso de sistemas de información geográfica.

La investigación demostró que existen condiciones morfológicas, climáticas e hidrológicas que favorecen en la producción de los recursos naturales que alberga el área. Por otro lado, debido a las actividades principalmente agrícolas que se han realizado, con el paso de los años comienzan a surgir consecuencias negativas de erosión.

En cuanto a la población, la microcuenca alberga distintos municipios, que presentan distintas localidades con grados de marginación, concentrando los rangos críticos en las partes más altas del área de estudio, mientras que las que poseen mejores oportunidades se han visto favorecidas gracias a la cercanía con la capital del estado.

Precisamente el desarrollo de la investigación busca recolectar toda la información relevante y ser propuesta como alternativa para un mejor manejo de los recursos naturales en donde los habitantes se vean involucrados en el desarrollo de actividades y contribuir de buena manera a las condiciones de las localidades.

VII. BIBLIOGRAFÍA

- Cotler**, H., Garrido, A., Bunge, V., Cueva, M, L. 2010. Las cuencas hidrográficas de México: priorización y toma de decisiones. https://vortice.conagua.gob.mx/storage/files.conagua/upload/05022021_1612548612.pdf. (10, noviembre, 2025)
- López**, B, W. 2014. Análisis del manejo de cuencas como herramienta para el aprovechamiento sustentable de recursos naturales. <https://www.redalyc.org/pdf/4555/455545055001.pdf>. (10, noviembre, 2025)
- Gómez**, G, A. 2020. Caracterización de una cuenca: principios y métodos. <https://www.riego.mx/files/webinars/webinar04.pdf>. (10, noviembre, 2025)
- Ochoa**, F. 2023. Análisis morfométrico de una cuenca hidrográfica. <https://acolita.com/analisis-morfometrico-de-una-cuenca-hidrografica/>. (10, noviembre,2025)
- Dourojeanni**, A. 1997. Procedimientos de gestión para un desarrollo sustentable. <https://repositorio.cepal.org/server/api/core/bitstreams/94f97a0d-3992-44aa-8465-63a1d4c30122/content>. (10, noviembre,2025)
- Cabeza**, A, M. 2002. Ordenación del territorio en américa latina. <https://www.ub.edu/geocrit/sn/sn-125.htm>. (10, noviembre, 2025)
- Cotler**, H. 2007. El manejo integral de cuencas en México Segunda edición. <https://agua.org.mx/wp-content/uploads/2008/06/El-Manejo-Integral-de-Cuencas-en-Mexico-segunda-edici%C3%B3n.pdf>. (10, noviembre, 2025)
- INEGI**. 2004. Síntesis de Información Geográfica del Estado de Oaxaca. https://www.inegi.org.mx/contenidos/productos/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/historicos/2104/702825224394/702825224394_12.pdf. (10, noviembre, 2025)

- SEMARNAT.** 2006. Manual del Proceso de Ordenamiento Ecológico. https://bitacora.semarnath.gob.mx/documentos/Manual%20del%20Proceso%20de%20Ordenamiento%20Ecologico_general.pdf. (10, noviembre, 2025)
- LEGEEPA.** 2024. Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente. <https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LGEEPA.pdf>. (11, noviembre, 2025)
- PAMIC.** 2017. Plan de Acción de Manejo Integral. https://datos.abiertos.inecc.gob.mx/Datos_abiertos_INECC/CGACC/PAMICs/PAMIC_rio_Antigua.pdf. (11, noviembre, 2025)
- Masera O., Astier, M., López, S.** 2000. Sustentabilidad y manejo de recursos naturales. El marco de evaluación MESMIS. https://www.researchgate.net/profile/Marta-Astier/publication/299870632_Sustentabilidad_y_manejo_de_recursos_naturales_El_Marco_de_evaluacion_MESMIS/links/57068f7f08aea3d280211802/Sustentabilidad-y-manejo-de-recursos-naturales-El-Marco-de-evaluacion-MESMIS.pdf. (11, noviembre, 2025)
- Villegas. Y, P, P.** 2013. Análisis morfométrico de una cuenca. <https://es.slideshare.net/slideshow/analisis-morfometrico-de-una-cuenca/179368152>. (13, noviembre, 2025)
- Montes, L, M, A, L., Uribe, A, E, M., García, C, E.** 2010. Mapa Nacional de Erosión Potencial. <https://www.scielo.org.mx/pdf/tca/v2n1/v2n1a1.pdf> (12, noviembre, 2025)
- INEGI.** 2013. Continuo de elevaciones mexicano y modelos digitales de elevación. <https://www.inegi.org.mx/app/geo2/elevacionesmex/> (5, septiembre, 2025)

- DOF.**2015. Norma Oficial Mexicana NOM-011-CONAGUA-2015, Conservación del recurso agua.
https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/110530/NOM_011_CONAGUA_2015.pdf. (15, septiembre, 2025).
- CONAPO.** 2020. Índice de marginación por localidad 2020.
<https://www.gob.mx/conapo/documentos/indices-de-marginacion-2020-284372>. (20, octubre, 2025).
- CONAGUA.** 2024. Información estadística climatológica.
<https://smn.conagua.gob.mx/es/climatologia/informacion-climatologica/informacion-estadistica-climatologica>. (10, octubre, 2025)
- Sánchez,** S, F, J. 2001. Evapotranspiration.
<https://hidrologia.usal.es/temas/Evapotransp.pdf>. (11, octubre, 2025).
- CONAGUA.** 2023. Situación de los Recursos Hídricos, Disponibilidad en acuíferos.
<https://sinav30.conagua.gob.mx:8080/SINA/?opcion=acuiferos>. (13, noviembre, 2025)
- Cadena.** C, R. 1998. Manual para Diseño de Redes de Drenaje Pluvial.
https://antares.inegi.org.mx/analisis/red_hidro/siatl/PDF/CalculoGasto.pdf. (14, noviembre, 2025)
- SIORE.**2023. Subsistema de Información para el Ordenamiento Ecológico.
<https://www.gob.mx/semarnat/acciones-y-programas/subsistema-de-informacion-para-el-ordenamiento-ecologico-siore>. (22, noviembre, 2025)