

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO FORESTAL



Propuestas de Manejo para las Microcuencas Hidrográficas Asociadas al Municipio de Otumba de Gómez Farías en el Estado de México

Por:

ERIKA PAOLA VICUÑA ESPINOSA

INVESTIGACIÓN DESCRIPTIVA

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO FORESTAL

Saltillo, Coahuila, México.

Junio, 2024

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO FORESTAL

Propuestas de Manejo Para las Microcuencas Hidrográficas Asociadas al
Municipio de Otumba de Gómez Farías en el Estado de México.

Por:

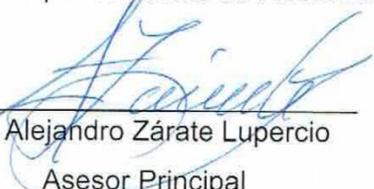
ERIKA PAOLA VICUÑA ESPINOSA

INVESTIGACIÓN DESCRIPTIVA

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO FORESTAL

Aprobada por el Comité de Asesoría:


Dr. Alejandro Zárate Lupercio

Asesor Principal


M.C. Melchor García Valdés

Coasesor


Dr. Genaro Esteban García Mosqueda

Coasesor


Dr. Alberto Sandoval Rangel

Coordinador de la División de Agronomía

Saltillo, Coahuila, México.

Junio, 2024

DECLARACIÓN DE NO PLAGIO

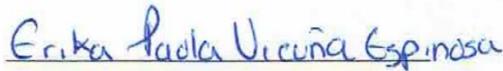
Declaro que:

El trabajo de Propuestas de Manejo Para las Microcuencas Hidrográficas Asociadas al Municipio de Otumba de Gómez Farías en el Estado de México. El autor principal es el responsable directo y 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, gráficas, 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 el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Por lo anterior nos responsabilizamos de las consecuencias de cualquier tipo de plagio en caso de existir y declaramos que este trabajo no ha sido previamente presentado en ninguna otra institución educativa, organización, medio público o privado.

Autor Principal



Erika Paola Vicuña Espinosa.

Asesor Principal



Dr. Alejandro Zárate Lupercio

DEDICATORIA

Este trabajo está dedicado especialmente a María Dolores Espinosa Arreola, que ha estado presente en cada etapa de mi vida en la cual me ha enseñado a no rendirme, actuar con paciencia ante las adversidades y nutrir mi persona con su incondicional confianza, cariño y comprensión. Ella, a pesar de sus propios problemas, se dio el tiempo de escuchar mis tristezas, mis alegrías y preocupaciones. Eternamente, estaré agradecida y la amaré por siempre.

ÍNDICE

1.	Introducción	1
1.1	Objetivo general.....	2
1.1.1	Objetivos específicos.....	2
1.2	Justificación	2
2	Marco teórico.....	3
2.1	Cuencas Hidrográficas e Hidrológicas.	3
2.2	Estructura de una cuenca hidrográfica.....	4
2.3	Clasificación de las cuencas hidrográficas.....	4
2.4	Elementos de una cuenca hidrológica	6
2.4.1	Zona de captación	6
2.4.2	Zona de almacenamiento	6
2.4.3	Zona de descarga.....	6
2.5	Etapas del estudio técnico para el diagnóstico de una cuenca.....	7
2.5.1	Caracterización.....	7
2.5.2	Diagnóstico.....	8
2.5.3	Propuesta	8
3	Marco metodológico	9
3.1	Metodología para la etapa de caracterización	9
3.1.1	Delimitación de la microcuenca.....	9
3.1.2	Descripción de los aspectos naturales de las microcuencas.....	10
3.1.3	Componentes para clima.....	10
3.1.4	Procedimiento para el aspecto social y económico	12
3.2	Metodología de la etapa diagnostica.	12
3.2.1	Los parámetros morfológicos, forma, relieve y drenaje en las microcuencas	13
3.2.2	Otros aspectos Hidrológicos.....	14
3.2.3	Procedimiento para erosión hídrica actual y potencial del suelo	16
3.2.4	Procedimiento para erosión eólica del suelo.	18

3.2.5	Georreferenciación y digitalización de aptitudes agrícolas, pecuarias y forestales.....	20
3.2.6	Delimitación de UGAS.....	20
3.2.7	Criterios para asignar políticas ambientales.....	21
3.2.8	Análisis DE Fortalezas, Oportunidades, Debilidades Y Amenazas (FODA)	22
3.3	Métodos para la etapa de propuesta	22
4	Resultados.....	23
4.1	Etapa de caracterización de las microcuencas	23
4.1.1	Microcuencas de estudio.....	23
4.1.1	Clima	23
4.1.2	Fisiografía.....	28
4.1.3	Geología.....	31
4.1.4	Hidrología.....	34
4.1.5	Edafología	36
4.1.6	Uso de suelo y vegetación	39
4.1.7	Áreas naturales protegidas.....	41
4.1.8	Flora y fauna	41
4.2	Aspecto Social	44
4.2.1	Población.....	44
4.2.2	Población indígena	44
4.2.3	Población Afrodescendiente o afromexicanos.....	45
4.2.4	Población sin afiliación a algún servicio de salud.....	46
4.2.5	Población afiliada a algún servicio de salud.....	46
4.2.6	Personas que solo tienen nivel preescolar.	47
4.2.7	Personas que tienen como máxima escolaridad la primaria.	48
4.2.8	Personas que tienen como máxima escolaridad la secundaria.	49
4.2.9	Personas que tienen como máxima escolaridad la preparatoria o licenciatura	49
4.2.10	viviendas particulares habitadas que tienen energía eléctrica, agua entubada y drenaje conectado a la red pública	50

4.2.11	viviendas particulares habitadas que no tienen servicio de energía eléctrica, agua entubada y drenaje conectado a la red pública	51
4.2.12	Grado de marginación.....	52
4.3	Sector Económico	53
4.3.1	Tenencia de la tierra.....	53
4.3.2	Producción Agropecuaria	55
4.3.3	Productos pecuarios.....	58
4.3.4	Atractivos turísticos	62
4.4	Etapa diagnostica.	62
4.4.1	Parámetros Morfológicos.....	62
4.4.2	Parámetros de forma.....	63
4.4.3	Parámetros de relieve	64
4.4.4	Parámetros de drenaje.....	66
4.4.5	Erosión hídrica potencial y actual.....	73
4.4.6	Erosión eólica.....	75
4.4.7	Aptitudes de uso potencial de suelo	77
4.4.8	Delimitación de las unidades de gestión ambiental (UGA).....	79
4.4.9	Políticas de UGAS.....	80
4.4.10	Análisis FODA.....	80
4.5	Etapa de propuesta.....	86
5	Conclusiones	98
6	Recomendaciones.....	99
7	Referencias	100

ÍNDICE DE TABLAS

<i>Cuadro 1</i> Fuentes de información para los aspectos naturales de las microcuencas en la etapa de caracterización	10
<i>Cuadro 2</i> Procedimiento para la evapotranspiración potencial con el método de Thornthwaite	11
<i>Cuadro 3</i> Métodos para aspectos morfológicos y de forma de las microcuencas	13
<i>Cuadro 4</i> Métodos para obtener los parámetros de relieve en las microcuencas.	13
<i>Cuadro 5</i> Métodos para obtener los parámetros de drenaje en las microcuencas.	14
<i>Cuadro 6</i> Métodos para el cálculo de gasto caudal y volumen de escurrimiento natural	14
<i>Cuadro 7</i> Grado de erosión hídrica	18
<i>Cuadro 8</i> Procedimiento de los componentes de la fórmula de erosión eólica	19
<i>Cuadro 9</i> Clases de degradación eólica del suelo	19
<i>Cuadro 10</i> Precipitación en las microcuencas	26
<i>Cuadro 11</i> Temperatura en las microcuencas	27
<i>Cuadro 12</i> Evapotranspiración potencial	27
<i>Cuadro 13</i> Evapotranspiración real.....	27
<i>Cuadro 14</i> Sistemas de topoformas en la microcuenca Otumba.	30
<i>Cuadro 15</i> Sistemas de topoformas en la microcuenca Sultepec	30
<i>Cuadro 16</i> Geología en la microcuenca Otumba	31
<i>Cuadro 17</i> Geología de la microcuenca Sultepec	32
<i>Cuadro 18</i> Pozos de agua	36
<i>Cuadro 19</i> Tipos de suelo en las microcuencas.....	37
<i>Cuadro 20</i> Usos de suelo y vegetación.....	39
<i>Cuadro 21</i> Número de habitantes en las microcuencas.....	44
<i>Cuadro 22</i> Tenencia de la tierra en la microcuenca Otumba	53
<i>Cuadro 23</i> Tenencia de la tierra en la microcuenca Sultepec.....	53
<i>Cuadro 24</i> Producción agropecuaria(ton/ha) en la microcuenca Otumba.....	55
<i>Cuadro 25</i> Producción agropecuaria en la microcuenca Sultepec.....	56

<i>Cuadro 26</i> Precio medio rural en la microcuenca Otumba.....	57
<i>Cuadro 27</i> Productos pecuarios en las microcuencas	59
<i>Cuadro 28</i> Precios de venta para productos pecuarios en las microcuencas(\$/kg)	61
<i>Cuadro 29</i> Zonas arqueológicas en las microcuencas.....	62
<i>Cuadro 30</i> Parámetros morfológicos.....	63
<i>Cuadro 31</i> Parámetros de Forma en las microcuencas	63
<i>Cuadro 32</i> Clasificación de forma del índice compacidad.....	63
<i>Cuadro 33</i> Parámetros de relieve	64
<i>Cuadro 34</i> Interpretación de resultados para densidad de drenaje.....	68
<i>Cuadro 35</i> Relieve del cauce Principal	68
<i>Cuadro 36</i> Tiempo de concentración en las microcuencas.....	70
<i>Cuadro 37</i> Intensidad de lluvia con tiempo de retorno	71
<i>Cuadro 38</i> Coeficientes de escurrimiento.	72
<i>Cuadro 39</i> Resultados de gasto caudal en las microcuencas.....	72
<i>Cuadro 40</i> Volumen anual de escurrimiento natural	72
<i>Cuadro 41</i> Pérdida de suelo para la erosión hídrica potencial	73
<i>Cuadro 42</i> Pérdida de suelo para erosión hídrica actual	73
<i>Cuadro 43</i> Pérdida de suelo por erosión eólica	75
<i>Cuadro 44</i> Políticas de UGAS.....	80
<i>Cuadro 45</i> FODA para Aprovechamiento	80
<i>Cuadro 46</i> FODA para Conservación	83
<i>Cuadro 47</i> FODA para Protección	84
<i>Cuadro 48</i> FODA para Restauración	85
<i>Cuadro 49</i> Estrategias para Aprovechamiento.....	86
<i>Cuadro 50</i> Estrategias para la política de conservación	91
<i>Cuadro 51</i> Estrategias para la política de protección.....	93
<i>Cuadro 52</i> Propuestas para la política de Restauración	96

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Estructura de una cuenca hidrográfica.....	4
Figura 2 Clasificación de las cuencas hidrográficas.....	5
Figura 3 Obtención de las microcuencas.	9
Figura 4 Procedimiento para obtener erosión hídrica actual y potencial del suelo	16
Figura 5 Procedimiento para obtener la erosión eólica del suelo.....	19
Figura 6 Procedimiento para la delimitación de UGAS	21
Figura 7 Climograma de la estación meteorológica 15065 “Otumba”	26
Figura 8 Climograma general.....	28
Figura 9 Condición de los acuíferos.....	34
Figura 10 Población indígena en las microcuencas	45
Figura 11 Población Afrodescendiente o Afromexicana.....	45
Figura 12 Población sin afiliación a un servicio de salud	46
Figura 13 Población afiliada a algún servicio de salud.....	47
Figura 14 Población que solo tiene nivel preescolar	48
Figura 15 Población que solo tiene primaria	48
Figura 16 Población que solo tiene secundaria.....	49
Figura 17 Población que tiene preparatoria o licenciatura	50
Figura 18 Viviendas que tienen drenaje, energía eléctrica y agua entubada	51
Figura 19 Viviendas que no tienen drenaje, electricidad y agua entubada	51
Figura 20 Grado de marginación para las microcuencas.....	52
Figura 21 Curva hipsométrica en la microcuenca Otumba	65
Figura 22 Curva hipsométrica en la microcuenca Sultepec	65
Figura 23 Curvas de edades de ríos	66
Figura 24 Perfil longitudinal del cauce principal en las microcuencas.....	70
Figura 25 Curva logarítmica de tiempo de retorno	71
Figura 26 Aptitudes de uso potencial de suelo en las microcuencas	77

ÍNDICE DE MAPAS

Mapa 1	Microcuencas de estudio	24
Mapa 2	Climas.....	25
Mapa 3	Fisiografía	29
Mapa 4	Geología	33
Mapa 5	Hidrología	35
Mapa 6	Edafología.....	38
Mapa 7	Uso de suelo y vegetación.....	40
Mapa 8	Áreas Naturales Protegidas	42
Mapa 9	Tenencia de la tierra	54
Mapa 10	Orden de Cauces	67
Mapa 11	Cauces principales	69
Mapa 12	Erosión hídrica actual	74
Mapa 13	Erosión eólica	76
Mapa 14	Uso potencial de suelo en las microcuencas.....	78
Mapa 15	Unidades de gestión ambiental	79
Mapa 16	Unidades de gestión ambiental para aprovechamiento.....	90
Mapa 17	Unidades de gestión ambiental para conservación	92
Mapa 18	Unidades de gestión ambiental de Protección	95
Mapa 19	Unidades de gestion ambiental de restauracion.....	97

RESUMEN

Se describieron los parámetros hidrológicos, físicos, biológicos, sociales y morfológicos de las microcuencas Otumba y Sultepec en donde destacaron los climas dominantes templados subhúmedo y semiárido con precipitaciones medias anuales de 546- 576 mm, con evapotranspiración media anual de 463-479 mm/año, significando que el agua tiende más a infiltrarse o escurrirse a que se evapore hacia la atmósfera, periodo de lluvias en los meses de junio a septiembre. La provincia de ambas microcuencas son el Eje Neovolcánico y la subprovincia Lagos y Volcanes de Anáhuac, los sistemas de topofomas predominante son los lomeríos de tobas y basalto, tipos de roca en mayor proporción de toba básica, clase ígnea intrusiva. Las microcuencas se localizaron en la región hidrológica número 26 Pánuco, cuenca río Moctezuma; Otumba pertenece a la subcuenca Lagos de Texcoco y Zumpango y Sultepec a la subcuenca Lagos de Tochac y Tecocomulco.

El principal tipo de suelo fue el phaeozem con 42,353 ha. El uso de suelo y vegetación predominante es la agricultura de temporal anual y agricultura anual - permanente, los principales cultivos de la región fueron la tuna, nopalitos, el grano de cebada, grano de maíz y el maguey pulquero, en cuanto a la producción pecuaria se obtienen carne, ceras, ganado en pie, huevo y miel; Los terrenos agrícolas en las microcuencas en mayor proporción son ejidales (29,014 ha). Se encontraron 86 localidades con 122,776 habitantes pertenecientes a 6 municipios, Axapusco, Calpulalpan, Nopaltepec, Otumba, San Martín de las Pirámides y Teotihuacán que en conjunto ocupan 4000 ha; en donde domina el grado de marginación muy bajo a bajo; los principales atractivos turísticos fueron la zona arqueológica de Teotihuacán y la de Tecoaque.

Se diagnosticaron los parámetros morfológicos, forma, relieve y drenaje, por lo que en la microcuenca Otumba, contó con una extensión de 38,323.5 ha, perímetro de 120.86 km y una longitud de 24.7 km, Sultepec con 13,234.4 ha, perímetro de 67.43 km y 17.70 km de longitud. De acuerdo en el coeficiente de Gravelius y el coeficiente de Horton, coinciden en que las microcuencas tienden a

ser de formas oblongas (Otumba) u alargadas (Sultepec). Las condiciones del relieve en las microcuencas son accidentadas, ya que hay pendientes mínimas de 0%, medias de 10%-14% y máximas de 83%-85%, altitudes medias de 2496 msnm -2760 msnm y desniveles altitudinales de 831 msnm y 866 msnm.

El drenaje de las microcuencas fue de primer a sexto ordenen, con una longitud total de órdenes de hasta 1189.17 km (Otumba) y Sultepec 370.1 km, los cauces principales midieron 32.15 km (Otumba) y 23.35 km (Sultepec); el gasto máximo o escurrimiento más elevado de 162(m³/s) se pronosticó que pudiera igualarse o excederse en una probabilidad de 1/10 años, y gasto más bajo de 37(m³/s) en 1/1año. El volumen anual de escurrimiento natural en las microcuencas fue de 23 hm³(Otumba) y 7.3 hm³(Sultepec).

El diagnóstico de erosión para las microcuencas demostró que en las microcuencas predomina una erosión hídrica de clase ligera (5 a 10 t ha⁻¹ año⁻¹) y erosión eólica moderada 50 a 100 ton/ha/año; es decir que en realidad el agua tiende más a infiltrarse que escurrirse y que el viento afecta la estructura del suelo, debido a la condición de la vegetación y relieve. El uso potencial agrícola en las microcuencas fue apto en 48,811.2 ha, el uso pecuario sería más apto que el agrícola, puesto que se puede desarrollar en 49,386.6 ha, el potencial forestal en la región no es favorable y no sería buena opción como actividad productiva, puesto que únicamente se encuentran disponibles 10,979.9 ha de cuáles se puede extraer mayormente productos no maderables en menor medida maderables.

Los criterios topoforma, tipo de suelo y vegetación definieron la creación de 81 unidades de gestión ecológica en las microcuencas, de las cuales, al momento de asignárseles una política ambiental de acuerdo a sus características, se obtuvieron 48 UGAS para aprovechamiento – restauración, 6 con protección, 16 de conservación y 2 para restauración. las restantes (9) fueron excluidas de las propuestas y políticas porque son Zonas arqueológicas y parques ecológicos estatales, los cuales ya cuentan con sus propios planes de manejo. El análisis FODA de dichas políticas ambientales fue muy útil a la hora de identificar las

problemáticas que suscitan a la región y de esta forma se pudo proponer las mejores estrategias para mejorar la situación.

Estas estrategias en su mayoría estuvieron enfocadas en la planeación de una buena infraestructura de vivienda y servicios básicos en zonas urbanas, ya que estas crecen desorganizadamente y si no se atienden en un futuro perjudicará gravemente a los recursos naturales; debido a que el sector productivo primario es la constante en las microcuencas se propusieron medidas para mejorar las técnicas de cultivo con menor efecto negativo al medio ambiente y con un enfoque de racionalización de consumo de agua; también se propusieron acciones para la restauración del suelo, el manejo y conservación de cubiertas vegetales naturales que aún persisten con el objetivo incrementar la infiltración a los acuíferos y que al mejorar las condiciones superficiales del suelo y vegetación, también mejorar la calidad del agua que posteriormente será utilizada por los habitantes de la región para consumo.

1. INTRODUCCIÓN

Las cuencas son consideradas comúnmente como superficies topográficas delimitadas por parteaguas, conformadas por aspectos bióticos (hidrología, edafología, geología y fisiografía), biológicos (flora y fauna) y antropogénicos (sociales y económicos) que se interrelacionen entre sí para cumplir con los ciclos naturales de la vida (SEMARNAT, 2010); estas áreas son ideales para planificar acciones que corrijan los impactos ambientales por el uso de recursos (Jiménez, 2005). En el caso específico de las microcuencas asociadas al municipio de Otumba, en el Estado de México, se han propuesto medidas para la gestión y el ordenamiento sostenible de los recursos naturales.

En la región de estudio se resalta la importancia de la gestión adecuada de los recursos naturales, especialmente en lo que respecta al uso del suelo y agua. El cambio de uso de suelo para actividades agrícolas, ganaderas y urbanas está amenazando los ecosistemas y cuerpos de agua en la región. (Secretaría de turismo, 2008). Además, la mala administración del recurso hídrico a nivel regional y nacional ha llevado a crisis de escasez de agua y a la disminución de la calidad del agua debido a la descarga de aguas residuales sin tratar en diversos cuerpos de agua (SEMARNAP, 2001) En el caso específico de Otumba, la falta de plantas tratadoras ha provocado que las aguas residuales sean vertidas en barrancos (Otumba, 2022). Es crucial que se priorice un ordenamiento adecuado de las microcuencas para asegurar la sostenibilidad de los recursos naturales y de esta manera, promover el bienestar de la población, proponiendo los usos y acciones que afronten el problema específico de cada unidad ambiental definida

Para elaborar las propuestas de ordenamiento en las microcuencas fue necesario caracterizar los parámetros hidrológicos, físicos, biológicos, sociales y económicos (etapa de caracterización, capítulo 3), posteriormente se definió las unidades de gestión ambiental (UGAS) a las que se les asignó una política territorial (Aprovechamiento, conservación, restauración y protección); después se realizó un análisis de fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas (FODA) (Capítulo 4, etapa diagnóstica). Finalmente, después de todo el proceso de

diagnóstico, fue posible proponer las mejores acciones de gestión sustentable (etapa de propuesta, capítulo 5).

1.1 Objetivo general

Generar propuestas para la gestión de los recursos naturales de las microcuencas asociadas al municipio de Otumba en el Estado de México.

1.1.1 Objetivos específicos

- A. Describir los parámetros hidrológicos, físicos, biológicos, sociales y morfológicos de las microcuencas.
- B. Diagnóstico de tasas de erosión y aptitudes de uso.
- C. Realizar análisis de las fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas (FODA) para el área de estudio.
- D. Proponer políticas, acciones y estrategias para la gestión sostenible de los recursos naturales en las microcuencas.

1.2 JUSTIFICACIÓN

Esta investigación aportará la caracterización y diagnóstico del medio biótico, abiótico y socioeconómico de las microcuencas asociadas al municipio de Otumba de Gómez Farías en el estado de México; con el fin de definir las mejores estrategias y propuestas para el aprovechamiento, conservación, protección y restauración de los recursos naturales. Estas acciones beneficiarán en el bienestar y calidad de vida de los pobladores de la región, mientras que a los ecosistemas de la zona podrán continuar sus ciclos ecológicos sin ser gravemente perturbados por la actividad humana.

2 MARCO TEÓRICO

2.1 Cuencas Hidrográficas e Hidrológicas.

El término de cuenca se refiere a que es una unidad territorial con el objetivo de la gestión integrada de los recursos hídricos y está a su vez interrelacionada con los sistemas físicos, bióticos y socioeconómicos, estas unidades se ven afectadas por la fragmentación de los sectores que se encargan de su manejo y aprovechamiento (Dourojeanni, 2002)

Las cuencas pueden ser hidrográficas e hidrológicas. La hidrográfica se define como territorios definidos naturalmente por un parteaguas en donde se concentran todos los escurrimientos y fluyen hasta la desembocadura o punto de salida de la cuenca, que puede ser hacia un lago o el mar (SEMARNAT, 2013).

El artículo 3º de la Ley de Aguas Nacionales (DOF, 1992) define a las cuencas hidrológicas como unidad del territorio, diferenciada de otras unidades, delimitadas por una divisoria de agua que está formada por puntos de mayor elevación, donde el flujo del agua se almacena o sale en el punto más bajo de la cuenca en una red hidrográfica de cauces, en esta unidad existe una coexistencia de recursos de fauna, flora y suelo.

Aparentemente, ambas definiciones son parecidas, pero la distinción está en que la cuenca hidrográfica es el contorno o límite de la misma que va a drenar el agua en un punto común, que está definida por el origen y destino del agua, no por su tamaño, mientras que la hidrológica se entiende como la unidad para la gestión dentro de la cuenca hidrográfica (Martínez, 2005).

2.2 Estructura de una cuenca hidrográfica

Las cuencas hidrográficas se estructuran de una manera jerárquica que no dependen necesariamente de los límites territoriales, políticos, administrativos o de otra índole, estas son las cuencas, subcuencas y microcuencas (Figura 1).

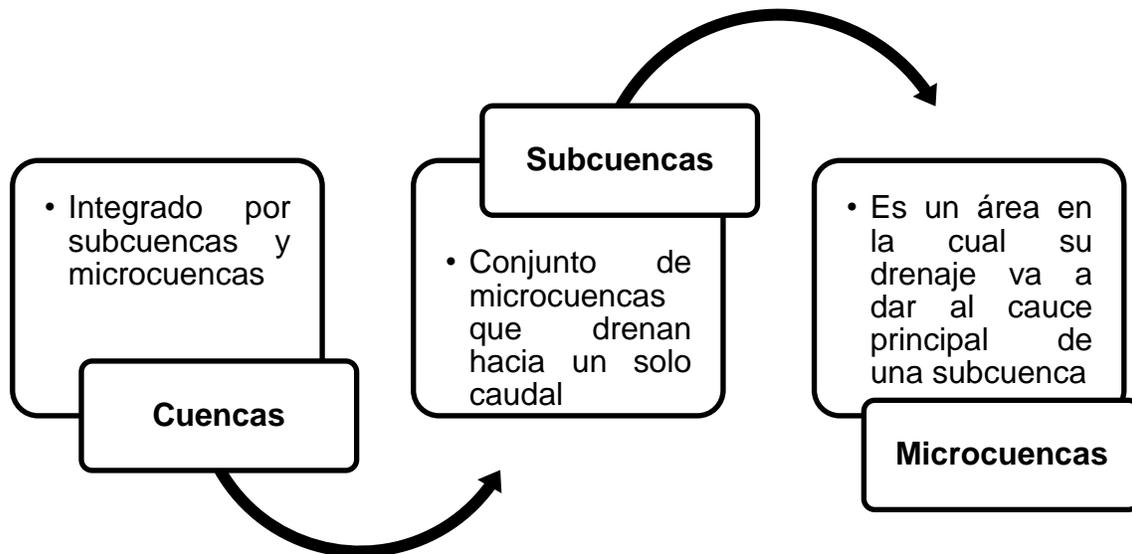


Figura 1 Estructura de una cuenca hidrográfica
Elaboración Propia por medio de Gálvez (2011)

2.3 Clasificación de las cuencas hidrográficas

Las cuencas hidrográficas se pueden clasificar de diferentes formas dependiendo el propósito de las mismas, como, por ejemplo, por su tamaño geográfico, por su desembocadura, uso, relieve y ecosistema. De manera resumida, se pueden observar los componentes de estas clasificaciones en la Figura 2.

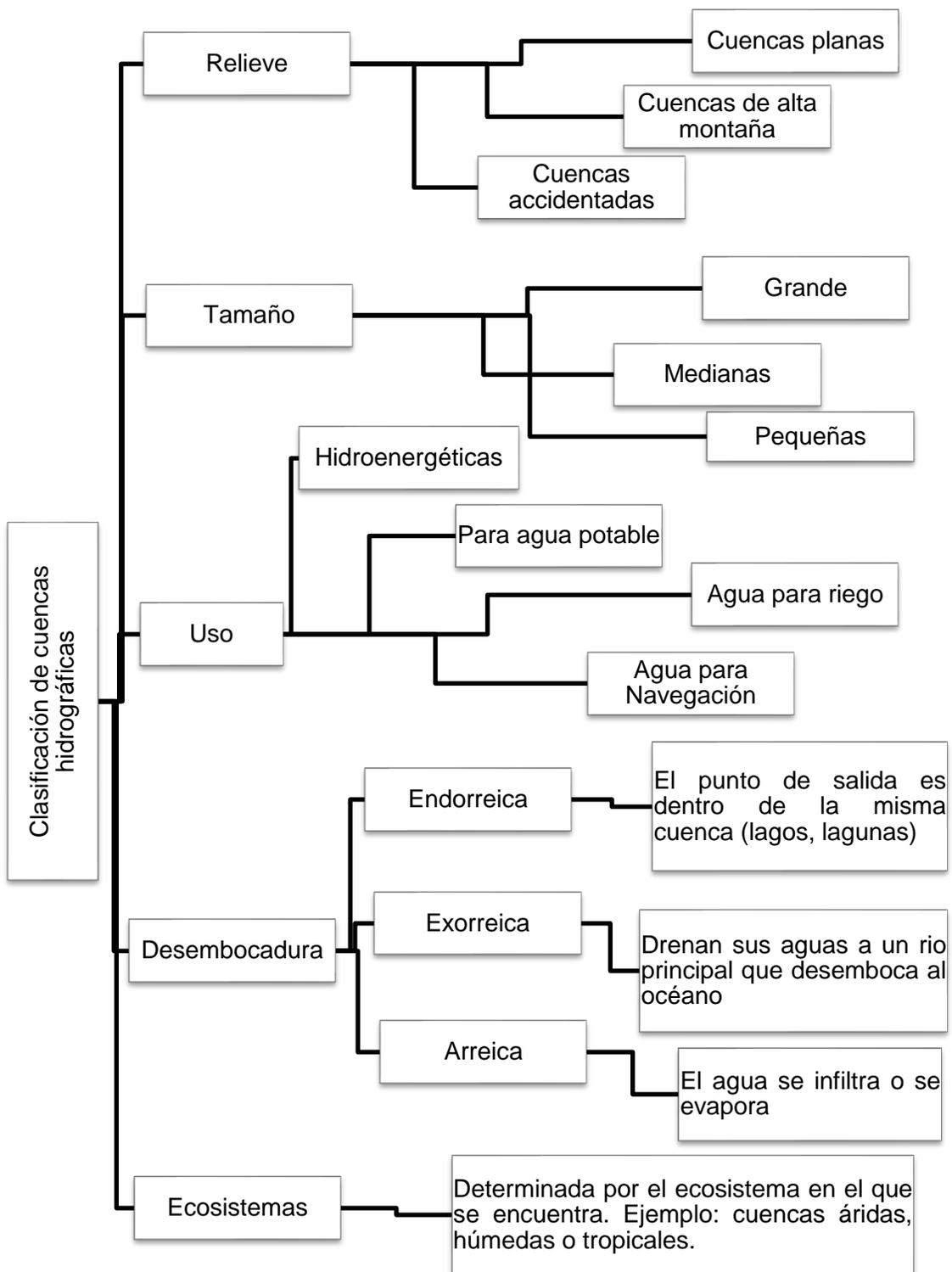


Figura 2 Clasificación de las cuencas hidrográficas

Elaboración propia a partir de FuncaAgua (2020) y Vásquez (2019)

2.4 Elementos de una cuenca hidrológica

Los elementos que comúnmente se presentan en una cuenca son las zonas de captación o cuenca alta, cuenca intermedia o de almacenamiento, cuenca baja (Zona de descarga), parteaguas y cause principal. El parteaguas supone que una línea en los puntos más altos de las montañas o lomas delimita las cuencas hidrográficas unas de otro, resultando que la red de cauces tomo direcciones diferentes y desembocan en distintos ríos, mientras que el cauce principal es el río con mayor caudal de agua que normalmente está bien definido (Velez, 2003)

Dentro de las cuencas puede haber zonas con funciones distintas, como zonas de captación, de almacenamiento y descarga, según Garrido (2001) describe lo siguiente:

2.4.1 Zona de captación

Son áreas cercanas al parteaguas, en las zonas más elevadas de la cuenca, normalmente montañas, lomeríos y es de donde se forman los primeros escurrimientos que toman enormes velocidades.

2.4.2 Zona de almacenamiento

Es una zona que se encuentra entre la zona de captación y la zona de descarga, aquí los escurrimientos de agua confluyen desde la zona de captación y llevan consigo sedimentos y material orgánico, es decir, es un área de transporte y erosión. También Vásconez (2019) menciona que es la parte de la cuenca donde puede haber presencia de agua contaminada debido a las actividades de aprovechamiento que se realicen dentro de la cuenca (agricultura y sistemas de agua urbanos).

2.4.3 Zona de descarga

Finalmente, después del recorrido de los flujos hídricos en la cuenca, estos desembocan en la parte más baja para unirse a ríos mayores más caudalosos alimentados de flujos de otras partes que van a salir al mar o a una concentración de agua como un lago o río menor.

2.5 Etapas del estudio técnico para el diagnóstico de una cuenca.

En los últimos años, se sufre de cambios climáticos importantes como periodos de sequías más largos, lluvias más intensas en cortos tiempos, temperaturas extremas y fenómenos naturales más devastadores; sin duda la actividad humana ha contribuido a esos fenómenos con sus actividades productivas, económicas, propiciando contaminación ríos y degradación de los recursos. Como respuesta ante estos fenómenos México implementó diferentes iniciativas para remediar o contrarrestar estas acciones, una de estas es la gestión de cuencas hidrológicas, ya que en ella concluyen todos los procesos que mantienen el funcionamiento de los servicios ambientales de los cuales se mantiene la vida e importantes beneficios a la sociedad como los hidrológicos, productividad del suelo, de la cubierta vegetal, fijación de CO² y producción de oxígeno entre otros.

La gestión integrada de cuencas hidrológicas, ordenamiento territorial y ordenamiento ecológico, son metodologías muy similares en la planeación del uso de un territorio, ya que estas pueden ser en superficies de carácter político (locales, regionales, marinos) o una cuenca hidrológica por lo que, nos referimos al manejo o gestión integrado de las cuencas hidrológica como sinónimos de ordenamiento territorial u ordenamiento ecológico.

Para el diagnóstico de las microcuencas se optó por realizar un estudio técnico para poder conocer los aspectos más relevantes del área de estudio a través de cuatro etapas, caracterización, diagnóstico y propuesta; tomando como guía el manual del proceso de ordenamiento ecológico (SEMARNAT, 2006). se definen de la siguiente manera.

2.5.1 Caracterización

En esta etapa se busca obtener y describir la información de los componentes naturales, social y económicos de la microcuenca a ordenar, considerando los criterios de delimitación del área, basándose en una cuenca asociada al municipio de Otumba.

Posteriormente, la identificación de los atributos ambientales deberá incluir algunos sectores como la agricultura, actividades pecuarias, aprovechamiento forestal, acuicultura, minería, conservación, urbano, turismo y áreas naturales protegidas. De esta manera la caracterización nos ayudará a diferenciar los atributos favorables y no favorables, asignará la importancia de estos para el desarrollo de actividades de cada sector, permitirá elaborar los programas, proyectos y acciones de los participantes en el tema.

2.5.2 Diagnóstico

El diagnóstico analizará los conflictos ambientales de la microcuenca, por medio de análisis de aptitudes en que se permitirá conocer la capacidad del territorio para sostener actividades, para esto se generaran mapas para cada área y al compararlos se podrá identificar los conflictos existentes. posteriormente con los mapas de actitud por sector y los mapas de conflictos ambientales se deberá delimitar las zonas que se destinaran para preservar, conservar, proteger o restaurar: En esta delimitación se incluyen superficies sujetas a degradación, desertificación o contaminación, zonas de conservación de ecosistemas, servicios ambientales, áreas naturales protegidas, hábitat críticos y áreas susceptibles a efectos negativos.

2.5.3 Propuesta

Para finalizar el estudio técnico se generarán propuestas con ayuda de un modelo ecológico en un sistema de información geográfica que representan las unidades de gestión ambiental (UGA), estas UGAS contendrán información sobre las aptitudes dentro de ellas y la asignación de una política ambiental de diferentes criterios, estas son, las políticas de aprovechamiento sustentable, preservación, conservación y restauración. Finalmente, la organización y análisis de esta información, nos llevarán a la generación de estrategias ecológicas con acciones, proyectos y programas de diferentes niveles de gobierno, tiempos de cumplimiento, criterios de regulación ecológica e indicadores ambientales.

3 MARCO METODOLÓGICO

3.1 Metodología para la etapa de caracterización

Para el presente estudio se utilizaron los sistemas de información para la generación de mapas y gestión de datos geospaciales necesarios, estos fueron el software de QGIS Desktop versión 3.28.15, Saga Gis versión 7.8.2.y GRASS GIS 8.3.1. En la información geográfica digital se utilizó el sistema de referencia de coordenadas (SRC) Universal Transversa de Mercator Zona 14 N, con Geoide y elipsoide WGS 84. En casos donde se necesitaba utilizar la cartografía digital en SRC Cónica Conforme de Lambert, se re proyectaron al SRC mencionado anteriormente.

3.1.1 Delimitación de la microcuenca

En la etapa de caracterización se delimitaron las microcuencas asociadas al municipio de Otumba de Gómez Farías, Estado de México, como se describe en la siguiente lista de procedimientos (Figura 3).

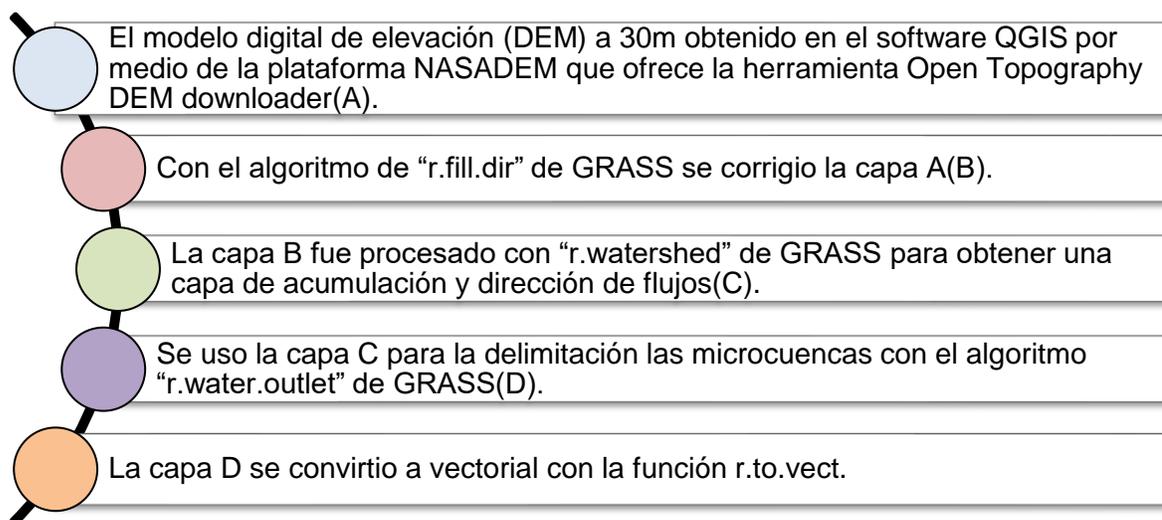


Figura 3 Obtención de las microcuencas.

3.1.2 Descripción de los aspectos naturales de las microcuencas

En esta etapa se procesaron diferentes cartas digitales para obtener las descripciones de los aspectos bióticos (Cuadro 1), como la edafología, uso de suelo y vegetación, clima, fisiografía, geología e hidrología. En cuanto a la flora y fauna, se documentó con base en avistamientos propios y consultas. Cabe mencionar que en la capa de vegetación se actualizó la zona urbana, digitalizando los polígonos de estas e insertarlas a la capa.

Cuadro 1 Fuentes de información para los aspectos naturales de las microcuencas en la etapa de caracterización

Carta	Escala	Fuente
Clima	Escala 1:1 000 000	(CONABIO, 1998)
Uso de suelo y vegetación	Escala 1:250 000	(CONABIO, 2021)
Geología	Escala 1:250 000	(INEGI, 1983)
Fisiografía	Escala 1:1 000 000	(INEGI, 2001)
Aguas superficiales	Escala: 1: 250 000	(INEGI, 1983)
Hidrología	Escala 1:250 000	(CONABIO, 1998)
Edafología	Escala: 1: 250 000	(INEGI, 2007)

3.1.3 Componentes para clima

En el apartado de clima se integran la temperatura y precipitación, se obtuvo del servicio meteorológico de la comisión nacional del agua (CONAGUA, 2020) por medio de 16 estaciones meteorológicas localizadas alrededor de las microcuencas, cuya información fue interpolada en QGIS.

3.1.3.1 Evapotranspiración potencial con el método de Thornthwaite.

La evapotranspiración potencial es la que se producirá si la humedad del suelo y la cobertura vegetal estuvieran en condiciones óptimas, para calcularla. Se utilizó la fórmula de Thornthwaite, para desarrollar la fórmula fue necesario contar con los datos de temperatura (C°) y precipitación en mm (Cuadro 2).

Cuadro 2 Procedimiento para la evapotranspiración potencial con el método de Thornthwaite

Índice de calor mensual (i)	$i = \left(\frac{t}{5}\right)^{1.514}$ t=temperatura media mensual °C
Índice de calor anual (I)	$I = \sum i$
ETP sin corregir	$ETP_{sin\ corr.} = 16 \left(\frac{10 \cdot t}{I}\right)^a$ t=temperatura media mensual °C I=índice de calor $a = 675 \cdot 10^{-9} I^3 - 771 \cdot 10^{-7} I^2 + 1792 \cdot 10^{-5} I + 0.49239$
Corrección para el número de días del mes y el número de horas de sol.	$ETP = ETP_{sin\ corregir} \frac{N}{12} \frac{d}{30}$ ETP= Evapotranspiración potencial corregida N= número máximo de horas de sol, dependiendo del mes y de la latitud d= número de días del mes

3.1.3.2 Evapotranspiración real con fórmulas de Turc

Esta fórmula calculó el agua que se perdió por no lograr precipitarse para escorrentía, se seleccionó debido a que no hay un límite mínimo o máximo de precipitaciones anuales. Recalcando que los resultados son para ETR anual, aunque se necesite mensual, únicamente debiéramos realizar el proceso con temperaturas y precipitaciones mensuales. La fórmula es la siguiente:

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

ETR=evotranspiración real en mm/año

P= precipitación en mm/año

L=300+25t+0.05t

T=temperatura media anual en C°

3.1.4 Procedimiento para el aspecto social y económico

Las características de la población de interés para el presente estudio, fueron el grado de marginación, población con educación preescolar, primaria, secundaria y estudios media y superior, viviendas habitadas con o sin energía eléctrica, drenaje y agua entubada, personas con alguna lengua indígena, afromexicanos y acceso a servicios de salud. El índice de marginación (carencias poblacionales) se consultó por localidad, municipio y entidad (CONAPO, 2020), mientras que el resto de los aspectos en el censo de población y vivienda (INEGI, 2020). En el aspecto económico se analizó la información estadística de producción agrícola y pecuaria (SIAP, 2020) que dispone datos a nivel nacional, estatal, por distrito de desarrollo y municipal. También se incluyeron actividades turísticas relevantes para la región.

3.2 Metodología de la etapa diagnóstica.

El Diagnóstico es el apartado en el cual se identificó los riesgos o problemáticas que indiquen algún tipo de degradación ambiental en las microcuencas, como los aspectos morfológicos generales de las microcuencas, los riesgos potenciales de Erosión hídrica y eólica, también las aptitudes de uso potencial agrícola, pecuario y forestal. Después se delimitaron las UGAS y se les asignó una política ambiental; cabe mencionar que fue necesario localizar áreas naturales y zonas arqueológicas, las cuales fueron excluidas de las propuestas de ordenamiento, ya que cuentan con sus propios planes de manejo.

El análisis final del diagnóstico, es definir las fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas (FODA) de las políticas definidas para las UGAS. Esta herramienta es muy útil para sintetizar un diagnóstico en donde se resaltarán las condiciones favorables del territorio, las oportunidades positivas de aprovechamientos, factores que pueden provocar situaciones desfavorables o ser puntos débiles que limiten el desarrollo de actividades productivas e inclusive amenazas que limiten el desarrollo del proyecto.

3.2.1 Los parámetros morfológicos, forma, relieve y drenaje en las microcuencas

Para comprender las dinámicas de las microcuencas se calcularon variados parámetros, como los morfológicos y de forma (Cuadro 3), relieve (Cuadro 4) y drenajes (Cuadro 5).

Cuadro 3 Métodos para aspectos morfológicos y de forma de las microcuencas

Aspecto	Método
Área y perímetro	Con la calculadora de campos en las capas vectoriales de las microcuencas.
Longitud y ancho	La longitud fue medida con la regla de QGIS y el ancho con la fórmula: $W: \frac{A}{L}$ Donde "A" es la superficie de la microcuenca en km ² y "L" es la longitud en km.
Índice de compacidad o Gravelius	$K = 0.282 \frac{P}{\sqrt{A}}$ K=índice de compacidad P=perímetro de la microcuenca en km A= área de la microcuenca en km ²
Factor de forma Horton	$Rf = \frac{A}{l^2}$ A: Área de la microcuenca en km ² L: longitud de la microcuenca(km)

Cuadro 4 Métodos para obtener los parámetros de relieve en las microcuencas

Aspecto	Método
Cota mayor (msnm) Cota menor (msnm) Cota media (msnm)	Consulta de información en la capa ráster sin depresiones
Desnivel altitudinal (msnm)	$DA \frac{HM}{Hm}$ HM: Cota más alta Hm: Cota más baja
Pendiente mínima (%) Pendiente media (%) Pendiente máxima (%)	Consulta de información en la capa ráster sin depresiones.
Curva Hipsométrica	Archivo de texto de *. csv generado con la función "curva hipsométrica" de QGIS.
Cause principal	En SAGA GIS con la capa ráster sin depresiones, se generaron capas de drenajes con la función "drainage basins de Geoprocessing". Con la función "ruta más

Aspecto	Método
	corta de punto a punto” se determinó el cauce principal.
Perfil longitudinal del cauce	Con la función “ <i>terrain profile</i> ” para capas ráster en QGIS, se generó un *. csv con la información para su análisis.

Cuadro 5 Métodos para obtener los parámetros de drenaje en las microcuencas.

Aspectos	Métodos
Cota mayor del cauce (msnm) Cota menor del cauce (msnm) Cota media del cauce (msnm)	Al cauce principal se le hizo un buffer para así aplicar la estadística zonal junto con la capa de pendientes en msnm.
Pendiente mínima del cauce (%) Pendiente media del cauce (%) Pendiente máxima del cauce (%)	Al cauce principal se le hizo un buffer para así aplicar la estadística zonal junto con la capa de pendientes en %.
Orden de corrientes	En la capa de drenajes creada en SAGA GIS, se identificaron los órdenes con el método de Horton-Strahler que dicta lo siguiente: Orden 1: son canales sin ramificación Orden 2: contiene cauces de primer orden Orden :3 existen cauces de primer y segundo orden
Densidad de drenaje	Se aplicó la fórmula $Dd = \frac{L}{A}$ L : Longitud total del orden de corrientes(km) A : Área de la microcuenca (km ²)

3.2.2 Otros aspectos Hidrológicos

Se calcularon los tiempos de concentración con tres diferentes métodos el de Kirpich, Témez, Giadotti, así como el coeficiente de escurrimiento, tiempo de retorno, gasto de cauce, volumen de escurrimiento natural de la cuenca como se muestra en el Cuadro 6.

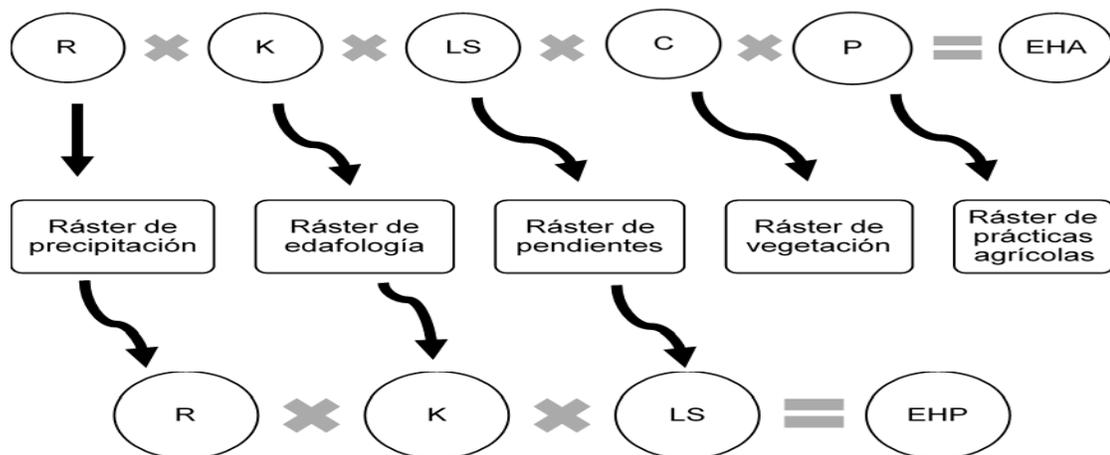
Cuadro 6 Métodos para el cálculo de gasto caudal y volumen de escurrimiento natural

Aspecto	Método
Tiempo de concentración de Kirpich.	$Tc = 0.066\left(\frac{L}{S^{0.5}}\right)^{0.77}$ TC: tiempo de concentración L: longitud del cauce principal (km)

Aspecto	Método
	S: pendiente promedio del cauce principal de la cuenca(m/m)
Tiempo de concentración de Témez	$T_c = 0.03 \left(\frac{L}{S^{0.25}} \right)^{0.76}$ TC: Tiempo de concentración L: Longitud del cauce principal (km) S: Pendiente promedio del cauce principal de la cuenca(m/m)
Tiempo de concentración de Giadotti	$T_c = \frac{4\sqrt{S} + 1.5L}{0.8\sqrt{H}}$ TC: Tiempo de concentración S: Área de la cuenca (Km ²) L: longitud del cauce principal (km) H: Pendiente promedio del cauce principal de la cuenca en m/m
Tiempo de retorno	Se obtuvo la precipitación diaria en un lapso de 48 años para la estación climatológica 15065(CONAGUA.2020) de Otumba. Tiempo de retorno = (Orden+1) /orden, en donde el "orden" es el año de registro de lluvias. Fórmula de la curva logarítmica para precipitaciones máximas y posterior estimado para 1,5 y 10 años.
Coefficiente de escurrimiento	Método especificado en la NOM-011-CONAGUA-2015, que indica un método indirecto para el cálculo con la fórmula: Si K es mayor que 0,15 $C_e = K (P-250) / 2000 + (K-0,15) / 1.5$ K: valor asignado de acuerdo las características de vegetación y textura (capa digital, edafológica y vegetación.) P: Precipitación anual en mm
Intensidad de lluvia en mm/h(I)	$I = \frac{P}{t_c}$ t_c : Tiempo de concentración en horas P: Precipitación en milímetros. Esta fórmula se aplica a los estimados de lluvia calculados del tiempo de retorno.
Gasto caudal	$Q = \frac{CIA}{360}$ C: coeficiente de escurrimiento I: intensidad de lluvia en mm/h A: superficie de la microcuenca en hectáreas. Q: Gasto caudal en metros cúbicos por segundo
Volumen de escurrimiento natural	$VESC = P_m * A * C_e$ VESC: Volumen anual de escurrimiento natural de la microcuenca P _m : Precipitación media anual de la microcuenca (mm) A: Área de la microcuenca (ha) C _e : coeficiente de escurrimiento Especificado en NOM-011-CONAGUA-2015 (011, 2015)

3.2.3 Procedimiento para erosión hídrica actual y potencial del suelo

Para el análisis de erosión hídrica actual y potencial del suelo se hizo uso de la Ecuación Universal de la Perdida de Suelo (EUPS) propuesta por Wischmeier y Smith (Wischmeier, 1978), la cual toma en cuenta elementos de clima, edafología, pendientes, vegetación, y prácticas agrícolas. Estos elementos son procesados con interpolación en formato ráster en el software QGIS 3.28.15(Figura 4).



Notas: La fórmula de EUPS es $A = R * K * L * S * C * P$, donde A= erosión anual en (ton ha⁻¹ año⁻¹), R: erosividad de la lluvia en MJ-1mm ha⁻¹ h⁻¹ año⁻¹, K: Erodabilidad del suelo (ton ha MJ-1mm⁻¹), L: longitud de pendiente (adimensional), S: pendiente (adimensional), C: cubierta vegetal y uso de suelo, sin medida, P: técnica de conservación. EHA es "Erosión hídrica actual" y EHP es "Erosión hídrica potencial".

Figura 4 Procedimiento para obtener erosión hídrica actual y potencial del suelo

La diferencia de la erosión hídrica potencial y la actual radica en la posibilidad del grado de erosión que podrá ocurrir cuando no hay cobertura vegetal (Factor C), mientras que en la erosión hídrica actual se tiene en cuenta el factor de protección por la cubierta vegetal.

3.2.3.1 Factor de erosividad de lluvia "R"

Para calcular el factor "R" se optó utilizar el índice modificado de Fourier (IMF) elaborado por Arnoldus 1977, en la fórmula "ICONA" España (Rodríguez et al ,2004).

Índice modificado de Fourier (IMF):

$$IMF = \sum_{i=1}^{12} \frac{P_i^2}{P_m}$$

P_i^2 = Precipitación mensual

P_m = Precipitación media anual.

“ICONA” España:

$$R = 2.56 * IMF^{1.065}$$

3.2.3.2 Determinación de la erodabilidad del suelo(K)

La erodabilidad del suelo se refiere a la susceptibilidad del suelo a ser erosionado cuando este expuesto a agentes degradantes como el agua o viento (USDA-ARS,1997; Shabani et al.,2014) se puede calcular de forma indirecta a través de un método propuesto por la FAO (1998), el método busca calcular el factor “K” con texturas y valores ponderados a partir del tipo de suelo clasificado por la propia FAO.

3.2.3.3 Factor de longitud _pendiente (L y S)

Se siguió la propuesta por Mintegui (1983), en la cual se utilizó la capa de pendientes en porcentaje de las microcuencas. La forma de Mintegui (1983) es la siguiente:

$$LS = 0.009 * P^2 + 0.0798 * P \quad P \leq 30 \%$$

$$LS = 0.2558 * p + 3.248 \quad P > 30\%$$

Donde “P” es la pendiente en porcentaje, cuando es menor del 30% y mayor de 30%, en la capa de pendientes ráster se utilizó la función “*mapcalc simple*” de GRASS, que permitió calcular de manera más sencilla las fórmulas.

3.2.3.4 Factor de vegetación y uso de suelo (c)

El factor “C” hace referencia a la capacidad que tiene la vegetación para impedir el arrastre de los materiales en el suelo ayudando a impedir la pérdida de suelo, para

este factor se utilizó la reclasificación de Figueroa et al. (1991) y Kirkby et al. (1984).

3.2.3.5 Factor técnico de conservación (P)

Este factor hace referencia a que en el área de estudio se emplean prácticas o técnicas de labranza cuando introducen cultivos específicamente en pendientes lo que podría modificar la estructura del suelo, debido a que no se encontró información de este tipo, al factor (P) se le asignó el valor de 1, es decir que, en el área no aplican prácticas de labranza por lo que existe erosión.

3.2.3.6 Reclasificación por tabla ráster

Después del procedimiento que indica el método EUPS, se realizó la reclasificación por tabla ráster en QGIS de la erosión actual y potencial de acuerdo a la FAO 1980, que clasifica los grados de erosión como se muestra en el Cuadro 7.

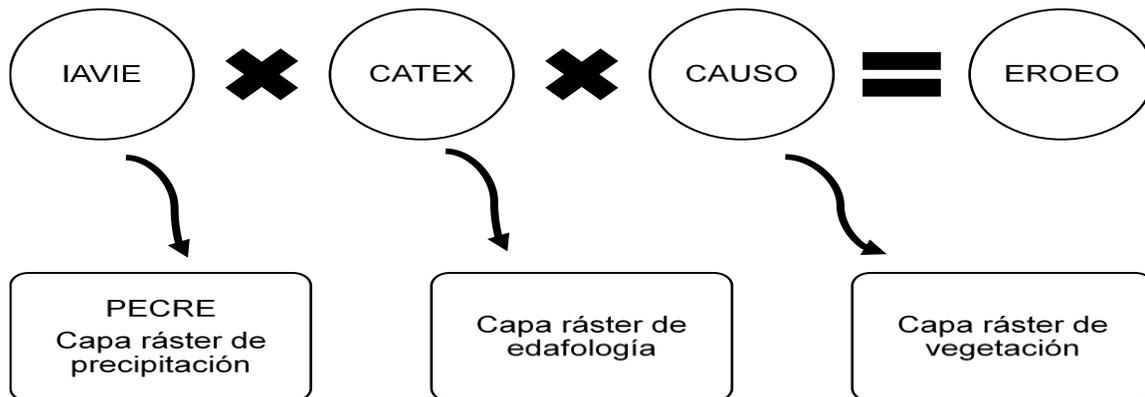
Cuadro 7 Grado de erosión hídrica

Grado de erosión	Rango de erosión (t ha ⁻¹ año ⁻¹)
Incipiente	0-5
Liguera	5-10
Moderada	10-50
Severa	50-200
Muy severa	>200

Fuente: Con base en FAO (1980)

3.2.4 Procedimiento para erosión eólica del suelo.

Para estimar la erosión eólica del suelo se usó la fórmula del manual de ordenamiento de la (SEDUE, 1998) utilizando reclasificación de valores en las tablas de atributos para las capas de edafología, uso de suelo y vegetación para posteriormente ser interpoladas con el valor buscado, para PECRE se usaron los valores de la capa ráster interpolada de precipitaciones (Figura 5).



Notas: Erosión Eólica (EROEO)=IAVIE*CATEX*CAUSO. Dónde: IAVIE: Índice de agresividad del viento. CATEX: Calificador de textura y fase del suelo. CAUSO: Calificador por uso del suelo (cobertura de vegetación). PECRE: índice de crecimiento.

Figura 5 Procedimiento para obtener la erosión eólica del suelo

Después de calcular componentes de la fórmula de erosión eólica (Cuadro 8), se reclasificó por tabla ráster en QGIS para determinar los grados de erosión (Cuadro 9).

Cuadro 8 Procedimiento de los componentes de la fórmula de erosión eólica

Componente	Procedimiento
PECRE	PECRE= 0.2408 (Precipitación) - 0.0000372 (precipitación) ² - 33.1019
IAVIE	IAVIE= 160.8252 - 0.7660(PECRE)
CATEX	Con ayuda de las capas digitales de edafología, se identificó los suelos calcáreos y no calcáreos para ser calificados (SEDUE, 1998) en un nuevo campo denominado "CATEX" en la tabla de atributos de la capa y posteriormente ser rasterizada.
CAUSO	se necesita calificar el uso de suelo (CAUSO) basándonos en el tipo de vegetación existente (SEDUE, 1998) por ello se utilizó la capa de vegetación.

Cuadro 9 Clases de degradación eólica del suelo

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

Fuente: SEDUE (1998)

3.2.5 Georreferenciación y digitalización de aptitudes agrícolas, pecuarias y forestales

Se usaron las cartas de “Uso potencial de suelo” (INEGI, 1985). Estas cartas están en formato PDF por lo que fue necesario georreferenciarlas, después digitalizar cada polígono y elaborar la tabla de atributos con los aspectos de potencial de uso.

Además de utilizar las aptitudes agrícolas, también se tomó otros datos de la carta de uso agrícola como los métodos de labranza y la intensidad de uso (ciclos). De la información que brinda la carta de uso pecuario, se tomara en cuenta, la aptitud de uso, la cobertura natural o inducida de pastos y el tipo de ganado que se puede desarrollar. Finalmente, se tomarán las aptitudes de uso forestal, orientación económica y extracción maderable y no maderable.

3.2.6 Delimitación de UGAS

En esta etapa fue necesario delimitar las unidades de gestión ambiental (UGAS), estas tienen como características el poseer condiciones homogéneas de atributos físicos, bióticos, socioeconómicos y de aptitud (SEMARNAT, 2006). En sí no existe algún criterio específico para delimitarlas, por lo que se eligieron tres aspectos, estos son:

- a) Sistemas de topoformas: para identificar las formas del relieve que caracterizan las UGAS.
- b) Edafología: identificar el tipo de suelo apto para actividades productivas.
- c) Uso de suelo y vegetación: importante para tomar en cuenta en las políticas ecológicas.

El procedimiento que se siguió se describe en la Figura 6, la cual se realizó con QGIS y sus herramientas de intersección, corrección de geometrías, eliminar polígonos y calculadora de campos.

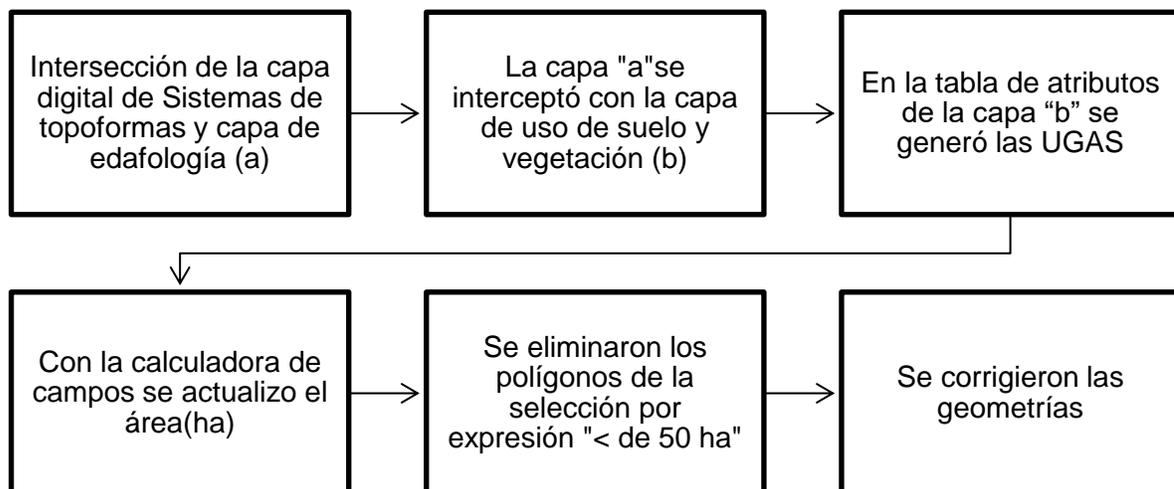


Figura 6 Procedimiento para la delimitación de UGAS

3.2.7 Criterios para asignar políticas ambientales

Las políticas ambientales fueron asignadas con base a la ley del equilibrio ecológico y protección al medio ambiente, estas son aprovechamiento, preservación o protección, conservación y restauración (DOF,1998); Cabe mencionar que pueden asignar más de dos políticas. A continuación, los criterios de asignación

A) Una UGA definida para aprovechamiento, será aquella en la que se detecte en mayor medida una aptitud de uso agrícola, pecuario y forestal, pero que este uso actual del suelo se realiza de manera adecuada sin perjuicio de los recursos asociados a este; en esta política también se consideraron las zonas urbanas debido a que se tratan de un uso permanente del suelo.

B) Una UGA para conservación a aquella que muestre vegetación natural en buen estado o poco perturbada; ubicadas en sierras, lomeríos y mesetas con erosión hídrica ligera, ya que significaría que la vegetación es densa para favorecer la retención el escurrimiento de agua.

C) La política de restauración será aquella que sea diagnosticada con erosión hídrica moderada a muy severa y erosión eólica moderada a muy severa;

independientemente si es una zona productiva, de conservación y protección. En caso de que la zona presente suelos muy frágiles, será exclusivamente para restauración.

D) La política de protección será para aquella UGA que contenga bosques de pino, encino, oyamel y táscate, en condiciones poco perturbadas, localizadas en lomeríos y sierras.

3.2.8 Análisis DE Fortalezas, Oportunidades, Debilidades Y Amenazas (FODA)

Se elaboró un diagnóstico FODA para cada política ecológica como aprovechamiento, restauración, conservación y protección. Las fortalezas reunirán aquellas cualidades positivas con las que cuenta el territorio para el desarrollo de actividades productivas o condiciones que aporten al objetivo de política, las oportunidades serán las cualidades que se pueden mejorar, las debilidades serán situaciones desfavorables que pueden afectar las oportunidades, y las amenazas serán aquellas que atenten con el desarrollo ecológico y productivo de la zona.

3.3 Métodos para la etapa de propuesta

Las propuestas se basarán en la información de caracterización y diagnóstico de las UGAS; estas se generan para cada política ecológica, ya que estas contienen UGAS de características similares y usos. Se generó un mapa temático para poder visualizar la distribución de las políticas en las microcuencas.

4 RESULTADOS

4.1 Etapa de caracterización de las microcuencas

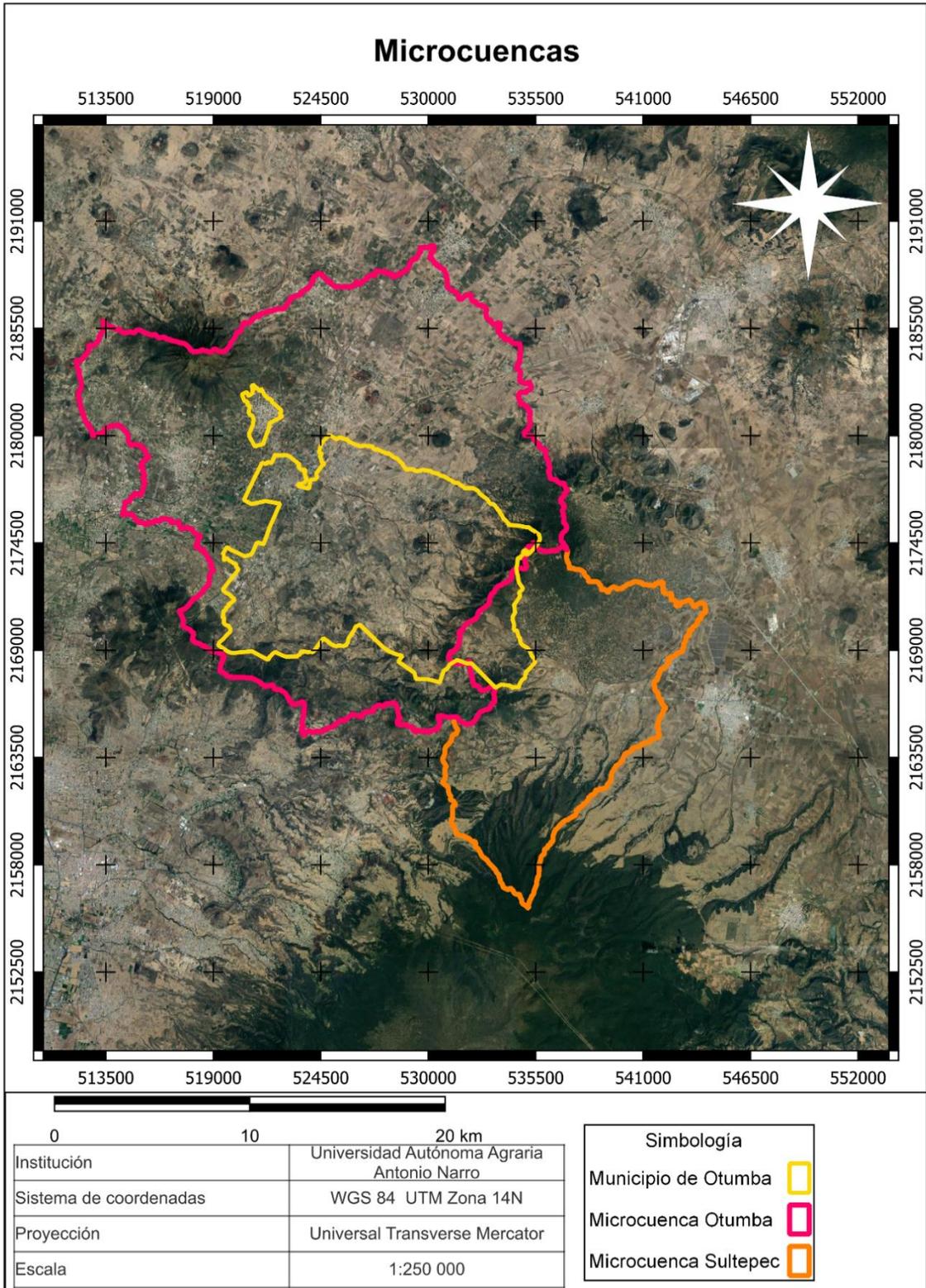
4.1.1 Microcuencas de estudio

Las microcuencas de estudio obtenidas de la delimitación asociada al municipio de Otumba fueron dos, denominadas como “Microcuenca Otumba”, ya que cubrió en su mayoría la superficie del municipio, la segunda se le asignó el nombre de “microcuenca Sultepec” porque es el nombre de la localidad más grande ubicada en esta (Mapa 1).

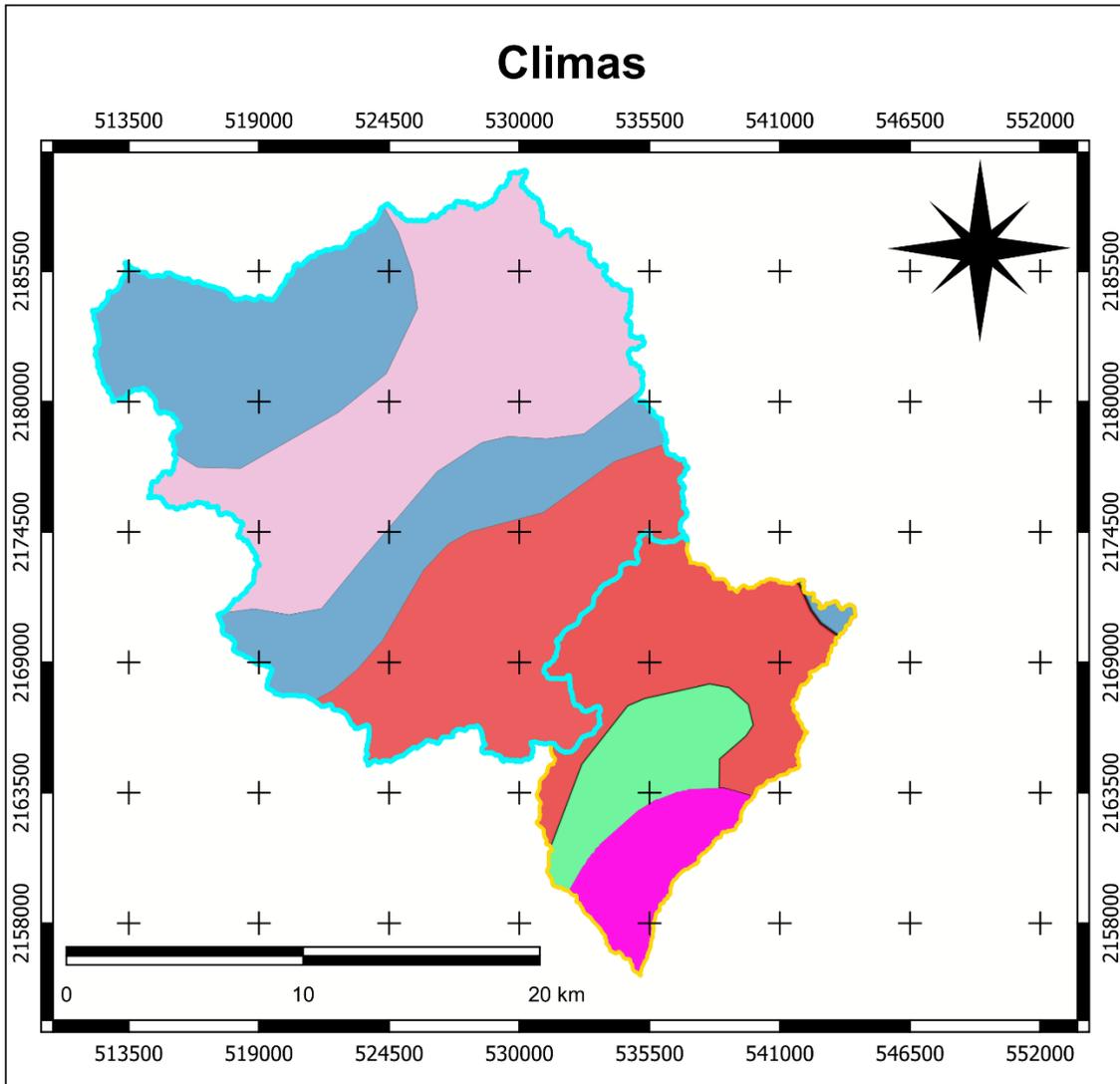
4.1.1 Clima

La microcuenca “Otumba” dispone de tres tipos de clima (BS1Kw, C(wo), C(w1)). El clima BS1Kw suele ser semiárido a templado, abarca el 37.5% del territorio, C(Wo) es templado subhúmedo, ocupa 37.4% de la superficie y C(w1) de carácter templado subhúmedo en un área de las 25.02 ha.

En la microcuenca “Sultepec” los climas de tipo C(wo) abarcan escasamente el 1% del área, es templado subhúmedo, C(w2) es templado, representando el 25% de la superficie, con el 20% de presencia está el clima de tipo cb(w2), Semifrío subhúmedo, con el 54% de la superficie el clima templado subhúmedo (C(w1)). En el Mapa 2 se puede visualizar de mejor manera la distribución de estos climas.



Mapa 1 Microcuencas de estudio



Institución		Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro	
Sistema de coordenadas		WGS 84 UTM Zona 14N	
Proyección		Universal Transverse Mercator	
Escala		1:250 000	

Clave	Clima	Simbología	
BS1kw	Semiárido templado	BS1kw	
C(w0)	Templado subhúmedo		
C(w1)	Templado subhúmedo		
C(w2)	Templado subhúmedo		
Cb'(w2)	Semifrío subhúmedo		

Tipo de clima	
	C(w1)
	C(w2)
	C(w0)
	Cb'(w2)

Mapa 2 Climas

4.1.1.1 Precipitación y Temperatura

Como resultado del procesamiento de datos, la microcuenca “Otumba” recibe una precipitación desde 511 mm(mínima) siendo 546 mm la media anual y 578 mm la máxima En la microcuenca “Sultepec” predominan los 576 mm a mayores de 588 mm anuales con una precipitación media anual de 576 mm (Cuadro 10).

Cuadro 10 Precipitación en las microcuencas

Zona	Precipitación anual mínima	Precipitación anual media	Precipitación anual máxima
Microcuenca Sultepec	550 mm	576 mm	588 mm
Microcuenca Otumba	511 mm	546 mm	578 mm

De acuerdo los datos proporcionados de la estación meteorológica 15065, observamos que la temporada en la que podemos esperar mayores lluvias son de junio hasta septiembre, siendo julio el mes en el que se esperaría una mayor precipitación (Figura 7). Los periodos más áridos comienzan a partir del mes de noviembre y finalizan en marzo en temporada invernal.

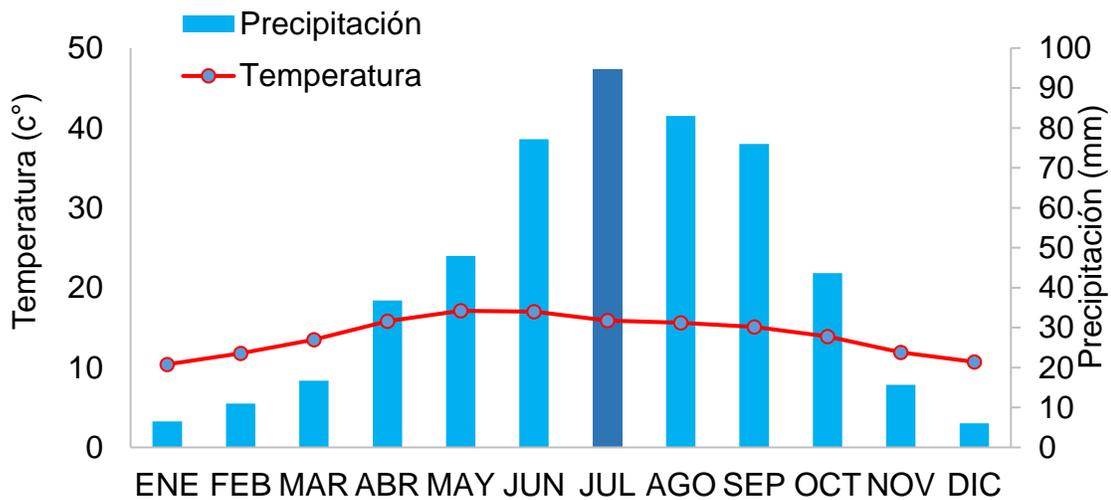


Figura 7 Climograma de la estación meteorológica 15065 “Otumba”

Las temperaturas anuales en las microcuencas predominan en 14 C° (Cuadro 11).

Cuadro 11 Temperatura en las microcuencas

Zona	Temperatura mínima anual (C°)	Temperatura media anual (C°)	Temperatura máxima anual (C°)
Microcuenca Sultepec	14	14	14
Microcuenca Otumba	14	14	15

4.1.1.2 Evapotranspiración potencial con el método de Thornthwaite

Con el método Thornthwaite para evapotranspiración potencial indicó, que si hipotéticamente la cobertura del suelo y la humedad estuvieran en condiciones adecuadas se evaporaría agua hacia la atmosfera alrededor de 690 mm media anual en Sultepec, mientras que en Otumba 702 mm medios anuales (Cuadro 12).

Zona	ETP anual mínima	ETP anual media	ETP anual máxima
Microcuenca Sultepec	683	690	700
Microcuenca Otumba	686	702	728

Cuadro 12 Evapotranspiración potencial

4.1.1.3 Evapotranspiración real con fórmulas de Turc

La evapotranspiración real en Sultepec tuvo como valores medios 479 mm/año (Cuadro 13), 211 mm menos que la estimada en ETP (Cuadro 12). En Otumba hubo una ETR media de 463 mm/año, 239 mm menos que la ETP. La ETR media de las microcuencas varía 16 mm/año, siendo Sultepec la que más agua superficial evapotranspiración (Cuadro 13).

Cuadro 13 Evapotranspiración real

Zona	ETR mínima(mm/año)	ETR media(mm/año)	ETR máxima(mm/año)
Microcuenca Sultepec	457	479	490
Microcuenca Otumba	430	463	481

La ETR demostró que en realidad comúnmente la evapotranspiración en temporada de lluvias no es mayor que la precipitación y se podría esperar que el

agua de la superficie tiende más a infiltrarse o escurrir en la superficie de las microcuencas. En el mes de junio, julio, agosto y septiembre el agua tiende a evapotranspirar hacia la atmosfera (Figura 8).

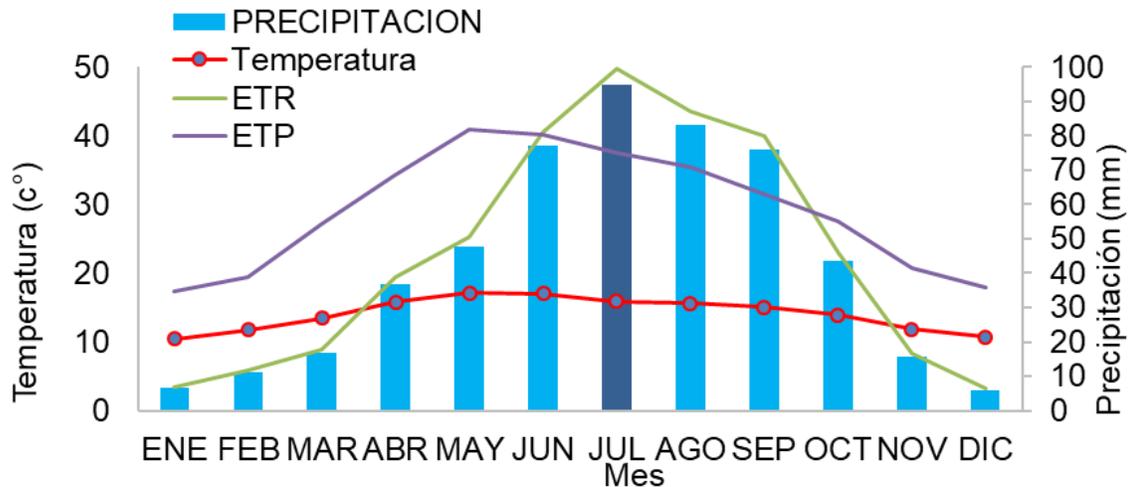
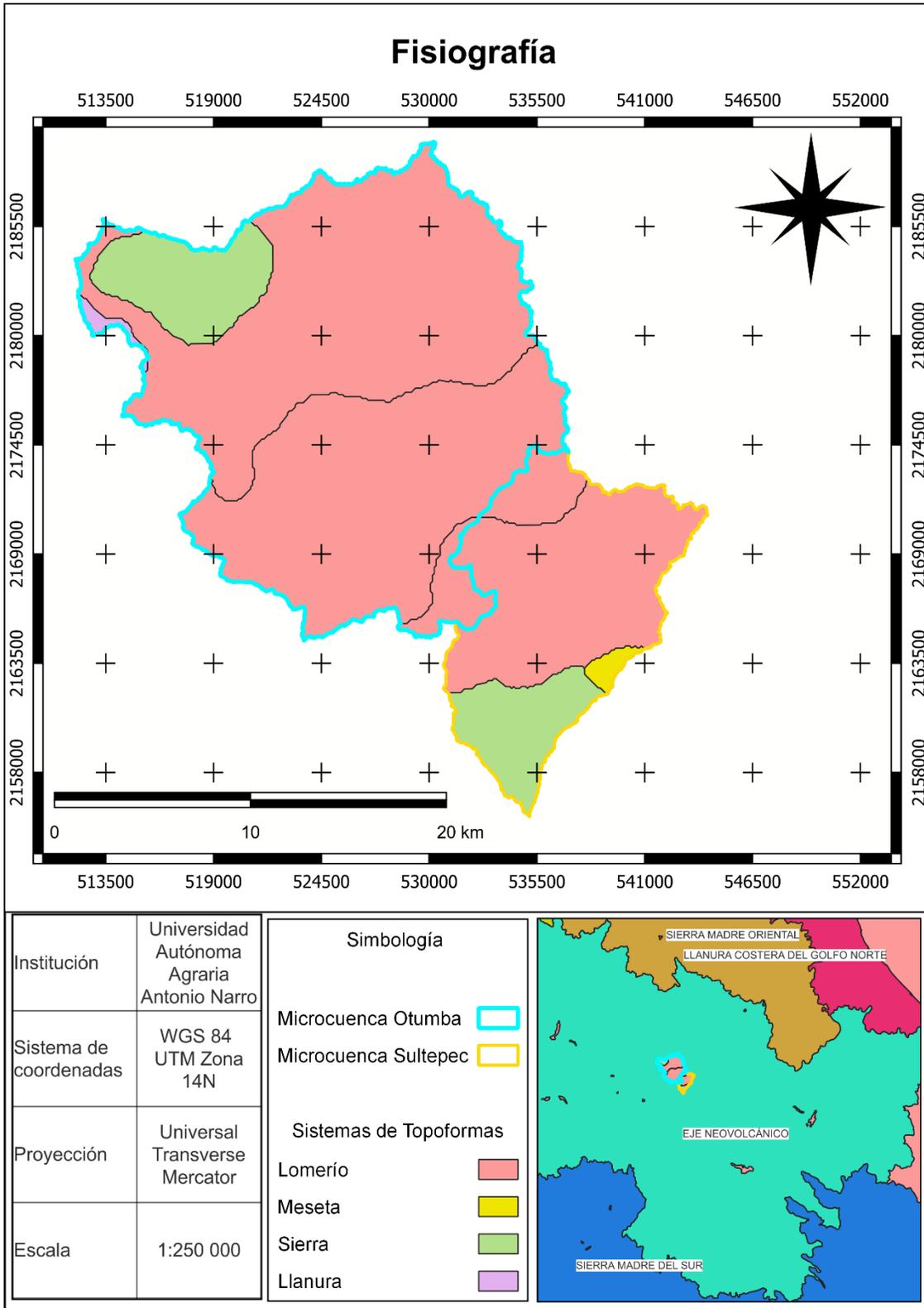


Figura 8 Climograma general

4.1.2 Fisiografía

Las microcuencas de estudio “Otumba y Sultepec” pertenecen en toda su extensión a la provincia eje Neovolcánico (Mapa 3) que de acuerdo con Demant (1978), esta provincia es un cinturón que atraviesa el país de oeste a este en el paralelo 19, con cualidades como la formación de grandes estratovolcanes y numerosos volcanes pequeños que están desarrollados sobre fracturas de tensión, por mencionar algunos están los volcanes como el Iztaccíhuatl, Popocatépetl, Pico de Orizaba, nevado de Toluca entre otros. INEGI (1986), indica en su guía que la actividad volcánica de este eje dio origen a numerosas cuencas de tipo endorreicas, propiciando el desarrollo de lagos (Texcoco, Pátzcuaro, Chalco, Xochimilco, etc.).



Mapa 3 Fisiografía

Las subprovincias de ambas microcuencas son “Lagos y volcanes de Anáhuac” (Mapa 3), esta subprovincia es la más grande (2 103.52 km²) de las 14 subprovincias que conforman el eje Neovolcánico; podremos encontrar rocas lávicas andesíticas, estratovolcanes con coronas cuadrangulares de cumbres de hasta 4300 m.s.n.m (cofre de perote), algunos de formas cónicas con 5 610 msnm (Citlaltépetl) y tipos de relieve como llanuras lomeríos y mesetas (INEGI, 1986)

De acuerdo al análisis de fisiografía, los sistemas de topofomas en la microcuenca Otumba consta de lomeríos, llanuras y sierra. Los lomeríos de tobas abarcan el 51% de la superficie, lomeríos de basalto el 39% y en menores porciones escudos de volcanes (9%) y vaso lacustre de piso rocoso o cementado con el 1% (Cuadro 14).

Cuadro 14 Sistemas de topofomas en la microcuenca Otumba.

Topoforma	Descripción	Ha	%
Lomerío	Lomerío de Tobas	19507.1	51
Llanura	Vaso lacustre de piso rocoso o cementado	239.8	1
Sierra	Escudo volcanes	3588.2	9
Lomerío	Lomerío de basalto	14988.2	39

Los sistemas de topofomas de lomerío de tobas en la microcuenca Sultepec predominan en el 66% del área, la sierra volcánica con estrato de volcanes se encontró en un 22% de la superficie, lomeríos de basalto en un 10% y la meseta basáltica escasamente abarca el 2% (Cuadro 15).

Cuadro 15 Sistemas de topofomas en la microcuenca Sultepec

Nombre	Descripción	ha	%
Lomerío	Lomerío de tobas	8781.8	66
Lomerío	Lomerío de basalto	1283.4	10
Meseta	Meseta basáltica con cañadas	314.2	2
Sierra	Sierra volcánica con estrato volcanes o estrato volcanes aislados	2854.8	22

4.1.3 Geología

Las rocas de la microcuenca Otumba y Sultepec pertenecen a la era cenozoica en los sistemas o periodos de Neógeno y cuaternario (Cuadro 16). El neógeno pertenece al periodo terciario superior entre el mioceno (23.8-5.3 millones de años) y plioceno (5.3-1.8 millones de años), épocas donde principalmente se desarrolló el volcanismo del eje Neovolcánico(mioceno) y hubo actividades volcánicas esporádicas en el plioceno (INEGI, 2005) Después del periodo terciario superior continuo el periodo cuaternario desde 1.8 millones de años hasta el presente.

En la microcuenca Otumba, el 73.06% del área pertenece al sistema o periodo cuaternario y el 26.94% al neógeno, la clase de roca que domina el área es de tipo ígnea extrusiva (86.3%) en cuanto a la cualidad “N/A” se refiere a que no aplica a la clase debido a que es suelo (Cuadro 16) y el tipo de roca más común es la toba básica (45%).

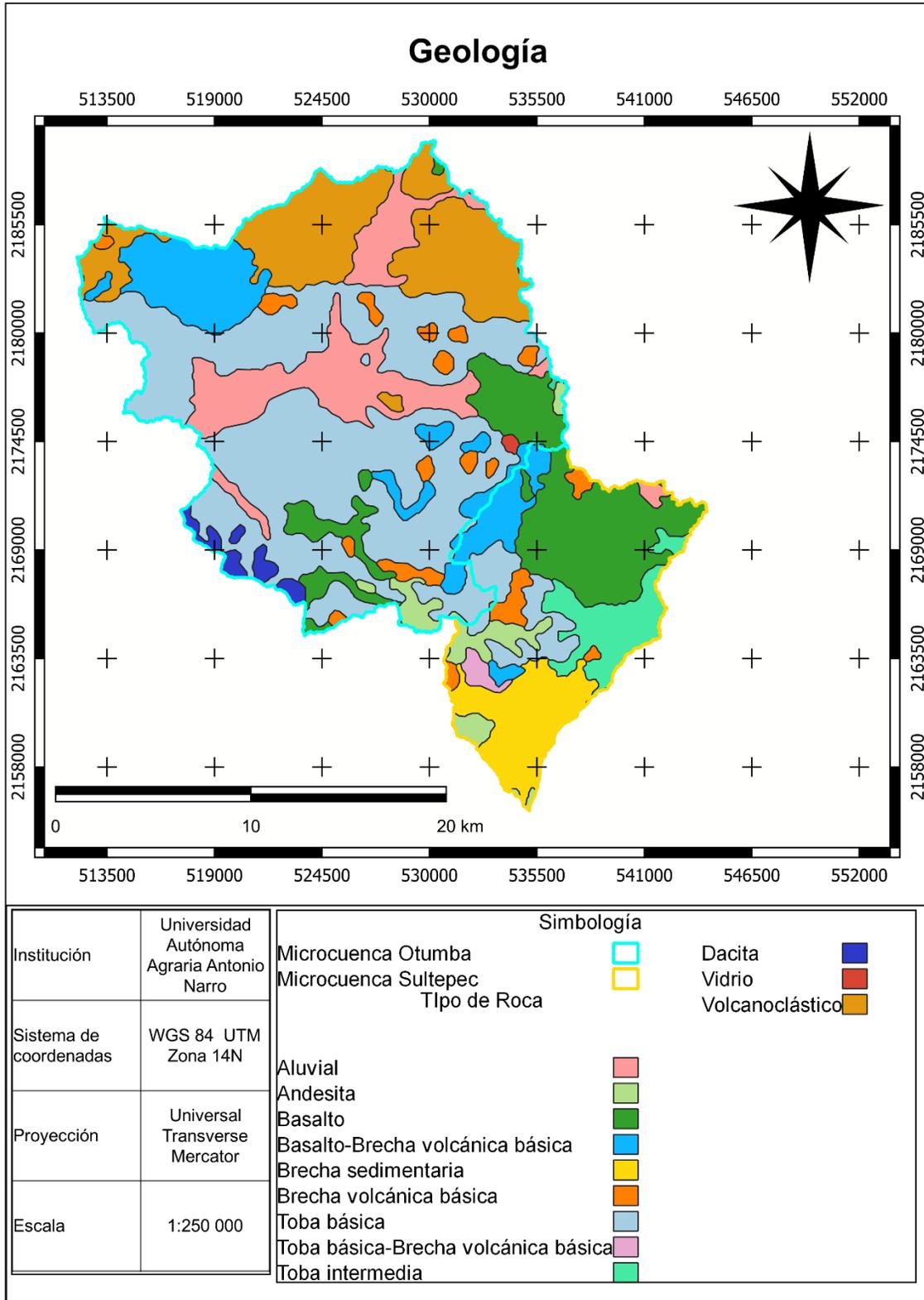
Cuadro 16 Geología en la microcuenca Otumba

Tipo de roca	Superficie Cuaternario(ha)		Superficie Neógeno(ha)	%
	Ígnea extrusiva(ha)	N/A (ha)	Ígnea extrusiva (ha)	
Aluvial		5239		14
Andesita			543.34	1
Basalto	1512.39		1215.78	7
Basalto-Brecha volcánica básica	3116.72		544.99	10
Brecha volcánica básica	946.25		202.40	3
Dacita			621.75	2
Toba básica	17184.85		21.12	45
Toba intermedia			26.46	0.07
Vidrio			63.50	0.17
Volcanoclástico			7084.37	18
Total, general	22760.20	5239.58	10323.72	100

En la microcuenca Sultepec, el periodo más común es el cuaternario con el 58.5% de la superficie y el neógeno con el 41.48%, al igual que en Otumba, la roca ígnea extrusiva es la más común (79.6%), seguida de la roca tipo sedimentaria (19.43%) y una porción de N/A con 0.95% (Cuadro 17). Los tipos de rocas que se encontraron en mayores porcentajes fueron el basalto (32%), brecha sedimentaria (19%) y toba intermedia (15%). La distribución de los tipos de roca se puede apreciar en el Mapa 4.

Cuadro 17 Geología de la microcuenca Sultepec

Tipo de roca	Cuaternario		Neógeno		%
	Ígnea extrusiva (ha)	N/A (ha)	Ígnea extrusiva (ha)	Sedimentaria (ha)	
Aluvial		125.92			1
Andesita			881.63		7
Basalto	4198.01				32
Basalto-Brecha volcánica básica	1203.01				9
Brecha sedimentaria				2571.02	19
Brecha volcánica básica	501.71		83.48		4
Toba básica	1462.45				11
Toba básica-Brecha volcánica básica	254.17				2
Toba intermedia			1953.01		15
Total	7,619.35	125.92	2,918.12	2,571.02	100.00



Mapa 4 Geología

4.1.4 Hidrología

Las microcuencas de estudio (Otumba y Sultepec) se encuentran en la RHA número XIII aguas del valle de México, ambas pertenecen a la región hidrológica número 26 Pánuco y a la cuenca “río Moctezuma”. La microcuenca Otumba pertenece a la subcuenca “lagos de Texcoco y Zumpango”, mientras que Sultepec a la subcuenca de “Lagos de Tochac y Tecocomulco” (Mapa 5).

4.1.4.1 Acuíferos

Los acuíferos que abarcan a las microcuencas en sus zonas de recarga, fueron tres el 1508, 2902 y 1320, de los cuales, los dos acuíferos de Sultepec tuvieron disponibilidad positiva para nuevas concesiones, mientras que el que pertenece a Otumba se encuentra en condición de déficit hídrico sin posibilidad de nuevas concesiones (Figura 9).

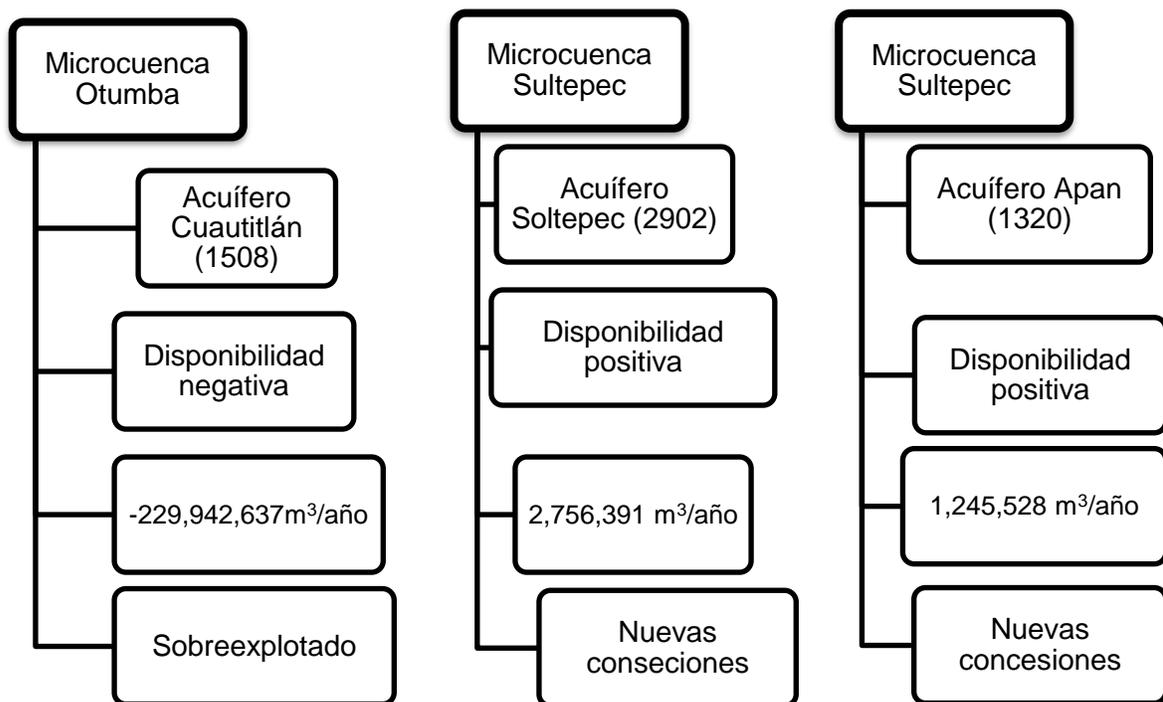
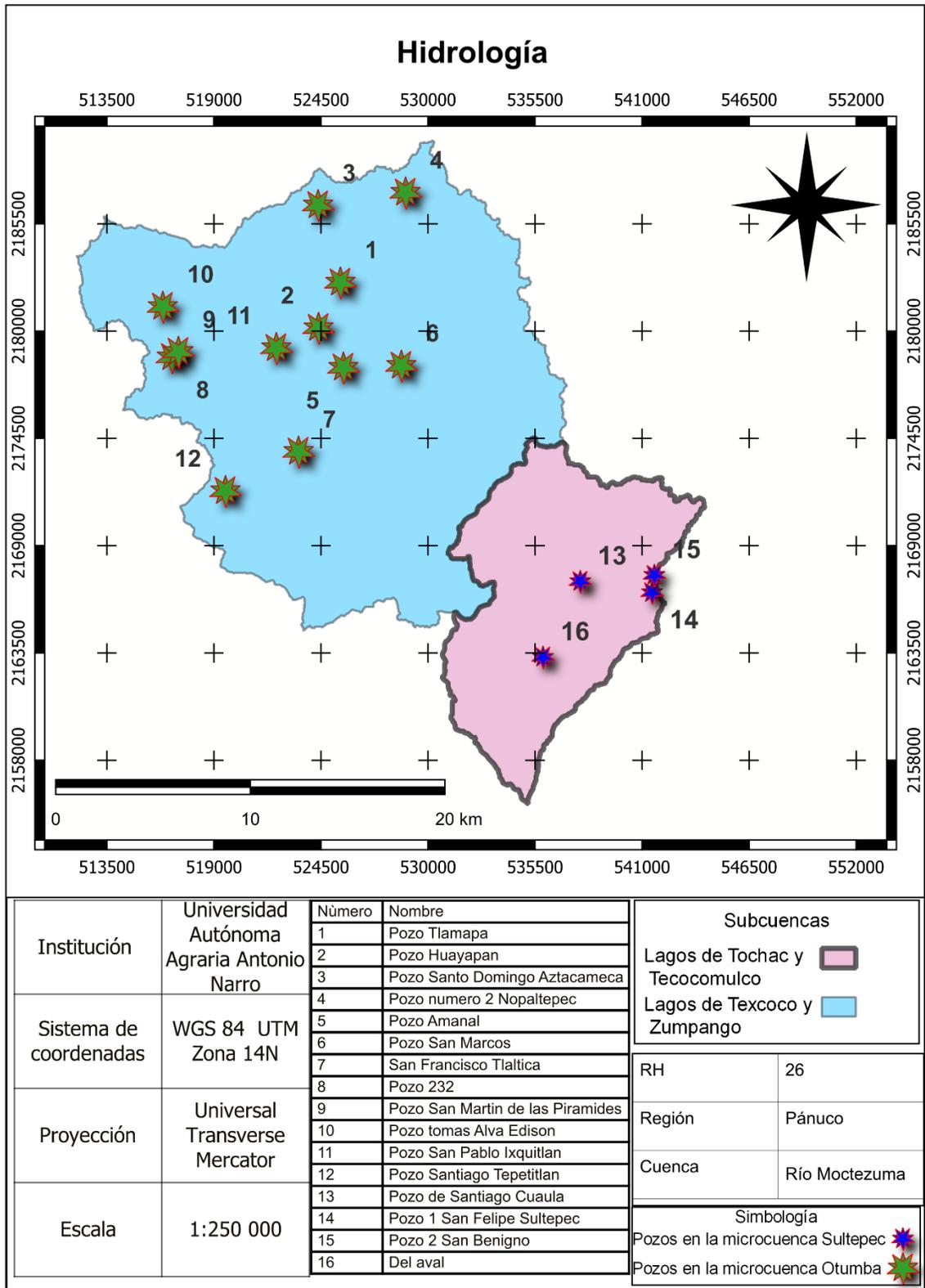


Figura 9 Condición de los acuíferos

Fuente: Elaboración Propia a partir de CONAGUA¹

¹ https://sigagis.conagua.gob.mx/gas1/sections/Disponibilidad_Acuiferos.html



Mapa 5 Hidrología

4.1.4.2 Pozos de agua.

En las microcuencas se localizan 16 pozos de agua, de los cuales 12 están en la microcuenca Otumba y 4 en la microcuenca Sultepec (Cuadro 18). Se puede apreciar de mejor forma en el Mapa 5.

Cuadro 18 Pozos de agua

Zona	Nombre
Microcuenca Otumba	Pozo Tlamapa
	Pozo Huayapan
	Pozo Santo Domingo Aztacameca
	Pozo número 2 Nopaltepec
	Pozo Amanal
	Pozo San Marcos
	San Francisco Tlaltica
	Pozo 232
	Pozo San Martin de las Pirámides
	Pozo tomas Alva Edison
	Pozo San Pablo Ixquitlan
	Pozo Santiago Tepetitlan
Microcuenca Sultepec	Pozo de Santiago Cuaula
	Pozo 1 San Felipe Sultepec
	Pozo 2 San Benigno
	Del aval

De acuerdo con el testimonio de Ángel espínosa Arreola, guardia del pozo número 5 y con 25 años de experiencia en el lugar, comenta que, el agua se extrae del acuífero subterráneo (1508) a 130 metros de profundidad, con bomba sumergible de 120 caballos de fuerza. Cuando se extrae el agua, esta es enviada al tanque elevado para ser distribuida a las localidades por acción de gravedad.

4.1.5 Edafología

En la microcuenca Otumba se identificaron cuatro tipos de suelo principales, durisol (DU), leptosol (LP), phaeozem (PH), vertisol (VR) y zonas que no aplican (N/A). Se destaca el tipo de suelo Phaeozem con el 86.9% (33,321 ha) de extensión seguida de leptosol (9.06%), vertisol (1.55%) y en menor presencia el de tipo durisol (DU) con el 1.21% escasamente 465 ha (Cuadro 19).

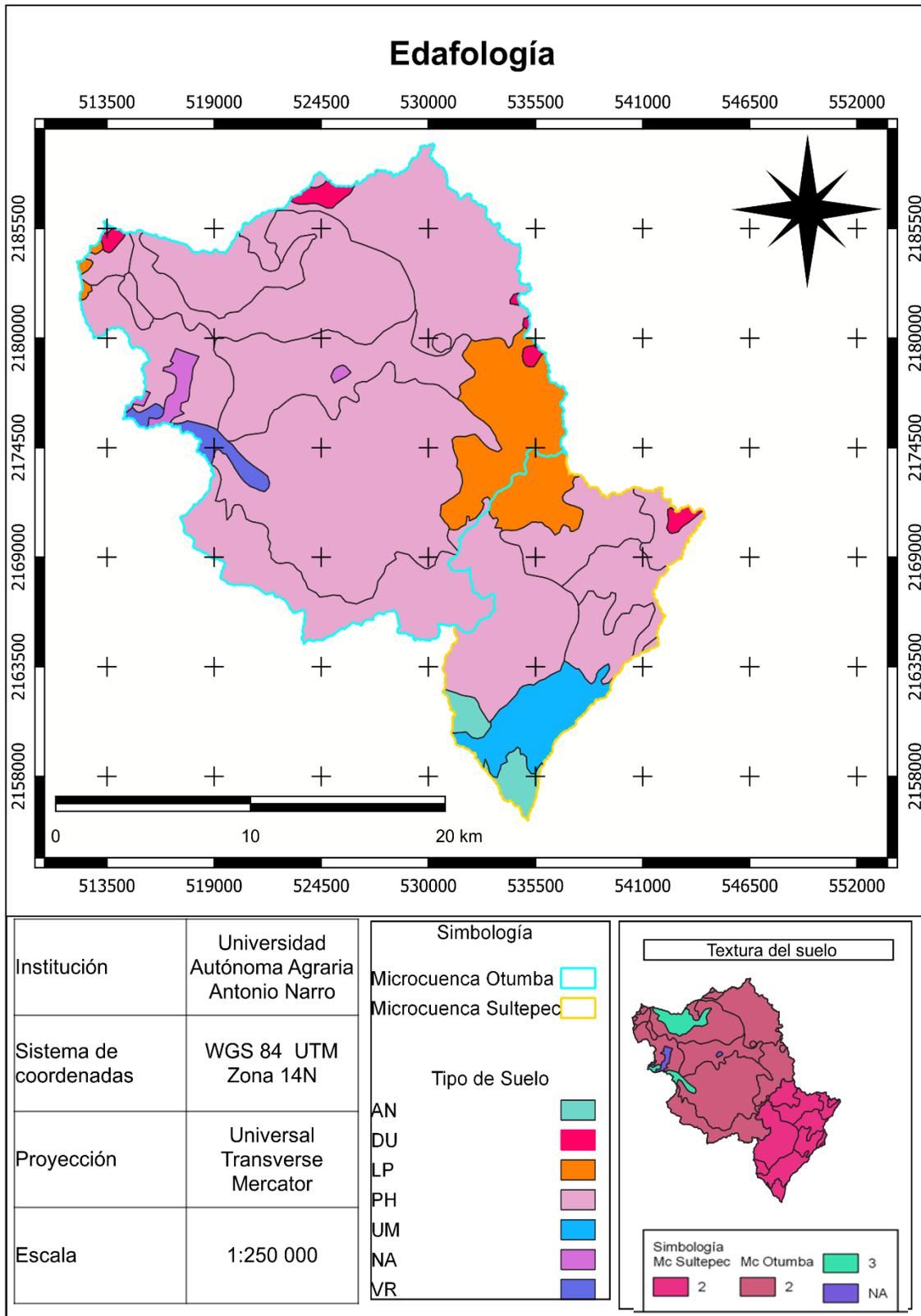
En la microcuenca Sultepec se encuentran los tipos de suelo Andosol (AN), Durisol (DU), Leptosol (LP), Phaeozem (PH) y Umbrisol (UM) (tabla). Phaeozem se distribuye en el 68.2% de la superficie de la microcuenca, Umbrisol en el 14.83%, leptosol 9.6%, andosol 6.2% y el que menos se encuentra es el durisol con el 1.03% en tan solo 136 ha (Cuadro 19).

Cuadro 19 Tipos de suelo en las microcuencas

Tipo de suelo (Mapa 6)	Microcuenca Otumba	Microcuenca Sultepec
	Área en ha	Área en ha
Andosol	0	824
Durisol	465	136
Leptosol	3,472	1,279
NA	472	0
Phaeozem	33,321	9,032
Vertisol	593	0
Umbrisol	0	1,963

La descripción de los suelos se basó en la guía edafológica (2015) la cual documenta que el phaeozem son suelos aptos para la buena agricultura de temporal, son de colores pardos a negros fértiles en magnesio y potasio, los leptosoles son suelos con menos 25 cm de espesor o con más del 80% de volumen ocupado por piedra, son sensibles a erosión y su uso principal es el agostadero, el umbrisol es propenso a erosión, suelos oscuros y ácidos en ambientes montañosos, los andosoles se caracterizan por ser suelos volcánicos frágiles, fáciles de cultivar y buenas cualidades de almacenamiento de agua.

En cuanto a los durisoles son suelos con acumulación aluvial, con capas endurecidas de tepetate y susceptibles a erosión hídrica, los vertisoles son fértiles con un buen programa de labranza y buena retención de humedad (INEGI, 2015)



Mapa 6 Edafología

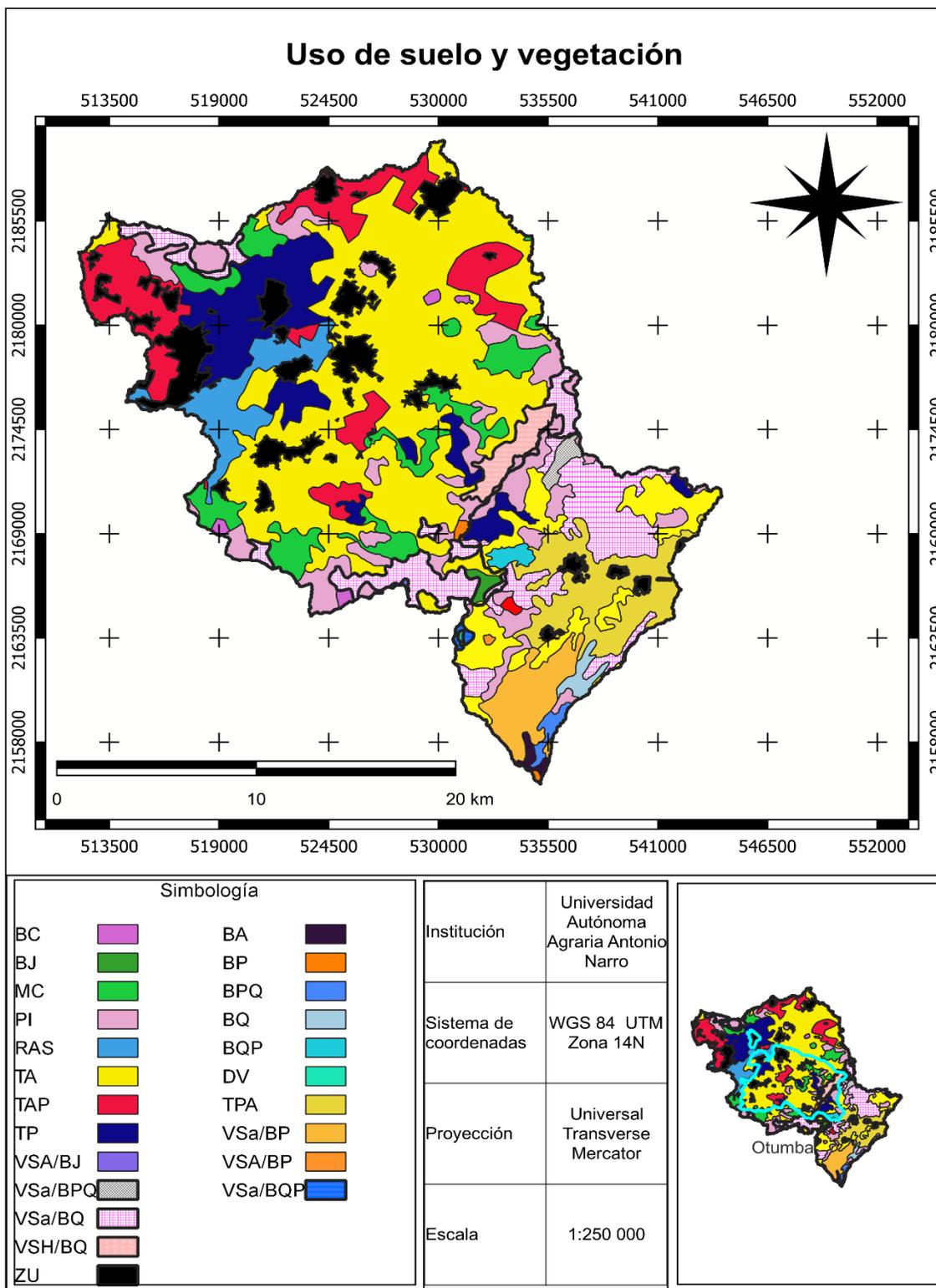
4.1.6 Uso de suelo y vegetación

En la microcuenca Otumba se encuentran variados tipos de vegetación, de los cuales en 15,202 ha son destinadas a agricultura de temporal anual, representando el 40% de la superficie y el 12% del área, con 4,525 ha son de agricultura de temporal y permanente (Cuadro 20). Las zonas urbanas actualmente ocupan el 10% del territorio.

En Sultepec la tendencia de uso es para agricultura, ya que, 2,957 hectáreas son para agricultura anual y permanente, es decir, el 22% del territorio, agricultura de temporal anual el 20% (Cuadro 20). La vegetación secundaria arbustiva de bosque de pino ocupa una porción de 2,957 ha (12%) y las zonas urbanas se establecen en 266 ha (2%). En el Mapa 7 se podrá apreciar de mejor manera la distribución de los tipos de vegetación en las microcuencas.

Cuadro 20 Usos de suelo y vegetación

Microcuenca Otumba		Microcuenca Sultepec	
Tipo de vegetación	Área ha	Tipo de vegetación	Área ha
BC	194	BA	132
BJ	147	BJ	1
BP	53	BP	24
BQ	0.3	BPQ	199
MC	3117	BQ	271
PI	3150	BQP	212
RAS	1783	DV	19
TA	15202	PI	1447
TAP	4525	TA	2609
TP	3578	TAP	55
VSA/BJ	27	TP	447
VSa/BPQ	2	TPA	2957
VSa/BQ	2123	VSa/BP	1539
VSH/BQ	689	VSa/BPQ	226
ZU	3734	VSa/BQ	2756
—	—	VSa/BQP	69
—	—	VSH/BQ	5
-	—	ZU	266



Mapa 7 Uso de suelo y vegetación

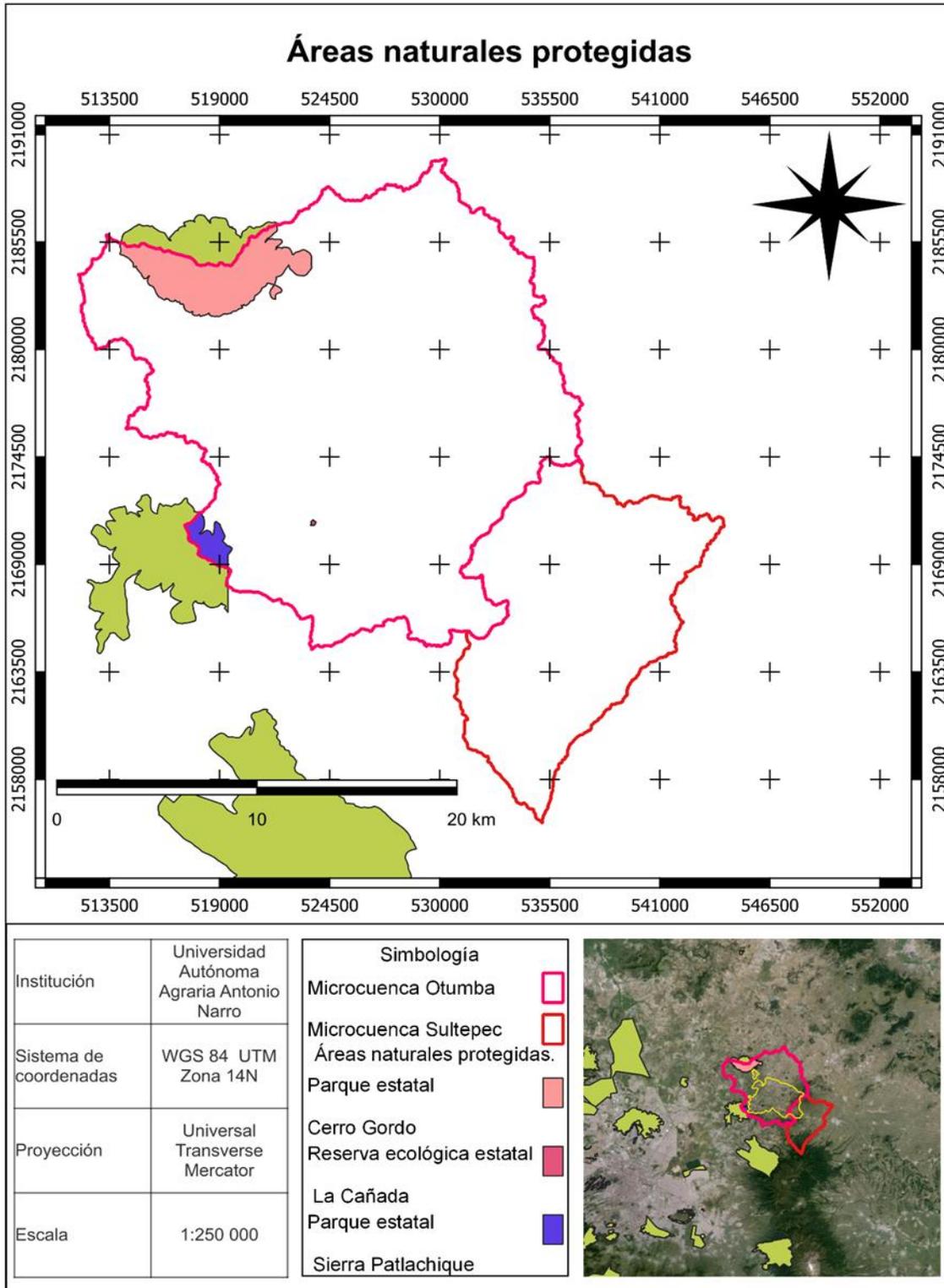
4.1.7 Áreas naturales protegidas.

En la microcuenca Otumba existen dos parques estatales y una reserva ecológica. Uno de los parques fue el de “La Sierra Patlachique” la cual tiene una extensión de 3081.5 ha de las cuales 325.3 ha se localizan dentro de la microcuenca. Alrededor de 2080.9 ha pertenecen al “El Parque Estatal Cerro Gordo”, es decir, que el 64% (3034.2 ha) de la superficie total del cerro está dentro del área de estudio. La reserva ecológica estatal “La Cañada” es un área natural que se encuentra en el municipio de Otumba, ocupando 5 ha. La distribución de estas áreas se puede observar en el Mapa 8

4.1.8 Flora y fauna

La diversidad de flora en la región de estudio no está altamente documentada, por lo que se tomó en cuenta los avistamientos propios, en la red naturalista y las especies más comunes registradas en los parques y reservas ecológicas (Mapa 8), ya que estos podrían encontrarse en el área de estudio.

De acuerdo a los registros de la “sierra patlachique” la vegetación más común en el parque es el matorral crasicaule el cual está conformado por complejo de especies del género *Opuntia* *Opuntia streptacantha*, (Nopal) *Acacia Farneciana* y *A. Schaffneri* (Huizache), *Zaluzania augusta* (Senicillo), *Stevia serrata* (Jarilla), *Mimosa biuncifera* (Uña de gato), *Solanum cervantesii*, (Hierba mora), y *Schinus molle*, (Pirul); y de especies cultivadas que se tienen registro en las localidades de belen y camino de xolalpan, fueron *Eucalyptus sp* (eucalipto), *Pinus.Halapensis* (alepo), *Pinus Gregii* (ocote), *Pinus Motezumae* (pino real), *Pinus radiata* (ocote), *Crataegus mexicana* (tejocote) y *Quercus rugosa* (encino) (Secretaria de ecologia, 2000).



Mapa 8 Áreas Naturales Protegidas

Los registros de avistamiento de flora en las microcuencas según naturalista² son Verdolaga Cimarrona *Alternanthera caracasana*, Alchicolia *Dugesia mexicana*, Avispa Caza Escarabajos de Bandas Anaranjadas *Pygodasis* , Trompetilla, Colorada *Bouvardia ternifolia* , Lirios de Lluvia Género *Zephyranthes* , Chicalote *Argemone platyceras* , Salvia de Bolita *Buddleja perfoliata* , Maguey Pulquero *Agave salmiana* , Nopal Chino *Opuntia huajuapensis* , Cardenche *Cylindropuntia imbricata* , Tabaquillo Sudamericano *Nicotiana glauca* , Conchita Escarlata *Echeveria coccinea* , Gamones Género *Asphodelus* , Hierba de la Mula *Monnina xalapensis* , Lirio Azteca *Sprekelia formosissima* , Biznaga de Flores Rosadas *Mammillaria rhodantha*, Oyamel Neovolcánico *Abies religiosa* , Maguey de Castilla *Agave applanata*, Encino Enano *Quercus microphylla* , Biznaga Ondulada Crespada *Echinofossulocactus crispatus*, Zacate Africano Plumoso *Cenchrus longisetus*, Oreja de Burro *Echeveria subrigidagr*, Palma Pita *Yucca filifera*, Enebro Azul *uniperus monticola* , Sauce Colorado *Salix humboldtiana*, Nopal Cascarón *Opuntia hyptiacantha*, , Huizache Prieto *Vachellia schaffneri*, Garambullo *Myrtillocactus geometrizans* , Pastos de Pampa Género *Cortaderia* , Paixtle *Tillandsia recurvata* y Biznaga Ganchuda *Mammillaria uncinata*.

En cuanto a la fauna hay Lagartija Espinosa Mexicana (*Sceloporus spinosusgrado*), Rayadora Espinosa Verde *Erythemis vesiculosa* , Rayadora Flameada *Libellula saturata*, *Aplagiognathus spinosus*, Mariposa Vanesa Americana *Vanessa virginiensis*, *Eumorpha anchemolus*, Saltarinas de Ala Oscura Género *Erynnis*, Hormiga Cosechadora Roja *Pogonomyrmex barbatus* , Peces con Aletas Radiadas clase *Actinopterygii*, Abeja Melífera Europea *Apis mellifera*, Avispa Mexicana de Miel *Brachygastra mellifica*, Insecto Palo Género *Pseudosermyle*, Avispa-hormiga de Terciopelo Rojo *Dasymutilla erythrina* , Cerambícido del Maguey *Acanthoderes funeraria*, Mariposa Parche Carmesí *Chlosyne janais ssp. janais*, Gorrión Barba Negra *Spizella atrogularisa*, Tortolita Cola Larga *Columbina inca*, Xamues *Pachylis gigas*, Rascador Viejita *Melozone*

² https://mexico.inaturalist.org/observations?nelat=19.810986416866584&nelng=-98.57310464369971&place_id=any&subview=map&swlat=19.63711584876256&swlng=-98.86767556655127

fusca, Gorrión Cejas Blancas *Spizella passerina* , Papamoscas Cardenalito *Pyrocephalus rubinus* , Ardillón de Rocas *Otospermophilus variegatus* , Lagartija Espinosa de Collar *Sceloporus torquatus*, Pinzón Mexicano *Haemorrhous mexicanus*, Capulinerio Gris *Ptiliogonys cinereus*, Cernícalo Americano *Falco sparverius*, Carpintero Mexicano *Dryobates scalaris* , Tuza del Eje Neovolcánico *Cratogeomys fumosus* , Gavilán de Cooper *Accipiter cooperii*, Cacomixtle Norteño *Bassariscus astutus*..

4.2 ASPECTO SOCIAL

4.2.1 Población

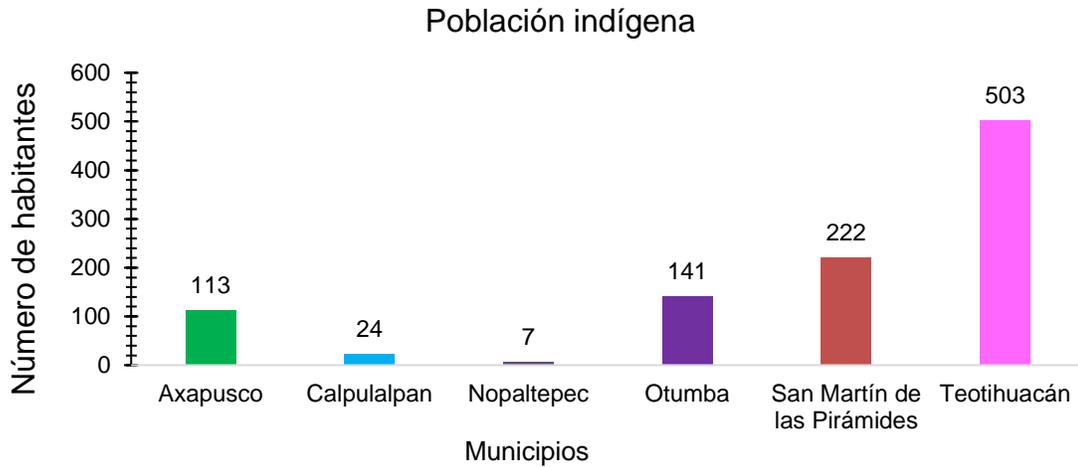
Los asentamientos humanos en la microcuenca Otumba fueron, 3734 ha, en las cuales se establecen 80 localidades con 114,409 habitantes, estas localidades pertenecen a los municipios de Axapusco, Nopaltepec, Otumba, San Martín de las pirámides y Teotihuacán. En la microcuenca Sultepec se encontraron 6 localidades que forman parte del municipio de Calpulalpan, Estado de Tlaxcala y albergan 8,367 personas (Cuadro 21).

Cuadro 21 Número de habitantes en las microcuencas

Municipios	Localidades	Población
Axapusco	17	12,061
Calpulalpan	6	8,367
Nopaltepec	2	5,435
Otumba	40	35,423
San Martín de las Pirámides	16	27,495
Teotihuacán	5	33,995
Total	86	122,776

4.2.2 Población indígena

En las microcuencas hay 1010 personas que hablan alguna lengua indígena, las localidades de la microcuenca abarcan 986 habitantes localizados mayormente en el municipio de Teotihuacán (503 personas), después San Martín de las pirámides contiene a 222 seres (Figura 10). En la microcuenca Sultepec, 6 localidades del municipio de Calpulalpan cuentan con 24 individuos de habla indígena.

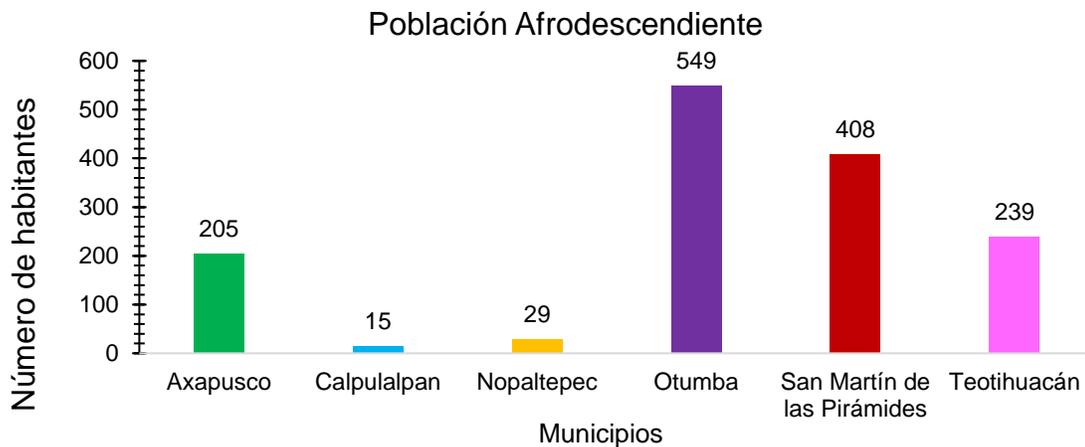


Fuente: Elaboración Propia a partir del censo de población y vivienda INEGI,2020
 Nota: Los municipios únicamente agrupan las localidades de la microcuenca (Cuadro 21). El municipio de Calpulalpan pertenece a la microcuenca Sultepec.

Figura 10 Población indígena en las microcuencas

4.2.3 Población Afrodescendiente o afromexicanos

En las microcuencas existen 1,445 personas afrodescendientes, de las cuales el 99% (1,430 individuos) habitan en la microcuenca Otumba, con mayor presencia en el municipio de Otumba, con 549 habitantes y muy de cerca San Martín de las pirámides con 408 individuos (Figura 11). En la microcuenca Sultepec únicamente se encontró 12 personas que se consideran afrodescendientes.

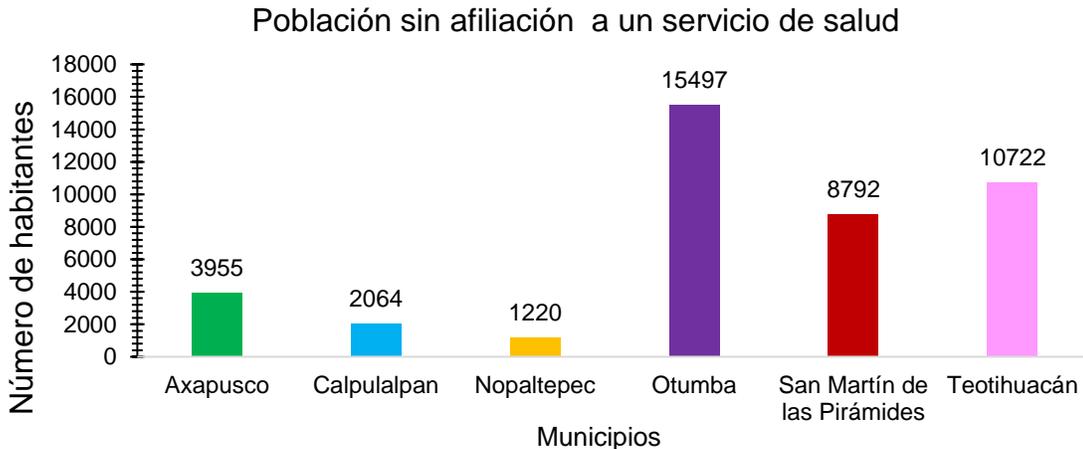


Fuente: Elaboración Propia a partir del censo de población y vivienda INEGI,2020
 Nota: Los municipios únicamente agrupan las localidades de la microcuenca (Cuadro 21). El municipio de Calpulalpan pertenece a la microcuenca Sultepec

Figura 11 Población Afrodescendiente o Afromexicana

4.2.4 Población sin afiliación a algún servicio de salud

Alrededor del 34% de la población en las microcuencas (42,250 personas) no están afiliadas con algún servicio de salud, ya sea en instituciones privadas o públicas. Los municipios en los se presenta mayormente que parte de sus habitantes viven en la condición sin acceso servicio de salud son Otumba (15,497 individuos) y San Martín de las Pirámides (10,722 seres), San Martín de las Pirámides (8,792) pertenecientes a la microcuenca Otumba (Figura 12), mientras que en la microcuenca Sultepec, se presentaron 2064 habitantes del municipio de Calpulalpan en esta condición.



Fuente: Elaboración Propia a partir del censo de población y vivienda INEGI,2020

Nota: Los municipios únicamente agrupan las localidades de la microcuenca (Cuadro 21). El municipio de Calpulalpan pertenece a la microcuenca Sultepec

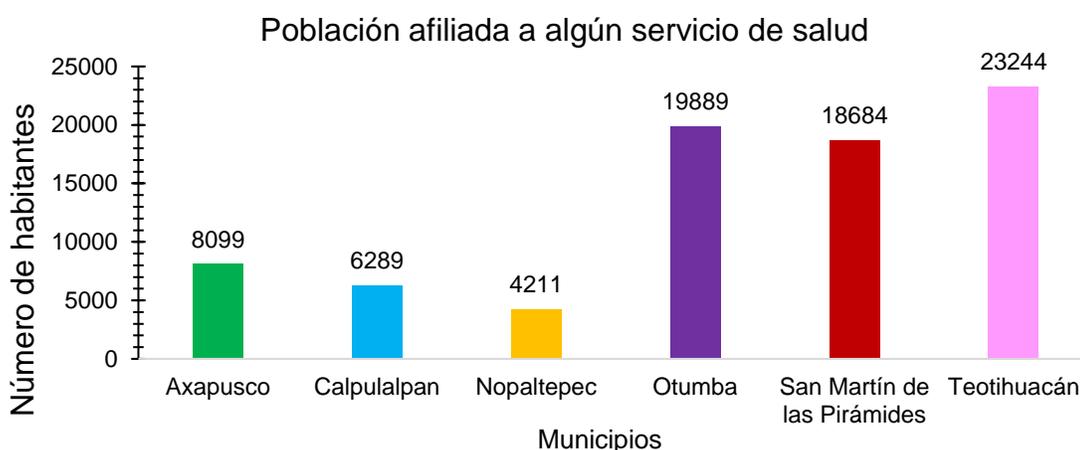
Figura 12 Población sin afiliación a un servicio de salud

4.2.5 Población afiliada a algún servicio de salud

El censo de vivienda INEGI 2020, la población afiliada a servicios médicos en alguna institución hace referencia al Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS), el Instituto de Seguridad y Servicios Sociales de los Trabajadores del Estado (ISSSTE e ISSSTE estatal), Petróleos Mexicanos (PEMEX), la Secretaría de la

Defensa Nacional (SEDENA), la Secretaría de Marina Armada de México (SEMAR), el Instituto de Salud para el Bienestar (INSABI).

La población con acceso a servicios de salud en la microcuenca Otumba (Otumba, Teotihuacan, Axapusco, Nopaltepec y San Martin de las Pirámides) representan el 60% de la población total de las microcuencas, en donde Teotihuacan, Otumba y San Martin contienen el número de habitantes más alto (Figura 13). Los habitantes con acceso al servicio en el municipio de Calpulalpan contribuyen al 5% de la población en las microcuencas.

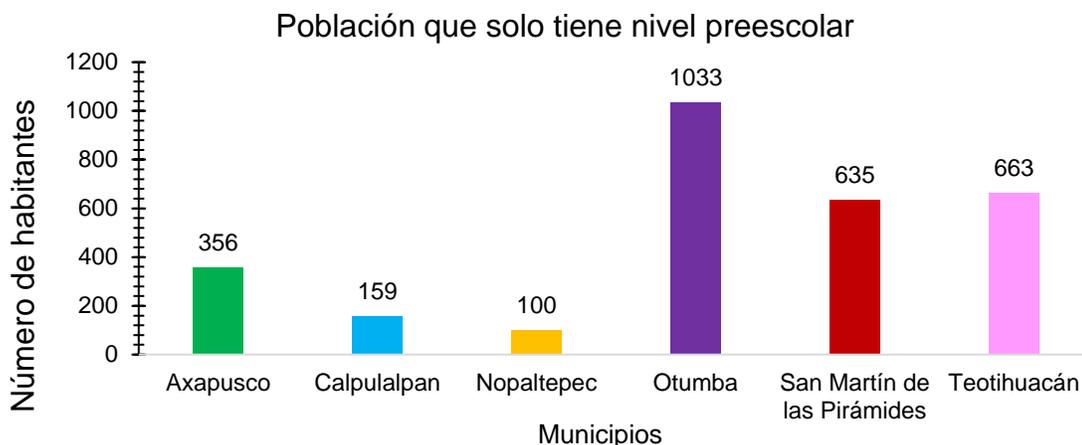


Fuente: Elaboración Propia a partir del censo de población y vivienda INEGI, 2020
 Nota: Los municipios únicamente agrupan las localidades de la microcuenca (Cuadro 21). El municipio de Calpulalpan pertenece a la microcuenca Sultepec

Figura 13 Población afiliada a algún servicio de salud

4.2.6 Personas que solo tienen nivel preescolar.

La educación es uno de los servicios básicos como la salud, por lo que se analizó la educación básica e intermedia de las microcuencas. La educación preescolar en la microcuenca Otumba tuvo números de personas considerables, tan solo en el municipio de Otumba presenta los números más altos con 1033, seguida de Teotihuacán (663), San Martín de las Pirámides (635), Axapusco (356) y cien seres en Nopaltepec (Figura 14). Mientras que en la microcuenca Sultepec únicamente se encuentran 100 personas en esta condición.

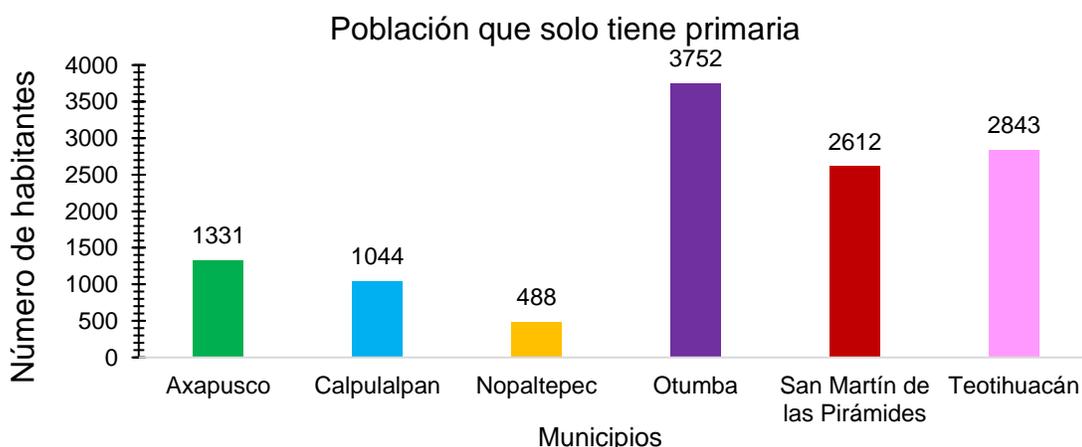


Fuente: Elaboración Propia a partir del censo de población y vivienda INEGI,2020
 Nota: Los municipios únicamente agrupan las localidades de la microcuenca (Cuadro 21). El municipio de Calpulalpan pertenece a la microcuenca Sultepec

Figura 14 Población que solo tiene nivel preescolar

4.2.7 Personas que tienen como máxima escolaridad la primaria.

En las microcuencas se tienen 12,070 habitantes que solo tienen nivel escolar primaria, de las cuales 3,752 personas pertenecen a las localidades del municipio de Otumba, 2612 en San Martín de las Pirámides, 2,843 en Teotihuacán, 1,331 de Axapusco y 488 pobladores de Nopaltepec (Figura 15). En la microcuenca Sultepec se encontraron 1044 individuos con grado de escolaridad primaria.

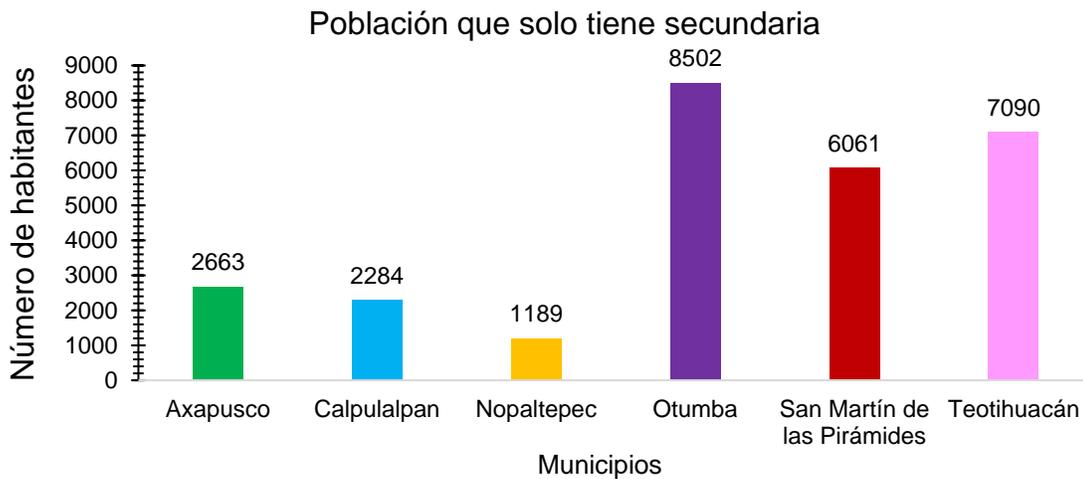


Fuente: Elaboración Propia a partir del censo de población y vivienda INEGI,2020
 Nota: Los municipios únicamente agrupan las localidades de la microcuenca (Cuadro 21). El municipio de Calpulalpan pertenece a la microcuenca Sultepec

Figura 15 Población que solo tiene primaria

4.2.8 Personas que tienen como máxima escolaridad la secundaria.

Las personas que tienen nivel escolar máximo de secundaria en las microcuencas son 27,789, de las cuales, 8502 pertenecen a las localidades del municipio de Otumba, mientras que las que son del municipio de Teotihuacán alcanzan un número de 7090 individuos (Figura 16). Mientras tanto, en la microcuenca Sultepec hubo 2,284 personas (Calpulalpan).



Fuente: Elaboración Propia a partir del censo de población y vivienda INEGI, 2020

Nota: Los municipios únicamente agrupan las localidades de la microcuenca (Cuadro 21). El municipio de Calpulalpan pertenece a la microcuenca Sultepec

Figura 16 Población que solo tiene secundaria

4.2.9 Personas que tienen como máxima escolaridad la preparatoria o licenciatura

Los municipios de la microcuenca Otumba tuvieron altos números de pobladores con escolaridad media superior y superior, como Teotihuacán que cuenta con el mayor número de personas (12,621), después Otumba (9091), San Martín de las Pirámides (8726), Axapusco (3012) y Nopaltepec con 1821 habitantes (Figura 17). Para la microcuenca Sultepec existen 1628 individuos que presentan esta escolaridad.

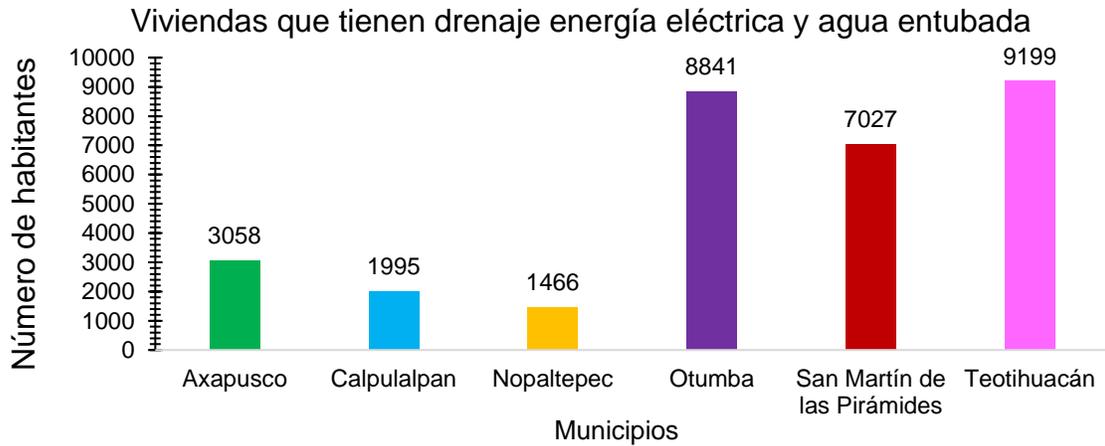


Fuente: Elaboración Propia a partir del censo de población y vivienda INEGI, 2020
 Nota: Los municipios únicamente agrupan las localidades de la microcuenca (Cuadro 21). El municipio de Calpulalpan pertenece a la microcuenca Sultepec

Figura 17 Población que tiene preparatoria o licenciatura

4.2.10 viviendas particulares habitadas que tienen energía eléctrica, agua entubada y drenaje conectado a la red pública

En las microcuencas hay 31,586 viviendas que tienen acceso a los servicios básicos de energía eléctrica, agua entubada y drenaje, de las cuales 29,591 pertenecen a la microcuenca Otumba, siendo el municipio de Teotihuacán el que presente la mayoría de las viviendas (Figura 18). Mientras tanto, en la microcuenca Sultepec se presentan 1,995 viviendas.



Fuente: Elaboración Propia a partir del censo de población y vivienda (INEGI, 2020)
 Nota: Los municipios únicamente agrupan las localidades de la microcuenca (Cuadro 21). El municipio de Calpulalpan pertenece a la microcuenca Sultepec

Figura 18 Viviendas que tienen drenaje, energía eléctrica y agua entubada

4.2.11 viviendas particulares habitadas que no tienen servicio de energía eléctrica, agua entubada y drenaje conectado a la red pública

Alrededor de 6,617 viviendas no tienen servicio público básico como electricidad, agua entubada y drenaje, en las microcuencas, aunque en la microcuenca Otumba, el municipio de Teotihuacán, con 6587 viviendas sufren la carencia de estos servicios (Figura 19), después Otumba. En la microcuenca Sultepec únicamente 3 viviendas no tienen servicios.

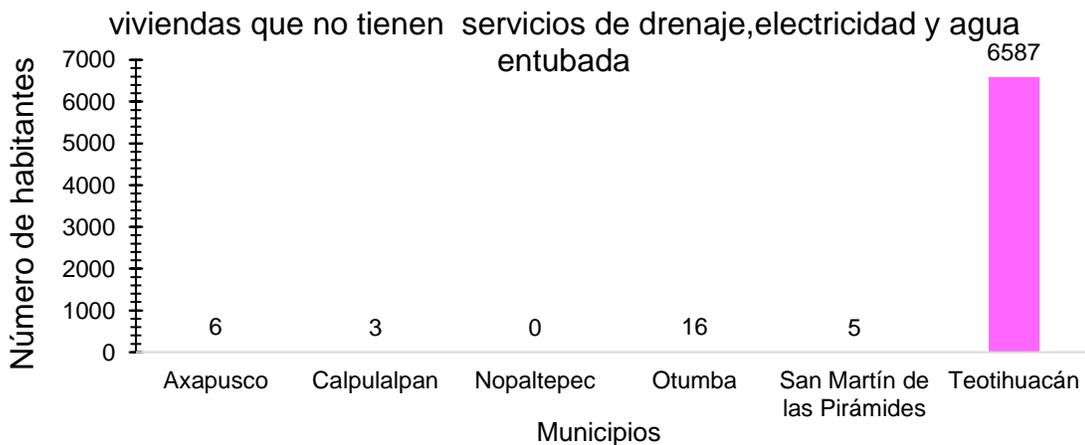
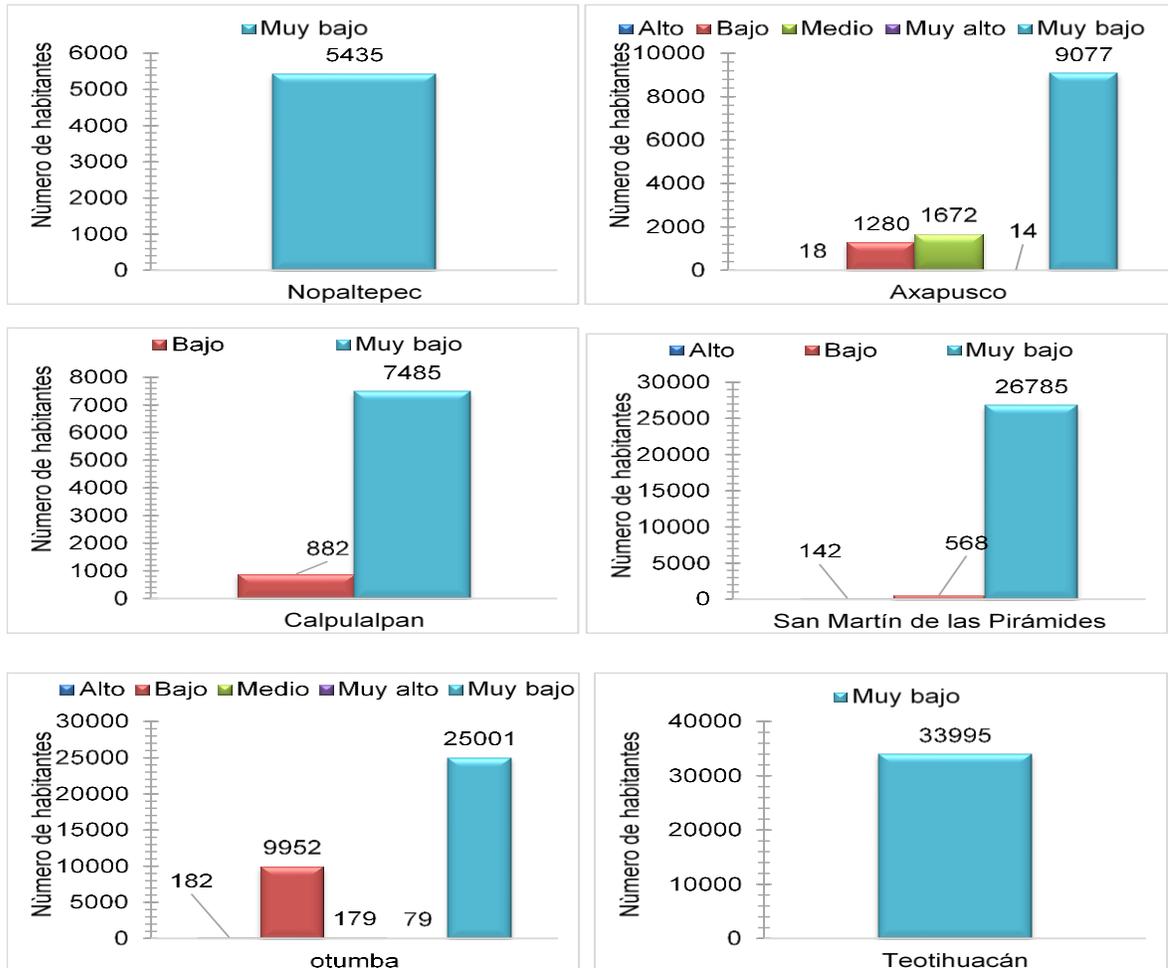


Figura 19 Viviendas que no tienen drenaje, electricidad y agua entubada

Fuente: Elaboración Propia a partir del censo de población y vivienda INEGI, 2020
 Nota: Los municipios únicamente agrupan las localidades de la microcuenca (Cuadro 21). El municipio de Calpulalpan pertenece a la microcuenca Sultepec

4.2.12 Grado de marginación

Las localidades dentro de las microcuencas, agrupadas en sus respectivos municipios (Figura 20), indicaron un grado de marginación muy bajo abajo. Algunos municipios contienen a la población en un grado muy bajo de marginación, como el municipio de Teotihuacán (33,995) y Nopaltepec (5435). Los municipios de San Martín, Otumba y Axapusco, aunque tuvieron a la mayoría de sus habitantes en marginaciones bajas a muy bajas, aun así, llegaron a registrarse grados de marginación altos a muy altos (Figura 20). Para la microcuenca Sultepec el panorama es bueno, ya que sus habitantes viven en condiciones de marginación baja a muy baja



Notas: Los municipios contienen las localidades que están dentro de las microcuencas (Cuadro 21)

Figura 20 Grado de marginación para las microcuencas

4.3 Sector Económico

4.3.1 Tenencia de la tierra

En el registro agrario nacional (2024) se tuvieron registradas las superficies de los núcleos agrarios de las microcuencas, en la cual el 6% de estos registros son comunales y el 94 % es ejidal (Cuadro 22) abarcando un área de 17,662 hectáreas que corresponde al 46% con respecto al área de la microcuenca.

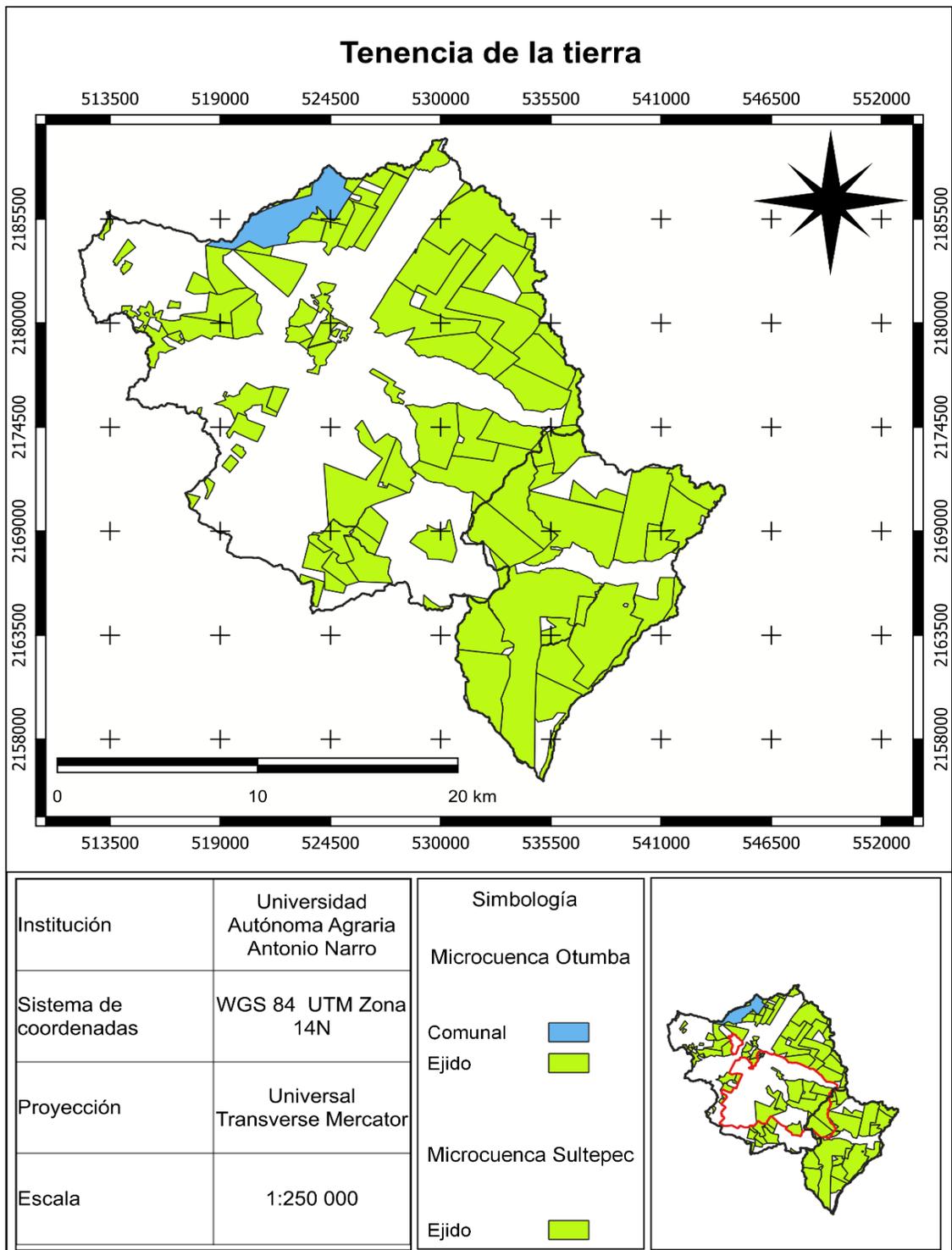
Cuadro 22 Tenencia de la tierra en la microcuenca Otumba

Municipio	Comunidad (ha)	Ejido (ha)
Apan		17
Axapusco	1022	3288
Calpulalpan		50
Nopaltepec		2130
Otumba		8825
San Martín de las pirámides		1223
Temascalapa		9
Teotihuacán		428
Tepetlaoxtoc		614
Tlanalapa		56

Los núcleos agrarios se encuentran en la microcuenca Sultepec pertenecen a los municipios de Apan, Calpulalpan, Otumba, Tepetlaoxtloc y Tlanalapa (Cuadro 23) cubriendo un área de 11,352 ha de las cuales el 100% es de carácter ejidal, por lo que representan el 86% de la superficie con respecto al área de la microcuenca (13,234.40 ha). La distribución de estos se puede observar en el Mapa 9.

Cuadro 23 Tenencia de la tierra en la microcuenca Sultepec

Municipio	Ejidal(ha)
Apan	110
Calpulalpan	8213
Emiliano zapata	117
Otumba	1304
Tepetlaoxtloc	1306
Tlanalapa	302



Mapa 9 Tenencia de la tierra

4.3.2 Producción Agropecuaria

En la microcuenca Otumba se producen 17 diferentes cultivos en los 5 municipios que la comprenden (Cuadro 24). Otumba es el municipio con mayor producción de toneladas en productos agroalimentarios con 87,963 t en el año 2022 sin contar los 8,328 miles de litros de maguey pulquero, como cultivo más destacado es el Nopalito tierno (50,519 t) y la tuna (28,817 t), enseguida el municipio de Axapusco con una producción de 65,458 t, cuyo cultivo destacado es el de tuna (32,113 t) y grano de cebada(22,570 t), Teotihuacan como tercer municipio con mayor producción(51,497 t) destaca por sus cultivos de tuna(14,116 t) y 21,050 de alfalfa verde(Cuadro 24).

San Martín de las pirámides cuenta con la cuarta producción más alta en la microcuenca, 48,574 t de las cuales 34,313 t son de tuna y 11,929 de nopalitos principalmente (Cuadro 24). Finalmente, en el municipio de Nopaltepec se produce 34,464 toneladas, de las cuales 28,427 t son de tuna.

Cuadro 24 Producción agropecuaria(ton/ha) en la microcuenca Otumba

Cultivo	Axapusco	Nopaltepec	Otumba	San Martín de Las Pirámides	Teotihuacán
Alfalfa verde					21050
Avena forrajera en verde	7281	1520	1318	484	1968
Brócoli					31
Calabacita			12	34	
Cebada grano	22570	3706	5791	79	184
Coliflor					25
Durazno			50	25	
Frijol	88	28	36	6	63
Maguey pulquero (miles de lts.)	2115	897	8328	123	988
Maíz forrajero en verde					5991
Maíz grano	2582	619	1357	867	4902
Nopalitos	773		50519	11929	3070
Tomate rojo (jitomate)				838	
Tomate verde					96
Trigo grano	32	144	39		

Cultivo	Axapusco	Nopaltepec	Otumba	San Martín de Las Pirámides	Teotihuacán
Triticale grano	19	20	24		
Tuna	32113	28427	28817	34313	14116
Total, general	65,458	34,464	87,963	48,574	51,497

En la microcuenca Sultepec se cultivan 17 diferentes (Cuadro 25) productos entre los dos municipios presentes en la microcuenca siendo Calpulalpan el que mayor producción tiene 61,238.68 toneladas de las cuales 32,985t son del grano de cebada, 12,758.1 t de grano de maíz y 11,323.8 miles de lts de maguey pulquero.

Cuadro 25 Producción agropecuaria en la microcuenca Sultepec

Cultivo	Calpulalpan
Alfalfa verde	660.8
Avena forrajera en verde	6530
Avena grano	761.6
Calabaza semilla o chihua	41.7
Cebada grano	36985
Chícharo	448
Frijol	151.8
Haba grano	290.4
Haba verde	241.9
Maguey pulquero (miles de lts.)	11323.8
Maíz forrajero en verde	1525.9
Maíz grano	12758.1
Manzana	57.48
Tomate rojo (jitomate)	156
Tomate verde	52.8
Trigo grano	577.2
Total, general	61,238.68

4.3.2.1 Precio medio rural en productos agroalimentarios

El Cuadro 26 muestra los precios medios rurales de cada municipio en ambas microcuencas para cada tipo de cultivo en \$/tonelada y \$/miles de litros ,podemos observar que si hay diferencias de precios entre municipios que producen el mismo cultivo ,como por ejemplo en la producción de tuna ,el municipio de

Axapusco la vende en 3,037.23\$/t , mientras que Nopaltepec lo hace en 2964.4\$/t , Otumba en 2940\$/t , San Martín de las pirámides en 2891.7\$/t y Teotihuacan en 2983\$/t , que muestran diferencias de precios alrededor de 74\$(Cuadro 26). Otro caso es el de grano de maíz que se cultiva en los 7 municipios, siendo Nopaltepec el que mejor vende su producción (8,011.7\$/t) lo que es 2,192.9\$/t más con respecto al municipio que vende su producción en 5818.78\$/t (Calpulalpan).

Cuadro 26 Precio medio rural en la microcuenca Otumba.

cultivo	1	2	3	4	5	6
Alfalfa verde		720.19				413.99
Avena forrajera en verde	577.02	574.8	591	501.74	505.05	498.5
Avena grano		3170				
Brócoli						6880
Calabacita				5770	5768	
Calabaza semilla o chihua		33291.6				
Cebada grano	5182	6646.51	5161.15	5174.86	5095.47	5106.335
Chícharo		6170				
Coliflor						7732
Durazno				7653.76	7469.4	
Frijol	15290	12851.38	15178.	14858.74	15100.	14779.9
Girasol						
Haba grano		11820				
Haba verde		5316.9				
Maguey pulquero (miles de lts.)	4362.75	2706.36	4291.6	4209.36	4324.7	4287.84
Maíz forrajero en verde		627				573.315
Maíz grano	7967.5	5818.785	8011.7	7847.625	7898.6	7848.12
Manzana		6570				
Nopalitos	2619.0			2764.455	2948.7	2894.48
Tomate rojo (jitomate)		7103.33			7215.1	
Tomate verde		5050				7985

cultivo	1	2	3	4	5	6
Trigo grano	5386	3145.4	5173.4	5153		
Triticale grano	4999		5207	5018		
Tuna	3037.2		2964.	2940.06	2891.7	2983.09

Notas: Los municipios están enumerados, entonces Axapusco (1), Calpulalpan (2), Nopaltepec (3), Otumba (4), San Martín de las pirámides (5), Teotihuacán (6). Calpulalpan pertenece a la microcuenca Sultepec.

4.3.3 Productos pecuarios

Se identificó los productos que se comercializan en la región, los cuales son producción para carne, ceras, ganado en pie, huevo y miel (Cuadro 27). El panorama de producción pecuaria del municipio de estudio (Otumba) es de 3,632.42 toneladas totales de carnes, las cuales pertenecen a las especies de aves (3,215.6 t), bovinos (240.8t), caprinos (2.9t), guajolote (12.57 t), ovinos (33.9 t) y porcinos (126.34 t).

Para el ganado en pie, Otumba produce, 4851.48 t principalmente de aves (4,152.9 t). Es el 3 municipio en la microcuenca “Otumba” que más producción de huevo tiene con (15.2t) y el segundo en producción de leche con 2822.17 miles de litros (Cuadro 27). Encontraremos que Teotihuacán es el municipio con las mayores producciones de carnes (5,437.7 t), ganado en pie (7,174.6 t), leche con 4,878.6 miles de litros y el segundo productor de huevo (19.83 t). El municipio de San Martín es el que produce miel y cera de abeja, con escasamente 0.083 t (cera) y 1.73 toneladas (miel).

Mientras tanto, en el municipio de Calpulalpan se producen carnes (1,140.18t), ceras (0.191), ganado en pie (1,929.98), huevo (36.21 t), lana (29.72 t), leche (1,214.5 miles de litros) y miel con 6 t (Cuadro 27).

Cuadro 27 Productos pecuarios en las microcuencas

Especies de origen para el producto	Axapusco	Nopaltepec	Otumba	San Martín de Las Pirámides	Teotihuacán	Calpulalpan
Cárnicos(toneladas)						
Producción	2437.9	1253.121	3632.4	2914.094	5437.775	1140.1
Ave	2123.04	911.629	3215.69	2575.99	4961.94	5.045
Bovino	142.813	137.629	240.8	174.009	191.193	377.6
Caprino	5.988	2.613	2.975	0.723	3.213	18.3
Guajolote	19.628	10.051	12.579	19.2	15.34	20.1
Ovino	80.106	63.713	33.952	22.5	62.239	320.5
Porcino	66.393	127.486	126.3	121.5	203.85	398.4
Ceras(toneladas)						
Cera				0.083		0.191
Abeja				0.083		
Ganado en pie(tonelada)						
Ganado en pie	3280.314	1736.959	4851.484	3875.6	7174.68	1930
Ave	2736.97	1174.51	4152.96	3330.22	6408.35	6.574
Bovino	260.284	252.571	442.069	313.446	351.033	716.44
Caprino	11.814	5.13	5.888	1.439	6.314	36.547
Guajolote	27.451	13.676	17.28	26.686	21.094	27.653
Ovino	155.997	123.621	65.313	43.742	121.107	613.353
Porcino	87.798	167.451	167.974	160.067	266.782	529.414
Huevo plato(tonelada)						
Huevo plato	5.598	14.038	15.284	43.248	19.835	36.211
Ave	5.598	14.038	15.284	43.248	19.835	36.211
Leche(miles/litros)						
Leche	1622.58	1585.97	2822.17	2657.96	4878.63	1214.5
Bovino	1622.58	1585.97	2822.17	2657.96	4878.63	1153.49
Caprino						61.012
Miel(tonelada)						

Especies de origen para el producto	Axapusco	Nopaltepec	Otumba	San Martín de Las Pirámides	Teotihuacán	Calpulalpan
Miel				1.736		6
Abeja				1.736		6
Lana						
Ovino						29.72

Notas: Calpulalpan pertenece a la microcuenca Sultepec

4.3.3.1 Precios de venta para productos pecuarios

Los valores para la carne de diferentes especies varían, como por ejemplo la carne de bovino y ovinos es mejor pagada, sus precios rondan rangos desde los 80\$ hasta los 100\$ por kilo, la carne de ave es pagada a mitad de precio de la de bovinos, ronda desde los 36\$ a máximos de 40\$ (Cuadro 28). Para la carne de porcinos en el municipio de san Martín de las pirámides es donde se remunera mejor (56.4\$/kg).

El producto de cera de abeja es mejor pagado en Calpulalpan (79\$/kilo) aunque en San Martín de las Pirámides lo está a 77\$/kg, únicamente una diferencia de 2\$(Cuadro 28). La lana obtenida de los ovinos se paga por kg de acuerdo con el SIAP, esta es pagada al productor por 2.5\$/kg en Calpulalpan. La leche mantiene su precio en 5 municipios de 7\$/litro, únicamente Nopaltepec la vende en 8\$, en cuanto a la leche de caprinos esta es vendida en 74 \$/l en Calpulalpan (Cuadro 28). La producción de miel se da en Calpulalpan, donde se vende en 49\$/kg y en san Martín de las pirámides con 52\$/kg, se muestra una diferencia de 3\$ en el precio.

El huevo para plato en el municipio de Emiliano zapata se vendió en 32\$/kg y en Calpulalpan, el kilo se vende en 28\$ y el resto de los municipios Axapusco, Nopaltepec, Otumba, San Martín de las Pirámides y Teotihuacán mantienen precios de 21\$/kg (Cuadro 28). El ganado en pie de acuerdo con SIAP (2020) el

guajolote es mejor pagado por kilo en el municipio de san Martín de las pirámides (50.7\$) y Teotihuacán (50.6\$), las aves en Nopaltepec, Otumba y Teotihuacán presentan precios desde 30\$/kg, los caprinos vendidos en 40 \$/kg en Calpulalpan, mientras que los bovinos en Axapusco, Nopaltepec y Otumba mantienen precios de 50 a 51.5\$/kg. Los ovinos para ganado en pie se venden en 45\$ a 48.9\$/kg, el ganado porcino mantiene precios de 36\$ para los 6 municipios.

Cuadro 28 Precios de venta para productos pecuarios en las microcuencas(\$/kg)

Especie	Axapusco	Calpulalpan	Nopaltepec	Otumba	San Martín de Las Pirámides	Teotihuacán
Cárnicos						
Ave	40.04	40.84	40.66	41.09	38.99	41.46
Bovino	99	81.07	96.89	98.64	94.76	96.56
Caprino	77	80.41	76.26	76.75	77.33	76.27
Guajolote	72.04	70.84	72.45	71.36	72.21	71.28
Ovino	95.5	92.59	92.9	92.49	92.24	93.52
Porcino	55.81	54.84	56.51	55.51	56.4	54.96
Cera						
abeja		79.23			77.29	
Ganado en pie						
Ave	29.64	29.26	30.34	30.6	29.44	30.18
Bovino	51.5	40.32	50.61	51.89	49.96	50.33
Caprino	38.01	40.39	37.93	37.35	37.04	37.52
Guajolote	50.56	49.31	51.43	50.44	50.75	50.67
Ovino	46.31	47.08	45.66	45.9	45.6	46.09
Porcino	36.09	35.67	36.81	36.3	36.48	36.6
Huevo plato						
Ave	21	28	32	21	21	21
Lana						
ovino		2.5				
Leche(\$/l)						
Bovino	7	7	8	7	7	7
Caprino		7				
Miel						
abeja			49		52	

Nota: Calpulalpan pertenece a la microcuenca Sultepec

4.3.4 Atractivos turísticos

4.3.4.1 Zonas arqueológicas

En las microcuencas se localizaron dos zonas arqueológicas. En la microcuenca Otumba se encuentra la “Zona Arqueológica Teotihuacán” la cual comprende 264 hectáreas entre el municipio de San Juan Teotihuacán y San Martín de las Pirámides, es reconocida como patrimonio cultural de la humanidad, por lo que es una fuente de ingresos económicos para la región y el país por su importante actividad turística que se ofrecen. En la microcuenca Sultepec se localizó la “Zona arqueológica Sultepec-Tecoaque” perteneciente al estado de Tlaxcala, en el municipio de Calpulalpan con una extensión de 4 ha, importante lugar donde se encontraron evidencias de la captura y sacrificio de españoles durante la conquista (Galvan, 2021). Estas zonas atraen a un importante número de visitantes, como en Teotihuacán con 1,788,984 personas extranjeras y nacionales, mientras que en Tecoaque es visitada por 10,930 extranjeros y nacionales (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**).

Cuadro 29 Zonas arqueológicas en las microcuencas

Visitantes	Microcuenca Otumba	Microcuenca Sultepec
	Teotihuacán	Tecoaque
Extranjeros	502,512	190
Nacional	1,286,472	10,740
Total, general	1,788,984	10,930

Fuente: Elaboración propia a través de datos estadísticos (INAH, 2023)

4.4 ETAPA DIAGNOSTICA.

4.4.1 Parámetros Morfológicos

El área y perímetro de la microcuenca Otumba, cuenta con una extensión de 38,323.5 ha y un perímetro de 120.86 km. La microcuenca “Sultepec” más pequeña, con una superficie de 13,234.4 ha y un perímetro de 67.43 km (Cuadro 30). La longitud de la microcuenca es la distancia en línea recta desde el punto de drenaje aguas abajo hasta otro punto aguas arriba, guiándonos por el cauce principal (Horton 1932). Otumba obtuvo una longitud de 24.7 km con 15.79 km de ancho y Sultepec de 17.70 km de longitud y 7.47 km de ancho (Cuadro 30).

Cuadro 30 Parámetros morfológicos

Parámetro	Microcuenca Otumba	Microcuenca Sultepec
Área	38,323.5 ha	13,234.4 ha
Perímetro	120.86 km.	67.43 km.
Longitud	24.7 km	17.70 km.
Ancho	15.79 km	7.47 km

4.4.2 Parámetros de forma

El índice de compacidad relaciona el perímetro de un círculo con una cuenca en teoría circular, por lo tanto, cuando el valor resultante sea mayor de 1 indicaría teóricamente la forma irregular de la microcuenca además que la proximidad a la unidad indicara la tendencia a concentrar grandes volúmenes de aguas de escurrimiento. Resultado que Otumba y Sultepec cuentan un valor de K en 1.7 y 1.6 respectivamente (Cuadro 31), ambas están alejadas de “1” es decir que tienden a ser de formas oblongas a microcuencas alargadas (Cuadro 32).

En Otumba se tiene un factor de forma Horton de 0.65 y en Sultepec 0.42(Cuadro 31), esto quiere decir que Otumba se acerca más a una forma circular y Sultepec a una alargada de acuerdo con el autor (Londoño, 2001) el valor máximo que se podría presentar en una cuenca circular es de 0.78 y en una más alargada el valor se acercara más a cero.

Cuadro 31 Parámetros de Forma en las microcuencas

Parámetro	Microcuenca Otumba	Microcuenca Sultepec
Índice de compacidad o de Gravelius (K)	1.7	1.6
Factor de forma de Horton (Rf)	0.65	0.42

Cuadro 32 Clasificación de forma del índice compacidad

Kc	Clasificación
1-1.25	Semiredonda a oval
1.25-1.5	Oval a oblonga
1.5-1.75	Oval oblonga a alargada oblonga
>1.75	alargada

Fuente: Villela e Matos (1975), citado por (Cerignoni & Rodrigues, 2015).

4.4.3 Parámetros de relieve

La microcuenca Otumba tiene un desnivel altitudinal de 831 msnm en la cual hay pendientes desde 0% como mínima ,83% como máxima y una pendiente media de 10%, es decir que, hay elevaciones considerables que pueden ser montañas o lomas y los terrenos dominantes con pendientes bajas en altitudes medias de 2496 msnm (Cuadro 33). En Sultepec hay un desnivel de 866 msnm y pendientes ligeramente diferentes a Otumba, debido a que la pendiente mínima es de 0%, 85% como máxima y una pendiente media de 14% en altitudes medias desde 2760 msnm (Cuadro 33).

Cuadro 33 Parámetros de relieve

Aspecto	Microcuenca Otumba	Microcuenca Sultepec
Cota mayor (msnm)	3106	3382
Cota media (msnm)	2496	2760
Cota menor (msnm)	2275	2516
Desnivel altitudinal (msnm)	831	866
Pendiente mínima (%)	0	0
Pendiente media (%)	10	14
Pendiente máxima (%)	83	85

4.4.3.1 Curva hipsométrica

La curva hipsométrica representa gráficamente la variación de altitud en una cuenca y que relaciona a su vez los intervalos de las cotas del terreno con la superficie que le corresponde (Illescas, 2016), al mismo tiempo han sido asociadas con la edad de los ríos de las cuencas. En la microcuenca Otumba notaremos que a partir de 2323 m.s.n.m se encontrará el 100% de la superficie (Figura 21), mientras que en la microcuenca Sultepec el 100% del área se encuentra por encima de 2566 m.s.n.m (Figura 22).

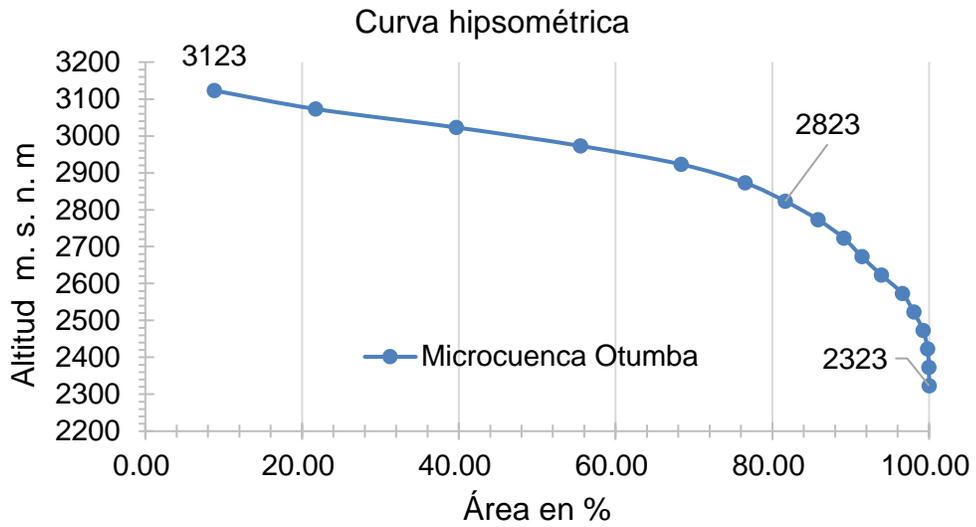


Figura 21 Curva hipsométrica en la microcuenca Otumba

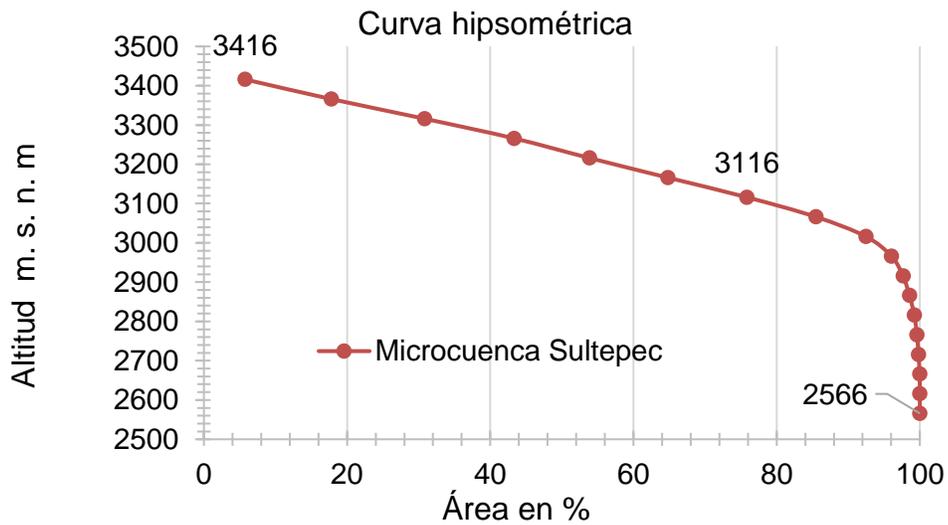


Figura 22 Curva hipsométrica en la microcuenca Sultepec

De acuerdo con la clasificación de la forma de la curva hipsométrica visto en la Figura 23, podremos saber qué características pueden tener los ríos de las

cuencas, como resultado las curvas hipsométricas obtenidas son más acordes a la curva de ríos jóvenes.

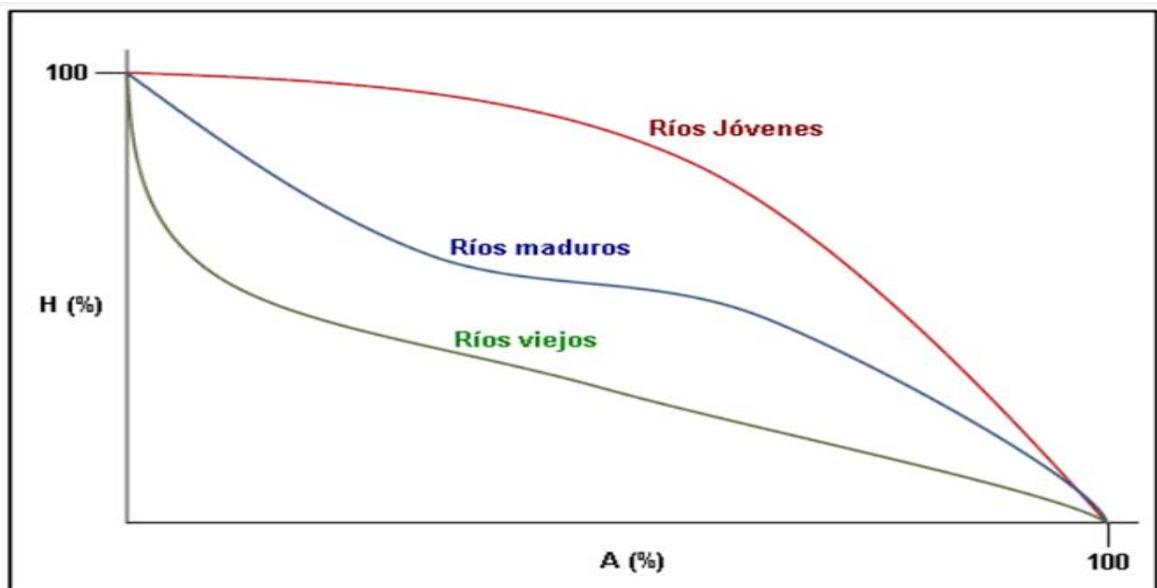


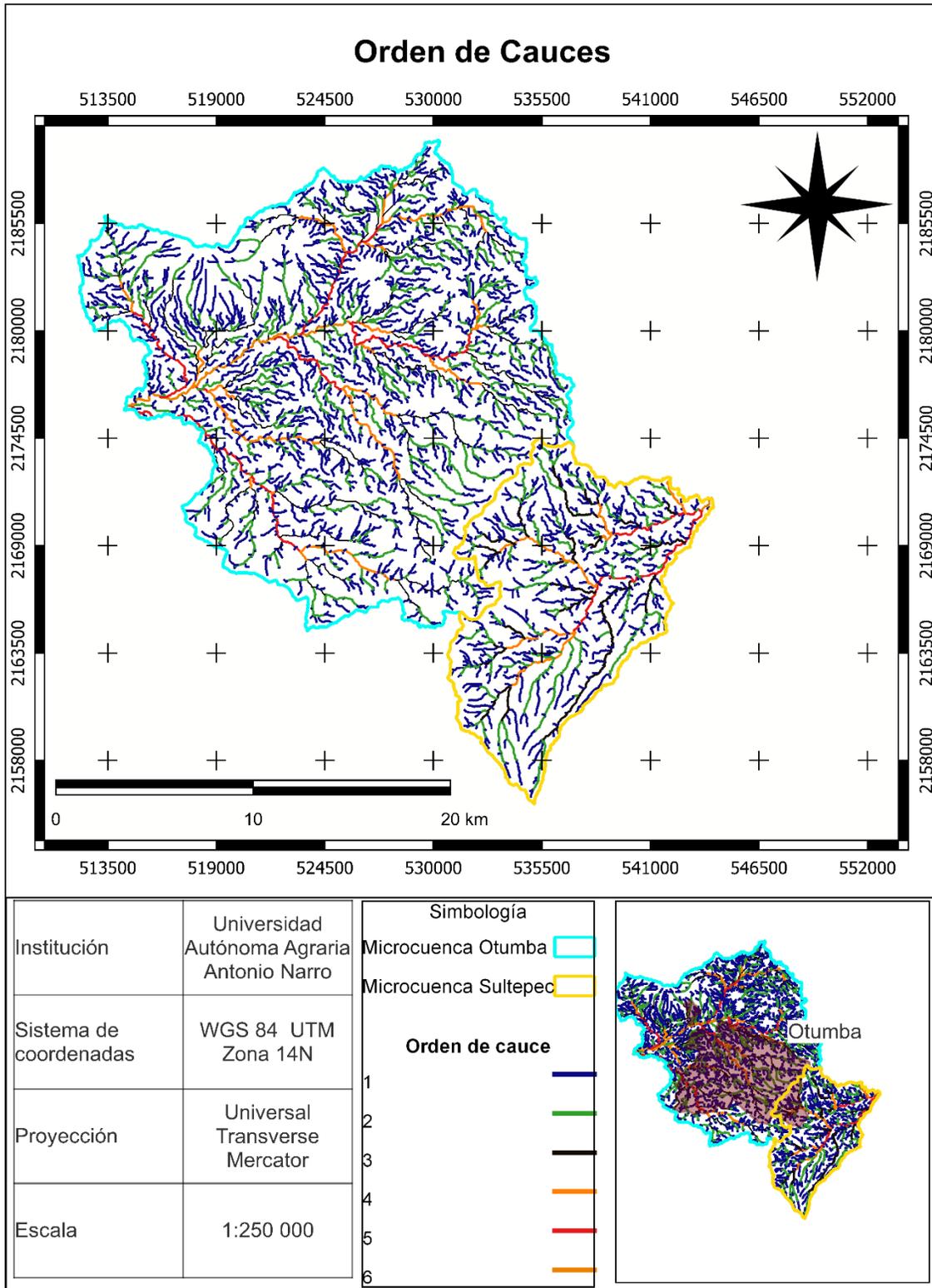
Figura 23 Curvas de edades de ríos

Fuente: Tomada de Ibáñez 2009

4.4.4 Parámetros de drenaje

4.4.4.1 Orden de cauces

En las microcuencas existen de primer hasta sexto ordenen, Otumba con una longitud total de órdenes de hasta 1189.17km y Sultepec 370.1 y como se puede observar en el Mapa 10, que los órdenes de clase 1 y dos son los que más domina.



Mapa 10 Orden de Cauces

4.4.4.2 Densidad de drenaje

En la microcuenca Otumba hay una densidad de drenaje muy alta de 3.10 km/km² que puede ser una microcuenca con gran probabilidad de escorrentía y erosión; Sultepec presenta un drenaje de alto y fluido de 2.80 km/km² (Cuadro 34).

Cuadro 34 Interpretación de resultados para densidad de drenaje

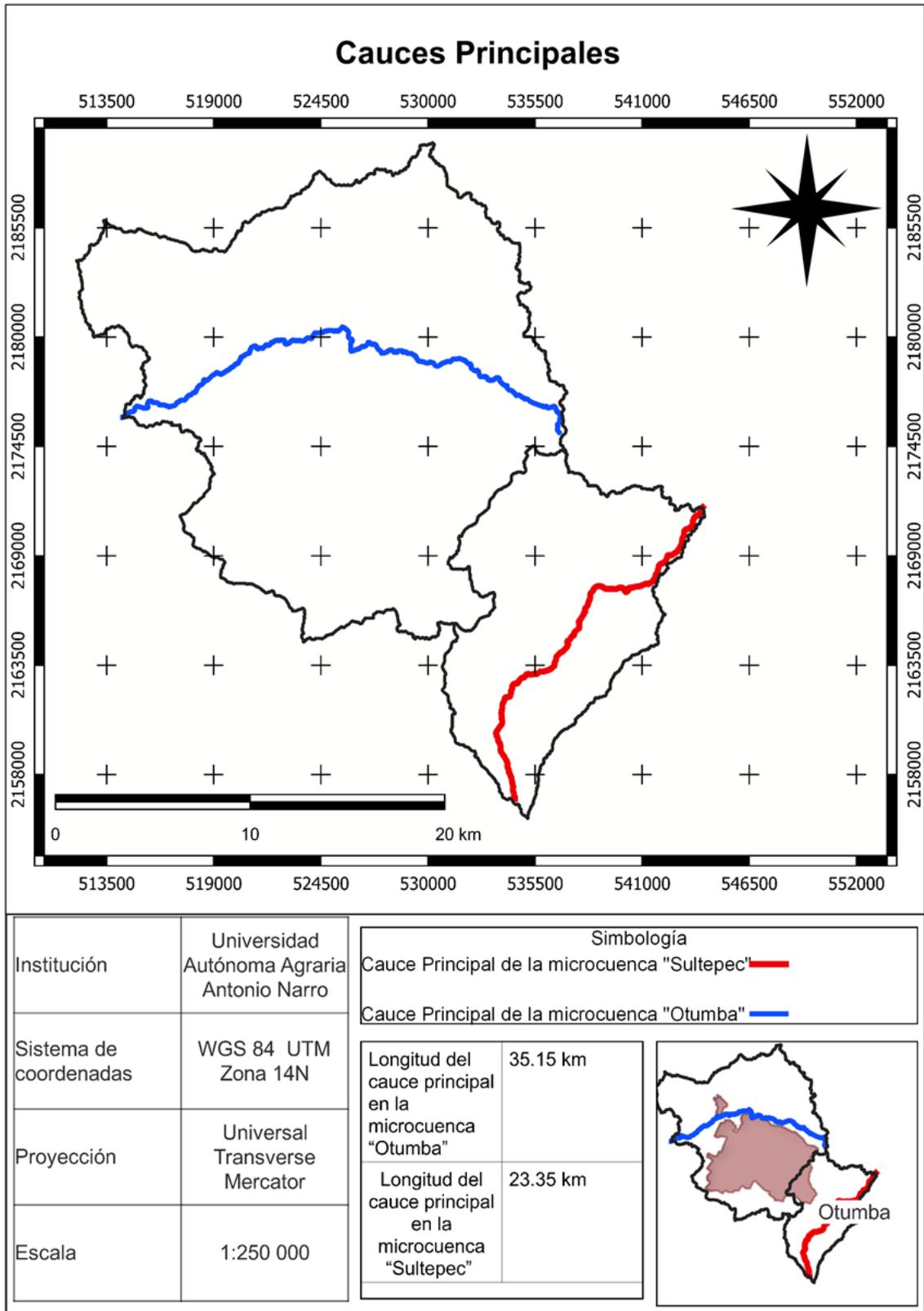
Dd (km/km ²)	Diagnóstico	Interpretación
Menores de 1.5	Bajo	Baja escorrentía y aumenta la infiltración
1.5- 2.5	Medio	Tendencia media de escorrentía
2.5- 3.0	Alto	Alta tendencia a fluir
Mayores de 3.0	Muy alta	Alta tendencia a escorrentía y erosión

4.4.4.3 Cauce Principal

El cauce principal de la microcuenca Otumba mide una longitud de 32.15 km, tiene como cota máxima 2947 msnm ,2273 msnm como mínima y como cota media del cauce 2353 msnm, la pendiente máxima del cauce es de 25%, pendiente media de 4% y como mínima el 0% (Cuadro 35) En la microcuenca Sultepec el cauce principal mide una longitud de 23.35km, el cual tiene como pendiente máxima un 39%, como mínima 0% y una pendiente media del cauce de 6%. Las elevaciones que podemos encontrar en este cauce es desde 2517 msnm hasta 3166 msnm, como cota media del cauce en 2680 msnm (Cuadro 35).

Cuadro 35 Relieve del cauce Principal

Aspecto	Microcuenca Otumba	Microcuenca Sultepec
Cota mayor (msnm)	2947	3166
Cota media (msnm)	2353	2680
Cota menor (msnm)	2273	2517
Pendiente mínima (%)	0	0
Pendiente media (%)	4	6
Pendiente máxima (%)	25	39
Longitud (km)	32.15 (Mapa 11)	23.35(Mapa 11)



Mapa 11 Cauces principales

4.4.4.4 Perfil longitudinal del cauce

La microcuenca Otumba nace desde una elevación a 2947 msnm y conforme va disminuyendo la altitud el caudal desemboca en la parte más baja de la microcuenca en 2275 msnm, a los 20 km de longitud del caudal comienzan a disminuir las pendientes (Figura 24). El caudal principal de Sultepec nace desde una elevación de 3176 msnm, continuando así hasta desembocar en una altura de 2517 msnm.

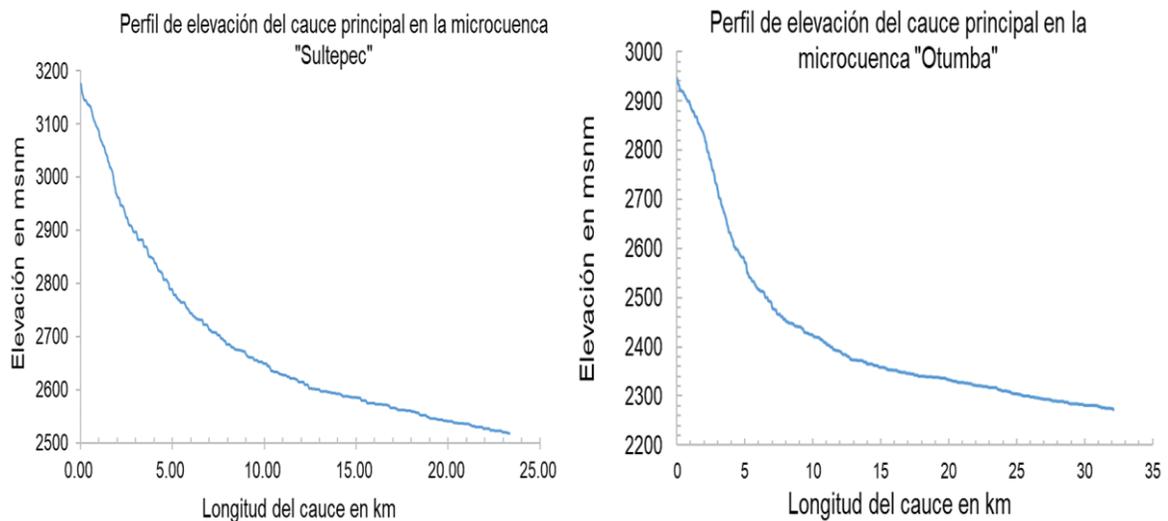


Figura 24 Perfil longitudinal del cauce principal en las microcuencas

4.4.4.5 Tiempo de concentración

Los valores de cada fórmula son parecidos, exceptuando los de Giandotti, ya que son valores más elevados, por lo que se tomarán los valores de la fórmula de Kirpich, ya que se utilizara posteriormente para el cálculo de gasto caudal. En Otumba se tarda 3.9 h y Sultepec 2.6 h en que una gota de agua haga el recorrido en la superficie (Cuadro 36).

Cuadro 36 Tiempo de concentración en las microcuencas

Método	Otumba	Sultepec
KIRPICH (hr)	3.9	2.6
TEMEZ (hr)	3.5	2.5
GIANDOTTI (hr)	5.4	3.4

4.4.4.6 Tiempo de retorno e intensidad de lluvia

Con la fórmula obtenida de la curva logarítmica para la estimación de precipitación media anual máxima diaria (Figura 25) se pronosticó la intensidad de lluvia en periodos de retorno de 1,5 y 10 años.

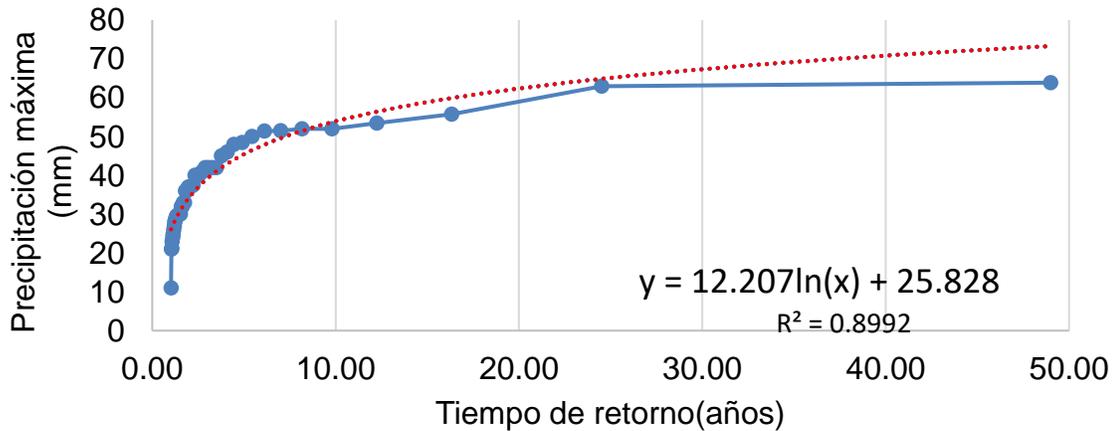


Figura 25 Curva logarítmica de tiempo de retorno

En la microcuenca Otumba la intensidad de lluvia máxima de 7mm/h se podría esperar que sea igual o mayor en un año, en 5 años se vuelva a presentar 12mm/h y una lluvia de hasta 14mm/h tiene un intervalo de ocurrencia de 10 años (Cuadro 37). En la microcuenca Sultepec se pronostican intensidades de lluvia más elevadas, en un periodo de ocurrencia de 10 años sucederá una lluvia de 21mm/h, en 5 años posiblemente se presente una lluvia máxima de 17mm/h y en un año podrá ocurrir una lluvia de 7mm/h (Cuadro 37).

Cuadro 37 Intensidad de lluvia con tiempo de retorno

Intensidad de lluvia(mm/h)	Microcuenca Otumba	Microcuenca Sultepec
Intensidad de lluvia con tiempo de retorno en 1 año	7	10
Intensidad de lluvia con tiempo de retorno en 5 años	12	17
Intensidad de lluvia con tiempo de retorno en 10 años	14	21

4.4.4.7 Coeficiente de escurrimiento

El coeficiente de escurrimiento relaciona el agua que llueve sobre la superficie de la microcuenca y el agua que se escurre, los valores no son significativamente diferentes (Cuadro 38).

Cuadro 38 Coeficientes de escurrimiento.

Microcuenca Otumba	Microcuenca Sultepec
0.11	0.10

4.4.4.8 Gasto caudal

El gasto máximo de 162(m³/s) será igual o excedido en un intervalo de tiempo de 10 años (1/10) en la microcuenca Otumba (Cuadro 39), cada 5 años ocurrirá posiblemente un escurrimiento de 135(m³/s) y en un año podrá ocurrir al menos una vez 78(m³/s). Por otro lado, en Sultepec tuvo un gasto de 37(m³/s) con probabilidad de ocurrir en un año (1/1) y que la probabilidad de 76(m³/s) se iguale o exceda en cualquier año es de 1/10 años.

Cuadro 39 Resultados de gasto caudal en las microcuencas.

Parámetro	Microcuenca Otumba	Microcuenca Sultepec
Área de la cuenca ha	38,323.5	13,234.4
Gasto caudal (m ³ /s) Tr= 1 año	78	37
Gasto caudal (m ³ /s) Tr= 5 años	135	64
Gasto caudal (m ³ /s) Tr= 10 años	162	76

Tr: Tiempo de retorno

4.4.4.9 Volumen anual de escurrimiento natural de las microcuencas

En las microcuencas se capta el volumen de agua superficial a través de la red de drenajes naturales de las mismas, siendo así que en Otumba capta un volumen anual de escurrimiento de 23hm³ y Sultepec 7.3hm³(Cuadro 40), se puede observar que evidentemente Otumba debido a su gran tamaño (38,323.5ha) aporta 15.7 hm³ más que Sultepec.

Cuadro 40 Volumen anual de escurrimiento natural

Otumba	Sultepec
23,020,971m ³ =23hm ³	7,281,698.2 m ³ = 7.3hm ³

4.4.5 Erosión hídrica potencial y actual

Aplicando la clasificación del Cuadro Cuadro 41, se encontró que en la microcuenca Otumba alrededor del 35% de la superficie sufre pérdida de suelo de alrededor de 10 a 50 t ha⁻¹ año⁻¹ clasificada como erosión potencial moderada y el otro 32% del territorio se clasifica como erosión potencial insipiente, aunque en menor extensión, la erosión de clase severa y muy severa si se presenta (Cuadro 41). Mientras tanto en la microcuenca Sultepec el 46.9% del área se clasifica como erosión potencial moderada con pérdidas de suelo de 10 a 50 t ha⁻¹ año⁻¹, además que también presenta de tipo incipiente, ligera y severa con 17 y 18% respectivamente, en cuanto a la erosión muy severa se encuentra mínimamente con el 0.02%.

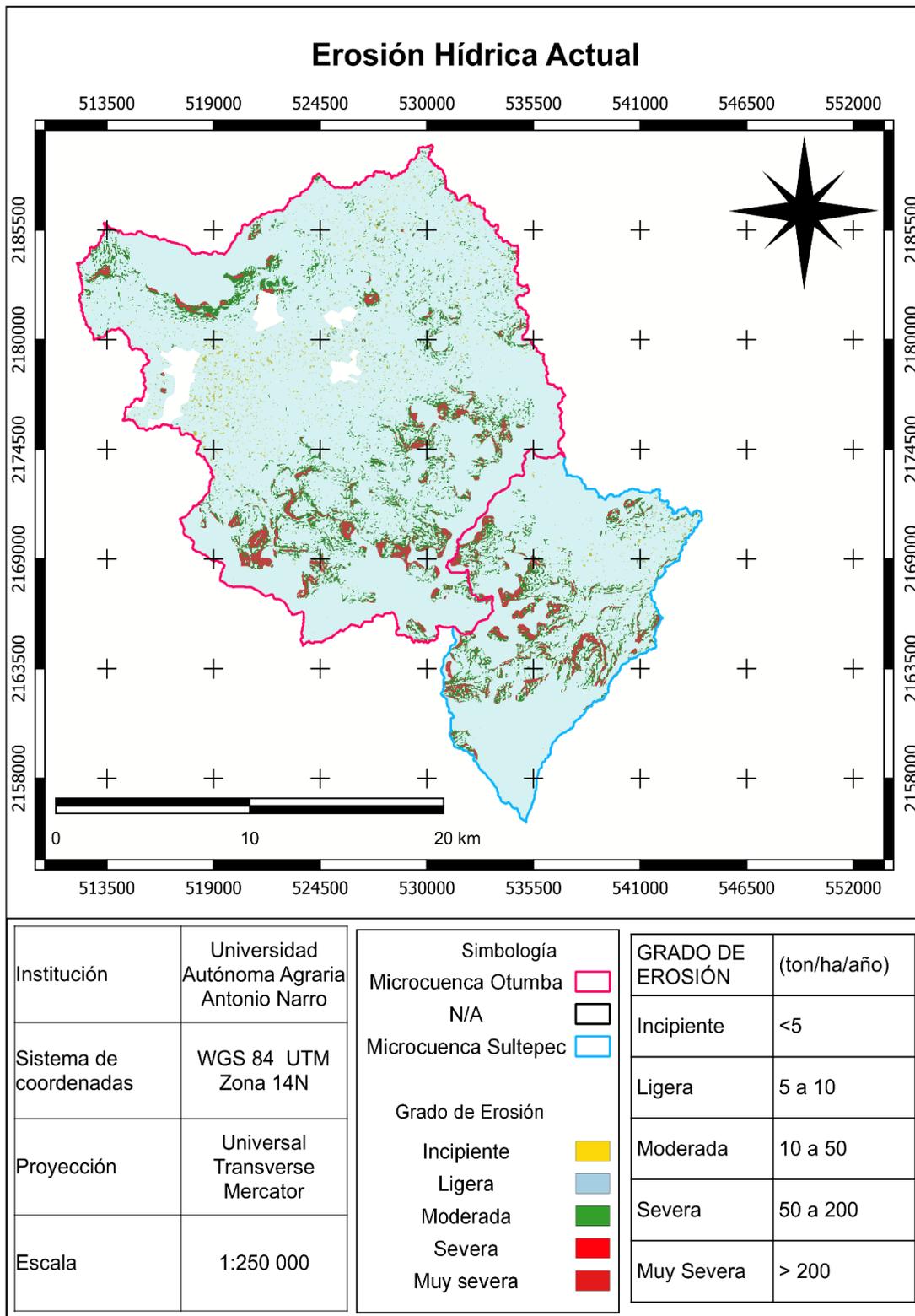
Cuadro 41 Pérdida de suelo para la erosión hídrica potencial

Pérdida de suelo (T ha ⁻¹ año ⁻¹)	Clasificación	Microcuenca Otumba		Microcuenca Sultepec	
		Ha	%	Ha	%
< 5	Incipiente	12,413	32	2,234	17
5 a 10	Ligera	8,206	21	2,331	18
10 a 50	moderada	13,309	35	6,211	47
50 a 200	severa	3,780	10	2,409	18
> 200	muy severa	39	0.10	3	0.02

La erosión hídrica actual en la microcuenca Sultepec (0) el 84% de la superficie se clasifica como erosión ligera donde se pierde suelo de alrededor de 5 a 10 t ha⁻¹ año⁻¹, el 9.1% es moderada (10-50 t ha⁻¹ año⁻¹), cuenta mínimamente con erosión muy severa (Cuadro 42). En la microcuenca Otumba el 86% del territorio está expuesta a erosión ligera (5 a 10 t ha⁻¹ año⁻¹), moderada (7%), insipiente (1%), severa (3%) y no cuenta con presencia de erosión muy severa.

Cuadro 42 Pérdida de suelo para erosión hídrica actual

Pérdida de suelo (T ha ⁻¹ año ⁻¹)	Clasificación	Microcuenca Otumba		Microcuenca Sultepec	
		Ha	%	Ha	%
< 5	Incipiente	447.3	1	63.5	0.5
5 a 10	Ligera	33,039.63	86	11114.9	84
10 a 50	moderada	2,642.58	7	1209.8	9
50 a 200	severa	1,118.43	3	773.7	6
> 200	muy severa	-	-	4.9	0.037



Mapa 12 Erosión hídrica actual

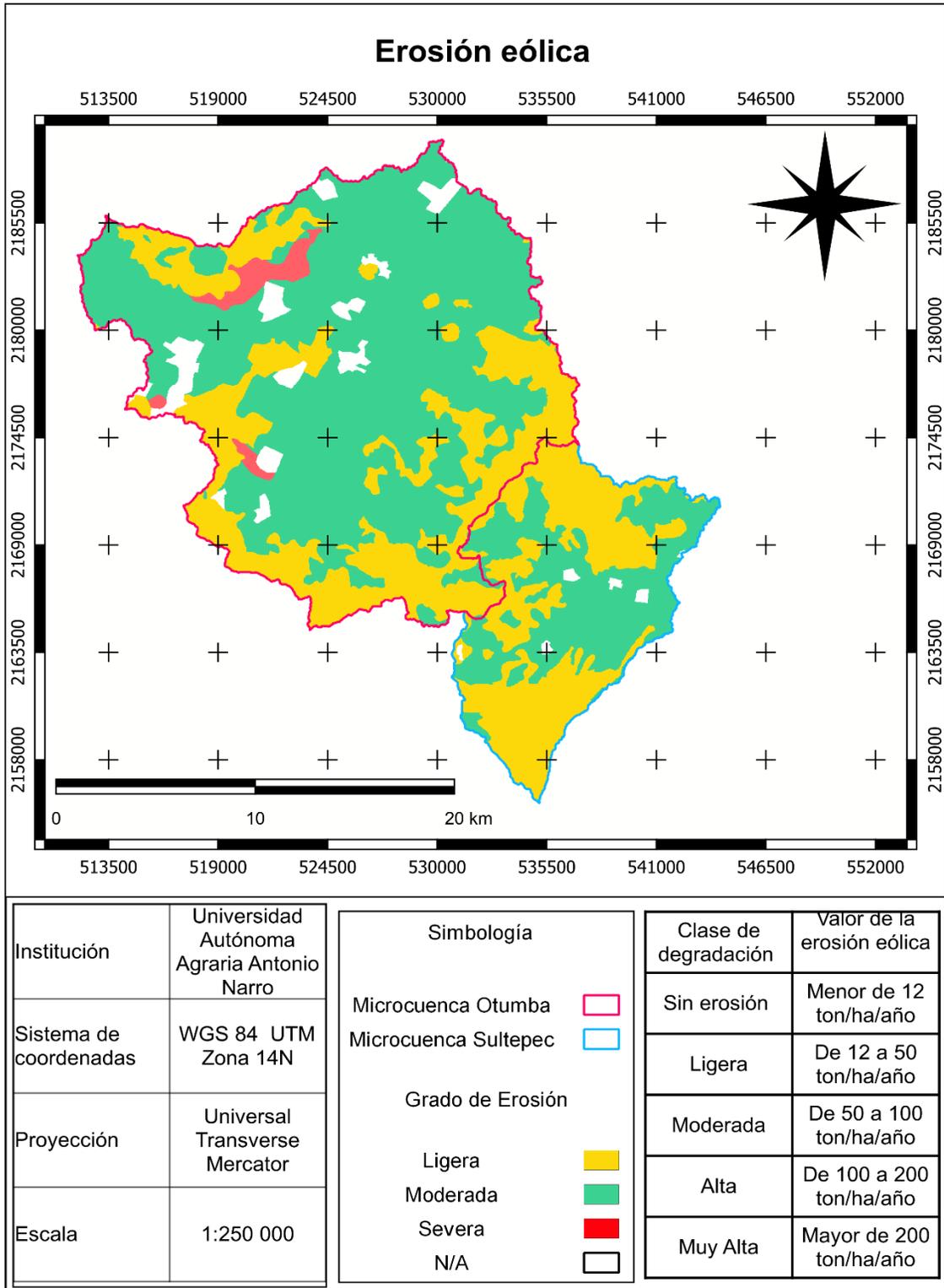
4.4.6 Erosión eólica

En la microcuenca Otumba el 64% del territorio sufre erosión eólica moderada, es decir, se pierde suelo de 50 a 100 ton/ha/año, el 29% está expuesta a erosión ligera (12 a 50 ton/ha/año) y un 2% una degradación alta de 100 a 200 ton/ha/año (Cuadro 43). Cabe recalcar que los porcentajes están calculados con base a la superficie total de las microcuencas, por lo que el porcentaje faltante corresponde a zonas urbanas.

En la microcuenca Sultepec se encuentran dos tipos de erosión, ligera y moderada (Cuadro 43), siendo que la clase de erosión ligera es la que se encuentra en un 52% (12 a 50 ton/ha/año) de la superficie y el 47% a moderada (50 a 100 ton/ha/año). Se puede observar su distribución de mejor manera en el Mapa 13.

Cuadro 43 Perdida de suelo por erosión eólica

Calificador		Microcuenca Otumba		Microcuenca Sultepec	
Clase de degradación	Valor de la erosión eólica	Ha	%	Ha	%
Ligera	De 12 a 50 ton/ha/año	11068	29	6846	52
Moderada	De 50 a 100 ton/ha/año	24618	64	6174	47
Alta	De 100 a 200 ton/ha/año	913	2	—	—



Mapa 13 Erosión eólica

4.4.7 Aptitudes de uso potencial de suelo

El uso potencial agrícola en la microcuenca Otumba es favorable, ya que 33,4009 ha (82%) pueden utilizarse, 38,323.4 ha (100%) son aptas para actividades pecuarias y escasamente, 4,585.8ha (12%) pueden ser de uso y explotación forestal (Figura 26). La microcuenca Sultepec tiene 10,402.2ha (79%) que puede ser usado para agricultura, 11,063.2ha (84%) uso pecuario y 6,394.1ha (48%) para uso forestal. La aptitud de uso menos favorable es la forestal, ya que por lo menos 33,737.7ha (88%) de Otumba y 6869.9(52%) de Sultepec no son aptas para esta actividad (Figura 26). En el Mapa 14 se puede apreciar de mejor manera la distribución de las aptitudes de uso en las microcuencas.

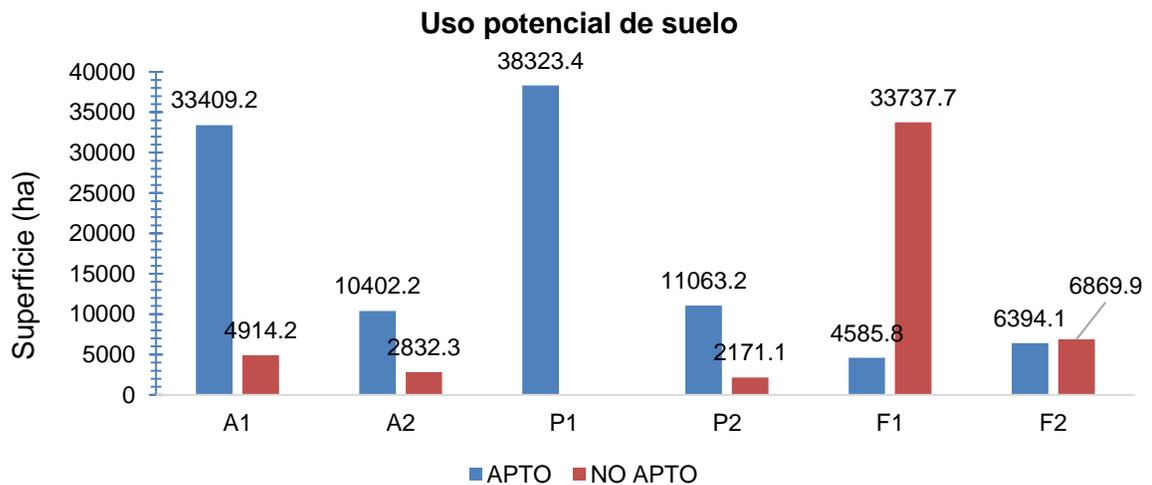
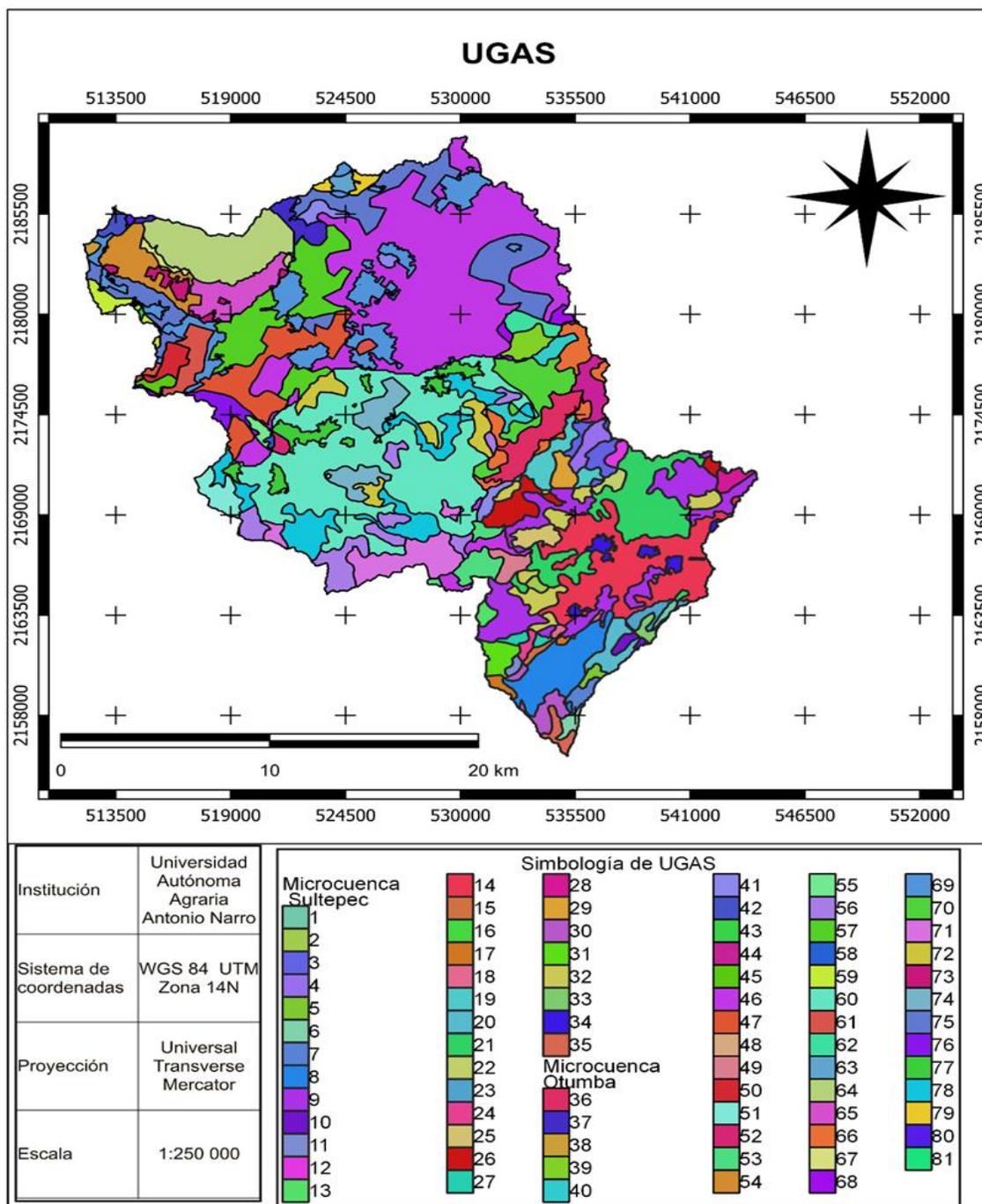


Figura 26 Aptitudes de uso potencial de suelo en las microcuencas

Notas: A: agricultura. P: pecuario. F: forestal. #1: Microcuenca Otumba. #2: Microcuenca Sultepec.

4.4.8 Delimitación de las unidades de gestión ambiental (UGA)

Se obtuvieron para la microcuenca Sultepec 35 UGAS y 46 UGAS para la microcuenca Otumba, siendo así un total de 81 unidades de gestión ecológica en las microcuencas (Mapa 15)



Mapa 15 Unidades de gestión ambiental

4.4.9 Políticas de UGAS

De acuerdo a los criterios de asignación de políticas territoriales, se definieron 48 UGAS para aprovechamiento, 6 con protección, 16 de conservación y 2 para restauración (Cuadro 44). En total 72 UGAS de las 81 fueron asignadas a una política ambiental, las restantes (9) fueron excluidas de las propuestas y políticas ya que son Zonas arqueológicas y parques ecológicos estatales los cuales ya cuentan con sus propios planes de manejo.

Cuadro 44 Políticas de UGAS

UGAS	Política	Área(ha)
2, 5, 9, 12,14, 18, 21,22,23,24,26,27,28, 29, 33, 34, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 46, 47, 52, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 72, 73, 74, 75, 76, 77.	Aprovechamiento	40,028
1, 3, 4, 8, 10, 11, 13, 15, 19, 30, 31, 32,36, 53, 71 y 78	Conservación	7379
6, 7, 20, 25, 35 y 49	Protección	1132
17 y 79	Restauración	250
16, 37, 45, 48, 50, 51, 64, 80, y 81	Excluidas	2764

4.4.10 Análisis FODA

El análisis de las fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas de las políticas asignadas ayudarán a identificar el panorama de las microcuencas para posteriormente definir propuestas adecuadas para la solución de problemas ambientales que perjudiquen los ciclos naturales de una cuenca. Por lo tanto, a continuación, se enlistan los FODAS:

Cuadro 45 FODA para Aprovechamiento

Fortalezas	<ul style="list-style-type: none"> • Los climas templados subhúmedo(C(w1)) y semiárido (Bs1kw) presentan lluvias en tiempos marcados; desde el mes de junio a septiembre, lo que favorece la posibilidad de agricultura semipermanente. • Los usos y tipos de vegetación mayormente son la Vegetación secundaria arbustiva de bosque de encino y pino, Vegetación secundaria herbácea de bosques de encino, Pastizal inducido, Matorral crasuláceo y Agricultura de riego anual – semipermanente; permitiendo el desarrollo de actividades
------------	--

	<p>productivas del sector primario.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Presencia en la superficie del tipo de suelo phaeozem, suelos normalmente con buen potencial agrícola. • Las localidades dentro de las Zonas urbanas presentaron principalmente un grado de marginación muy bajo abajo • La precipitación en las UGAS varía de 549mm a 578mm, lo que podría propiciar la posibilidad de agricultura de temporal o semipermanente de al menos uno o dos ciclos productivos en superficies aptas para agricultura. • El grado erosión hídrica predominante es ligera (5 a 10 t ha⁻¹ año⁻¹), por lo que aún se puede implementar técnicas de restauración antes de que se pierda más suelo. • Las actividades de aprovechamiento de recursos, actividades secundarias y terciarias en las zonas urbanas representan fuentes importantes de ingresos económicos para los pobladores, disminuyendo la marginación. • Áreas turísticas de gran importancia y fuente de ingresos para la región, como la zona arqueológica de Teotihuacán y Tecoaque, además de iglesias, haciendas y edificios históricos para visitar.
Debilidades	<ul style="list-style-type: none"> • La superficie en su mayoría (35,966.5 ha) no son aptas para actividades forestales. • En el sector de educación aún necesita ser mejorado debido a que hay casos de escolaridades mínimas o no terminadas considerables, como las personas que no tienen nivel preescolar (2946), primaria (12070) y 27,789 personas que tienen nivel máximo de secundaria. Los sistemas de salud pública y privada pueden mejorar, ya que alrededor del 34% de la población (42,250 personas) no están afiliadas con algún servicio de salud y 6,617 viviendas no tienen servicio público básico como electricidad, agua entubada y drenaje. • Bajo o nulo involucramiento de las dependencias de gobierno para la planeación de agricultura sostenible y de bajos impactos; así también la poca difusión de proyectos y apoyos económicos para la producción agroalimentaria. • Falta de plan de reciclado y correcto manejo de desechos agrícolas (fertilizantes, materiales plásticos, maquinaria obsoleta), pecuarios (medicamentos, materiales plásticos y estiércol) • Las localidades no cuentan con un buen sistema de recolección de aguas residuales; la mayoría son depositadas a barrancas. • Falta de mantenimiento en redes y equipos de bombeo de agua, no existen programas para detección de fugas.
Oportunidades	<ul style="list-style-type: none"> • La mayoría de la superficie es apta para agricultura con intensidad

	<p>de uso continuo (38,879.9 ha), es decir, más de 1 ciclo se puede cultivar con métodos de labranza mecanizados y tracción animal.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Presenta un potencial para el desarrollo pecuario de (41,368.8 ha), con forrajes naturales y cultivados, para todo tipo de ganado (caprino, bovino, ovino). • La poca superficie, que es apta para usos forestales (5,675ha), tiene un alto potencial de extracción maderable y no maderable para uso doméstico. • Implementación de diversificación en los cultivos, técnicas y tecnologías aplicadas a la producción agroalimentaria; así también en el ámbito pecuario poder implementar un sistema ordenado de pastoreo. • Planeación y desarrollo de una agricultura amigable, responsable para evitar la contaminación o alteración de agua, suelo y aire. • Implementar técnicas para la restauración de suelos, como bordos a nivel con barreras vivas, terrazas niveladas, reten con piedra acomodada. • Aplicar educación ambiental, divulgación o asesorías para inculcar o concientizar la importancia de los suelos y su restauración.
Amenazas	<ul style="list-style-type: none"> • La erosión eólica que se presenta en área es mayormente de grado moderado de 50 a 100 ton/ha/año y ligero con 12 a 50 ton/ha/año de pérdida de suelo por lo que, si no se atiende, el agua se escurrirá sin infiltrar a los acuíferos afectando la recarga de estos; además que, la pérdida de suelos afectará las actividades productivas. • La presencia de leptosol implica zonas con suelos delgados o muy pedregosos con escasa profundidad, poco atractivos para cultivos. • Los vertisoles que se encuentran en estas UGAS a pesar de que suelen ser muy fértiles, su dureza llega a dificultar la labranza. • Parte del uso de suelo, son las zonas urbanas en las que hay 86 localidades con 122,776 habitantes y que eventualmente habrá que extender la mancha urbana para nueva infraestructura ocasionando pérdidas de superficies dedicadas a la productividad primaria. • Debido a los cambios climáticos que se han presentado en las zonas se presentaran plagas y enfermedades más resistentes, afectando gravemente la productividad y la inversión costosa en agroquímicos. El incorrecto manejo de las especies nativas cultivadas podría ocasionar pérdida genética, ya que no se cuenta con bancos de semillas. • Debido a su cercanía comercial con grandes urbes (ciudad de México, Apan y Pachuca), eventualmente rebasarán el consumo sobre la producción disponible.

Cuadro 46 FODA Conservación

Fortalezas	<ul style="list-style-type: none"> • Una belleza escénica debido a sus lomeríos, mesetas y sierras volcánicas en las cuales existe vegetación natural. • La vegetación secundaria arbustiva de bosques de encino – pino y matorral crasuláceo que actúan como nodrizas manteniendo temperaturas, humedad y suelos en un punto de equilibrio para continuar la sucesión natural al estrato arbóreo. • Presencia de suelo principalmente de tipo phaeozem caracterizados por ser fértiles en magnesio y potasio. Por otro lado, los andosoles tienen buenas propiedades de enraizamiento y almacenamiento de agua. • Aún se está a tiempo de atender la erosión hídrica, ya que el grado predominante de pérdida de suelo es ligera (de 5 a 10 ton/ha/año).
Debilidades	<ul style="list-style-type: none"> • No se cuenta con planes adecuados de manejo forestal, de fuego, obras de restauración y conservación en el lugar. • Las pocas iniciativas para reforestación no han sido guiadas adecuadamente, propiciando introducción de especies invasoras en el área.
Oportunidades	<ul style="list-style-type: none"> • Se podría impulsar la investigación de los recursos naturales a través de convenios y enlaces con instituciones educativas. • Impulsar proyectos de restauración de suelos enfocados primeramente en las partes altas de la sierra y lomas para asegurar la infiltración de agua para la recarga de acuíferos. • Involucrar a los pobladores o dueños de las superficies en las actividades de conservación, a través de talleres, asesorías y educación ambiental. • Organización y planeación correcta de reforestación, seleccionando especies nativas considerando la condición del suelo y periodos de mayor humedad para reducir la velocidad de escurrimiento del agua y propiciar la infiltración a los mantos.
Amenazas	<ul style="list-style-type: none"> • Existen suelos de tipo umbrisol que suelen ser ácidos, susceptibles a la erosión por efecto de la deforestación, también los andosoles son frágiles, ya que por sus propiedades son utilizados para agricultura perdiendo su vegetación natural y erosionan rápidamente por deforestación, finalmente en menor proporción los leptosoles, se caracterizan por su susceptibilidad a erosión y con abundantes gravas. • La erosión eólica que se presenta es de grado moderado, con 50 a 100 ton/ha/año de pérdida de suelo, lo que podría ser perjudicial en la pérdida de humedad superficial del suelo y nutrientes necesarios para la sobrevivencia de la vegetación natural.

	<ul style="list-style-type: none"> • Extracción de flora, fauna y la introducción de especies invasoras. • La superficie es mayormente ejidal, por lo que podría haber disputas con los pobladores para ceder sus tierras a conservación. • Las persistentes actividades productivas, agrícolas y pecuarias y zonas urbanas alrededor de estas UGAS comenzarán a cambiar el uso de suelo de la zona para satisfacer las demandas de consumo.
--	---

Cuadro 47 FODA Protección

Fortalezas	<ul style="list-style-type: none"> • Las UGAS con bosques de pino, encino, oyamel y táscate son las últimas superficies boscosas en las microcuencas y mediante el manejo de estas ser una fuente de germoplasma. • Clima Cb'(w2) Semifrío, subhúmedo con verano fresco largo y C(w1) templado subhúmedo mantienen las condiciones de temperaturas y precipitaciones para el desarrollo de estos bosques. • Escenarios de paisaje debido a sus sierras y lomeríos. • Presencia de suelo principalmente de tipo phaeozem caracterizados por ser fértiles en magnesio y potasio. Por otro lado, los andosoles tienen buenas propiedades de enraizamiento y almacenamiento de agua. • Los servicios de soporte (ciclos ecológicos), de regulación (clima, aire, agua, erosión), culturales (identidad, inspiración, recreación) y de abastecimiento (alimentos, recursos) que brindan los bosques. • Suelos con grado de erosión hídrica ligera con 5 a 10 ton/ha/año de pérdida de suelo y 12 a 50 ton/ha/año a causa de erosión eólica ligera, es decir que los suelos aún mantienen su estructura y, por lo tanto, aún se puede remediar con acciones de restauración y conservación de suelos en corto plazo.
Debilidades	<ul style="list-style-type: none"> • El poco interés por conservar y manejar adecuadamente los recursos maderables y no maderables de los locales, así también las instituciones gubernamentales. • Tiraderos clandestinos de basura, debido a una mala organización de desechos de zonas urbanas y zonas agrícolas, ocasionando contaminación de agua y suelos. • No se cuenta con plantas tratadoras de aguas residuales para las zonas urbanas, por lo que la mayoría son desechadas en barrancas, afectando la sanidad de los ecosistemas y contaminación de los mantos.
Oportunidades	<ul style="list-style-type: none"> • Estudios e investigaciones florísticas, dendrocronologías para identificar la condición del bosque • Implementación de actividades de mantenimiento, control de

	<p>plagas y enfermedades.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Planear, ejecutar y el mantenimiento de proyectos de conservación y restauración de suelos. • Recolección de semillas y obtención de germoplasma de especies nativas de coníferas, asegurando la variedad genética de estos. • Promover e invitar a la población, dueños ejidales, instituciones de gobierno, una propuesta para decretar estas zonas como áreas naturales protegidas o parques estatales. • Organización y planeación correcta de reforestación, seleccionando especies nativas considerando la condición del suelo y periodos de mayor humedad para reducir la velocidad de escurrimiento del agua y propiciar la infiltración a los mantos.
Amenazas	<ul style="list-style-type: none"> • Tala ilegal, extracción de especies, introducción de especies alterando los ciclos naturales del ecosistema. • Existen suelos de tipo umbrisol que suelen ser ácidos, susceptibles a la erosión por efecto de la deforestación • Nulas acciones e iniciativas para la atención de plagas, enfermedades, mantenimiento del bosque, ubicación de áreas prioritarias (fuentes de agua y especies de coníferas en peligro). • No se cuenta con planes de manejo de fuego ni brigadas especializadas, ya sean rurales o del municipio, por lo que en caso de algún siniestro se prevé que estos serán intensos y severos debido a la acumulación de combustibles. • Expansión agrícola no planeada, causando una alteración severa en los pocos ecosistemas naturales que aún existen. • Descargas de aguas negras en barrancas debido a que no hay un buen sistema de aguas residuales.

Cuadro 48 FODA Restauración

Fortalezas	<ul style="list-style-type: none"> • La precipitación en la zona varía de 527mm a 581mm, lo que se considera un régimen de humedad semiseco con periodos de lluvia definido (junio- septiembre) adecuado para el establecimiento de especies nativas.
Debilidades	<ul style="list-style-type: none"> • No existen iniciativas de restauración de suelos local o apoyos gubernamentales, así como la divulgación de la importancia de una agricultura responsable y sustentable. • El tipo de uso de suelo presente en la mayor parte de la superficie es agricultura de temporal anual y agricultura de temporal anual - permanente, por lo que recuperar la estructura y fertilidad del suelo será difícil.
Oportunidades	<ul style="list-style-type: none"> • Existe una gran demanda regional para el agua potable,

	<p>principalmente subterránea, lo que puede fomentar actividades de restauración de las cuencas hidrológicas con el objetivo de incrementar la recarga de mantos.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Implementar técnicas para la restauración de suelos, como bordos a nivel con barreras vivas, terrazas niveladas, reten con piedra acomodada. • Promover la importancia de un buen manejo de suelos a través de talleres, educación ambiental, divulgación y asesorías. • Proponer actividades productivas diferentes, como producción en invernaderos, producción de carne de conejo, hongos z etc.
Amenazas	<ul style="list-style-type: none"> • Suelo de tipo durisol que comúnmente presenta una capa dura llamada tepetate, susceptible a erosión hídrica. Existen suelos de tipo umbrisol que suelen ser ácidos, susceptibles a la erosión por efecto de la deforestación. • Erosión hídrica de grado moderada con pérdida de suelo 10 a 50 ton/ha/año y erosión eólica de grado moderado con pérdida de suelo de 50 a 100 ton/ha/año.

4.5 Etapa de propuesta

El objetivo fue decidir y proponer las mejores estrategias que pudieran resolver y mejorar los aspectos tratados en el análisis de fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas de las UGAS para que la gestión de los recursos en las microcuencas fuera de manera sustentable sin dejar de lado la importancia de las acciones para mantener las recargas de agua en los acuíferos. Las estrategias se agruparon por política ecológica ya que en ellas se agrupan las UGAS con el mismo fin. A continuación, las estrategias:

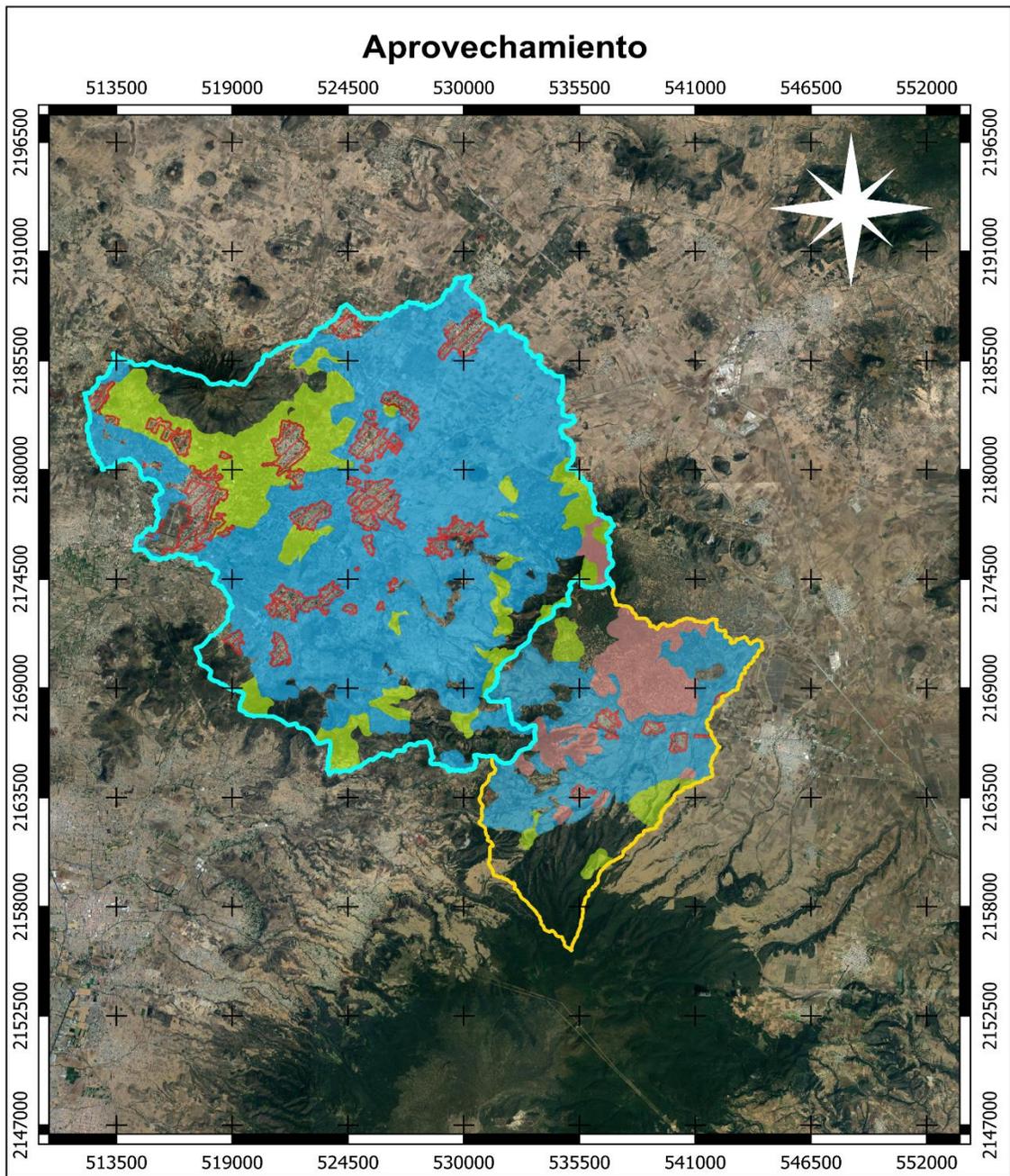
Cuadro 49 Estrategias para Aprovechamiento

Superficie 41,641.5 ha	Población total 122,776 habitantes
Tipo de suelo PH, LP, VR	Condición de acuífero Sobreexplotado
Clima BS1kw Y C(w2)	Precipitación 549mm a 578mm

Erosión eólica Moderada		Erosión hídrica Ligera	
Política ambiental		Aprovechamiento	
Sector (Mapa 16)		Estrategias	
Zonas Urbanas UGA 34 38 43 52 58 61 63 69 73 77		<ul style="list-style-type: none"> • Mejorar las condiciones de vivienda, dando acceso a servicios de calidad de agua, drenaje, electricidad, con una infraestructura planeada y en base a el crecimiento poblacional en un tiempo de 100 años. • Construir y modernizar la red de carreteras con el fin de contener el futuro incremento de automóviles en las zonas. • Planear, diseñar e implementar prioridad de áreas verdes en los poblados con especies nativas y flores polinizadoras en lugares públicos con el fin de disminuir temperaturas, fomentar la belleza escénica, salud mental y disminuir la contaminación de aire sin dejar de lado el mantenimiento de estos. • Priorizar el agua como un recurso de seguridad nacional, la cual será distribuida racionalmente, fomentando la concientización del cuidado del agua, impulsando proyectos de captación y almacenamiento de agua en viviendas, la construcción de plantas tratadoras en la zona y su mantenimiento constante. • Un diseño y planeación de redes de abastecimiento de agua priorizando aquellas localidades que no cuentan con el servicio, con objetivo de que estas redes abastezcan al futuro incremento exponencial de la población y tener el registro para mantenimiento, detección de fugas y obtención de equipo de bombas adecuadas para la distribución. • Implementar un estricto sistema de recolección y reciclaje de basura, adquiriendo más unidades recolectoras para las localidades, personal y vertederos autorizados y en condiciones para el reciclaje; crear líneas recolectoras específicas para desechos orgánicos, cada colonia tendrá sus contenedores específicos de desechos. Difundir nuevas dinámicas a la población, así como las multas por no acatarlas. • Frenar el urbanismo desorganizado atra vez de la planeación óptima con base a los recursos disponibles y su condición futura. • Fomentar alternativas de energías limpias, paneles, calentadores y estufas solares. 	

<p>Agrícolas UGA 2 9 14 26 27 28 39 40 42 46 47 55 59 60 62 70 72 74 75 76</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Usar métodos de restauración de suelos como terrazas en formación sucesiva, barreras vivas, cortinas rompe vientos, abonos verdes, presas de morillos y presas de piedra acomodada. • Banco de semillas de especies agroalimentarias criollas y comerciales, para preservar la variabilidad genética y el almacenamiento de estas. • Impulsar la creación de un grupo agrícola comunitario, en las que todos los agricultores de la región compartirán sus experiencias de cultivos, donde se propondrán soluciones a problemas productivos, recibirán asesorías, se les compartirá e información de los apoyos gubernamentales, guiará en el emprendimiento de proyectos nuevos, manejo y administración de sus ingresos, solicitar estudios específicos de suelos y manejo de plagas amigables al medio ambiente. • Implementar una red de recolección de desechos tóxicos agrícolas (insecticidas, agroquímicos y plásticos) en la región, implantar sanciones y multas a aquellos productores que tiren sus desechos en campos y carreteras. • Promover el uso y aplicación de productos biofertilizantes y bioplaguicidas sean aplicados por profesionales y como otra opción orientar a los productores para el uso correctos de estos productos. • Proponer y ejecutar proyectos de tecnificación de los sistemas de riego, dando prioridad a las regiones en donde es difícil el acceso de agua. • Proponer la rotación de cultivos o diversificación, para que el suelo no pierda su productividad. • Promover entre productores el valor agregado a sus productos, creando etiquetas y marcas propias, certificarse, industrializar sus productos, tomar medidas de sanidad adecuadas. • Priorizar el comercio de productos agroalimentarios local antes de ser distribuido a otras regiones, de esta, manera garantizar el abastecimiento alimentario a buen precio.
<p>Pecuario UGA 5 23 24</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Aplicar sistemas agrosilvopastoriles y silvopastoril en lugares con erosión de suelos ligera para una producción beneficiosa sin degradar fuertemente la vegetación. • Priorizar la ganadería en confinamiento, donde se aplicarán métodos de sanidad y control de enfermedades, instalaciones

<p>29 33 41 54 56 57 65 66 67 68</p>	<p>mejoradas como bebederos, sistemas de seguridad, calidad de alimentación.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Impulsar el desarrollo de proyectos ganaderos sustentables para minimizar el impacto ambiental. • Implementar una red de desechos de excretas, para la creación de abonos orgánicos o biocombustibles y de esta manera reducir la liberación de gases de efecto invernadero; al igual el manejo de desechos peligrosos como, plásticos, medicamentos y jeringas; aplicar multas por desechar residuos en carreteras o en campo. • Apoyo de programas para ganadería diversificada, además de incorporar más opciones, como la producción de carne de conejo, pieles para calzado y vestimenta. • Priorizar el comercio pecuario local, para mantener precios accesibles, buena calidad y frescura. • Divulgación, talleres, consultas, asesorías proporcionadas por el gobierno municipal para orientar a los productores en el tema de buenas prácticas ecológicas pecuarias y la importancia de la restauración de suelos y su papel en el cuidado del agua.
<p>Forestal UGA 12 18 21 22 44</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Disminución de contaminación de cuerpos de agua y aprovechamiento sustentable. • Aplicar un programa de manejo forestal para identificar las zonas de mejor aprovechamiento y productos maderables y no maderables que se pueden obtener. • Usar métodos de restauración de suelos como terrazas en formación sucesiva, barreras vivas, cortinas rompe vientos, abonos verdes, presas de morillos y presas de piedra acomodada. • Involucrar a la población cercana y dueños ejidatarios, para capacitarse en el uso sustentable de sus recursos; así como la asesoría legal para la extracción de estos. • Implementar proyectos de UMAS para aprovechamiento. • Control sanitario y de enfermedades • Financiar vivero para especies nativas; para usar en reforestaciones. • Construcción de caminos forestales adecuados que no obstruyan corrientes de aguas y no generen alto impacto.

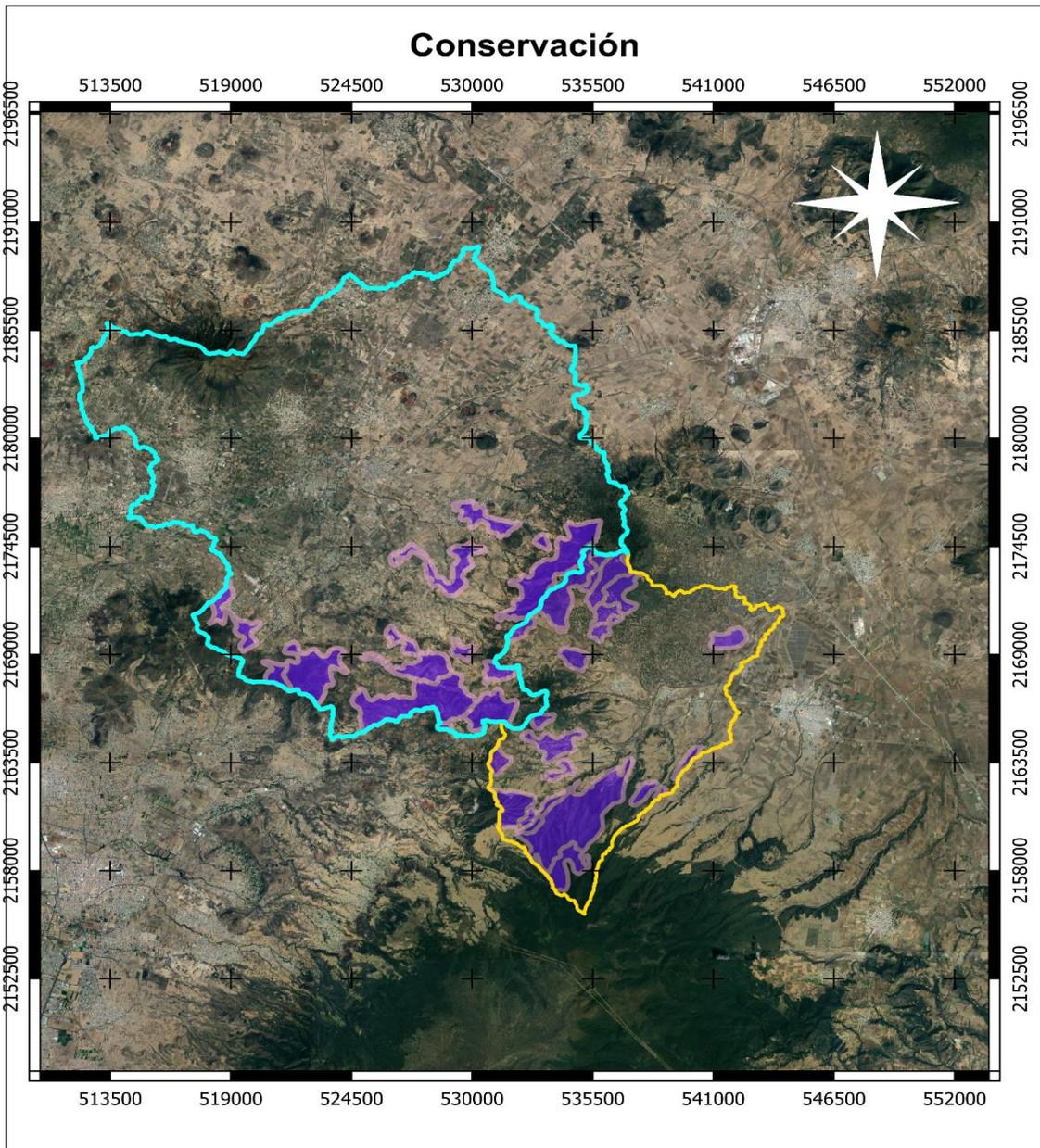


Institución	Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro	
Sistema de coordenadas	WGS 84 UTM Zona 14N	
Proyección	Universal Transverse Mercator	Simbología
Escala	1:250 000	

Mapa 16 Unidades de gestión ambiental para aprovechamiento

Cuadro 50 Estrategias para la política de conservación

Superficie 7,379 ha	Población total 0
Tipo de suelo LP, PH	Condición de acuífero Dos acuíferos, en condición de déficit hídrica y uno de recarga positiva a nuevas concesiones
Clima Cb'(w2) y C(w1)	Precipitación 557-587mm
Erosión eólica Moderada	Erosión hídrica Ligera
Política ambiental	Conservación (Mapa 17)
UGA	1, 3, 4, 8, 10, 11, 13, 15, 19, 30, 31, 32, 36, 53, 71, 78.
<ul style="list-style-type: none"> • Diseño integral de educación ambiental y crear un sentido de identidad a los pobladores sobre sus recursos naturales, involucrándolos en actividades de conservación. • Fomento a la investigación, análisis, monitoreo de los ecosistemas y su biodiversidad; se identificarán especies prioritarias, en peligro, raras e invasoras, la etapa sucesional en el que se encuentra y grado de deterioro ambiental. • Usar métodos de restauración de suelos como terrazas en formación sucesiva, barreras vivas, cortinas rompe vientos, abonos verdes, presas de morillos y presas de piedra acomodada. • Priorizar la recuperación de vegetación natural en el estrato a herbáceo y arbustivo en la superficie, especialmente las partes altas de montañas para garantizar la infiltración de agua hacia los mantos subterráneos y a la vez disminuir la erosión hídrica por escurrimiento. • Evaluar e implementar un sistema ordenado de métodos de sanidad forestal y tratar enfermedades de manera continua; también el monitoreo de plagas y medidas de prevención y erradicación. • Restringir actividades de aprovechamiento forestal, pecuario, agrícola, industrial y zonas urbanas. • Trabajo interinstitucional entre dependencias de gobierno municipal de la región para garantizar la ejecución de programas de conservación. • Apoyar proyectos de conservación como medio de ingreso económico para los dueños de dichas tierras. 	



Institución	Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro	
Sistema de coordenadas	WGS 84 UTM Zona 14N	
Proyección	Universal Transverse Mercator	Simbología
Escala	1:250 000	

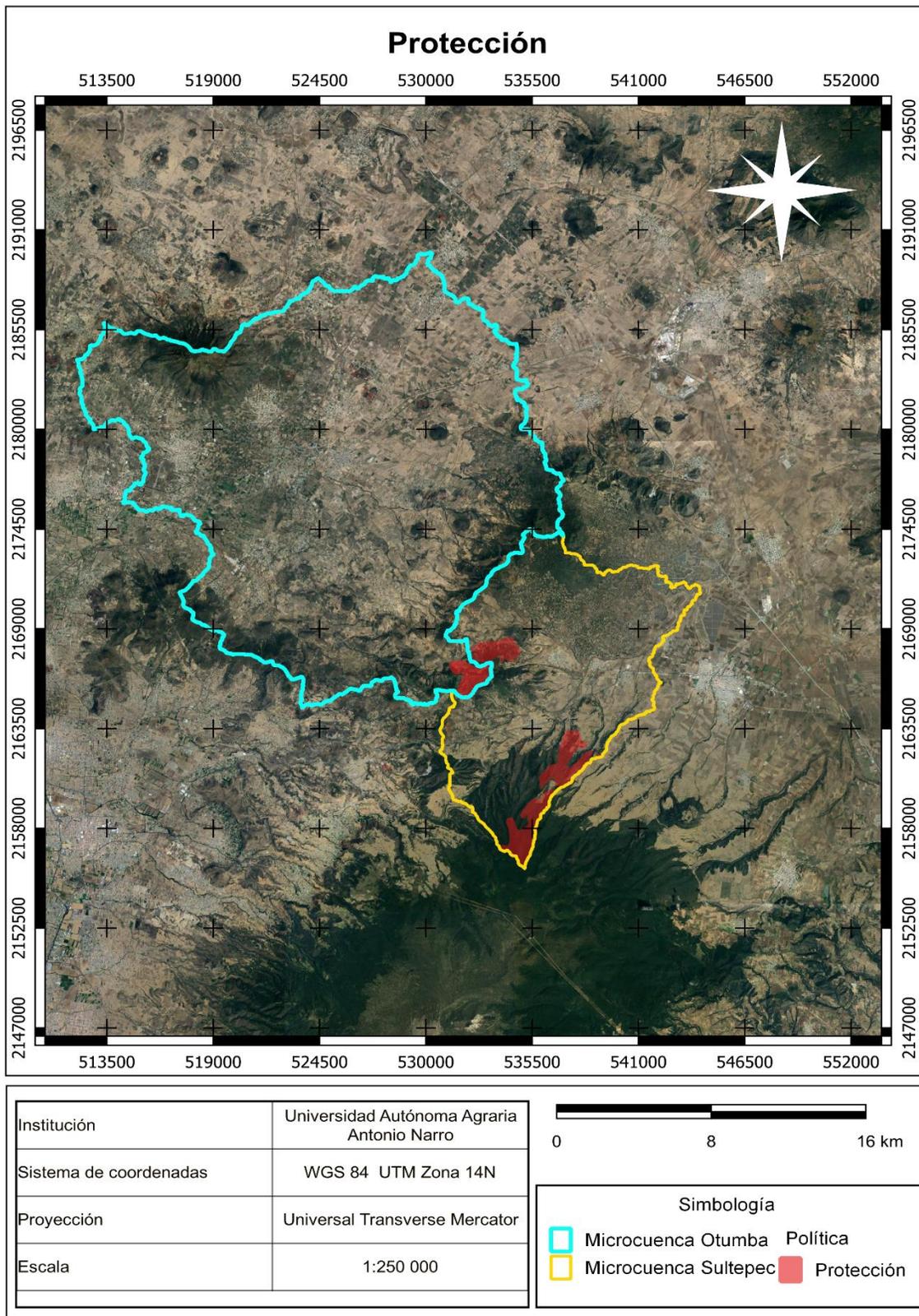
Mapa 17 Unidades de gestión ambiental para conservación

Cuadro 51 Estrategias para la política de protección

Superficie 1132 ha	Población total 0
Tipo de suelo AN, UM, PH	Condición de acuífero Dos acuíferos en condición de déficit hídrica y uno de recarga positiva a nuevas concesiones
Clima Cb'(w2) y C(w1)	Precipitación 587- 585
Erosión eólica ligera	Erosión hídrica Ligera
Política ambiental	Protección (Mapa 18)
UGA	6, 7, 20, 25, 35 y 49
<ul style="list-style-type: none"> • Elaboración de programa de manejo forestal enfocado en conservación y protección para la gestión hídrica de la cuenca. • Realizar inventarios de especies de plantas, fauna y hongos para estratos arbóreos, arbustivos y herbáceos, para tener el panorama actual de la condición del ecosistema e identificar las zonas con altos valores de conservación. • Usar métodos de restauración de suelos como terrazas en formación sucesiva, barreras vivas, cortinas rompe vientos, abonos verdes, presas de morillos y presas de piedra acomodada; con la finalidad de recuperar las funciones de los ecosistemas perturbados. • Proteger y monitorear el ecosistema de especies invasoras exóticas de fauna y flora, realizando monitoreo de fauna, vigilancias e informar intensivamente a la población sobre las consecuencias al medio ambiente. • Crear una brigada de atención a incendios forestales comunitaria, los cuales deberán estar calificados y entrenados; también se instalarán bases de vigilancia para detección de incendios, adquirir vehículos y materiales adecuados. • Los gobiernos municipales de las microcuencas deberán tomar como prioridad fomentar la cultura de la prevención de incendios en las comunidades cercanas, informando las acciones con las que pueden colaborar en caso de un siniestro. • Establecer un centro de recolección y almacenamientos de semillas, en la cual se encargarán de estudiarlas y producir plántula para abasto de reforestaciones. • Fomentar el pago por servicios ambientales, para que la población se involucre en la protección de sus recursos. • Enlazar instituciones educativas para el desarrollo de investigaciones de la 	

zona.

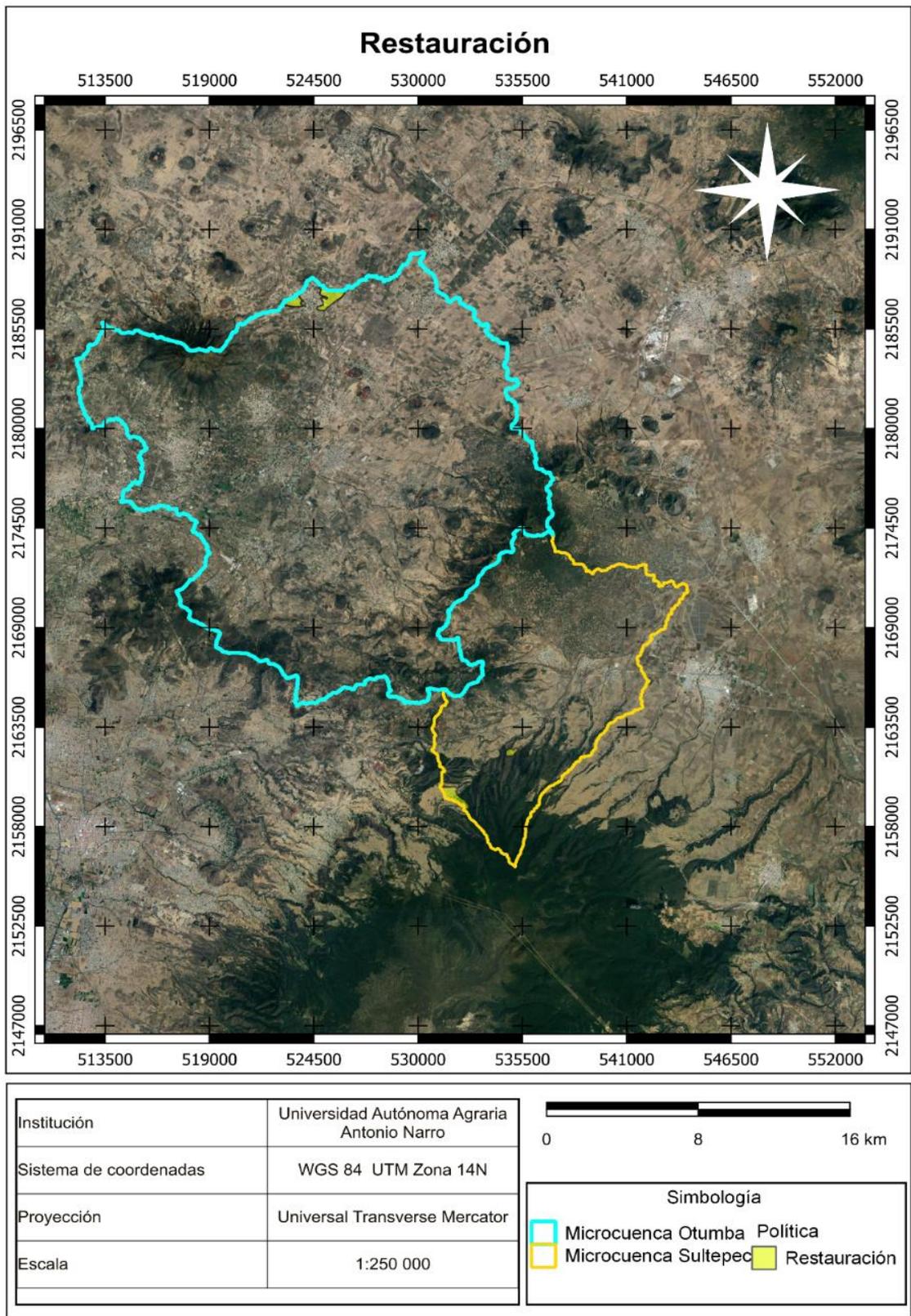
- Establecer mecanismos de seguridad para regular la manipulación de recursos genéticos.
- Monitorear y diagnosticar constantemente la condición fitosanitaria del bosque y a su vez desarrollar planes de acción para el control de plagas y enfermedades.



Mapa 18 Unidades de gestión ambiental de Protección

Cuadro 52 Propuestas para la política de Restauración

Superficie 250 ha	Población total 0
Tipo de suelo DU Y UM	Condición de acuífero Dos acuíferos en condición de déficit hídrica y uno de recarga positiva a nuevas concesiones
Clima BS1kw Y C(w2)	Precipitación 527-581
Erosión eólica Moderada	Erosión hídrica Moderada
Política ambiental	Restauración (Mapa 19)
Sector	17 y 79
<ul style="list-style-type: none"> • Elaborar un plan de restauración para las UGAS, en el cual se involucre a las personas interesadas, creando conciencia de la importancia del suelo para la recarga de acuíferos. • Promover actividades productivas diferentes a la agricultura tradicional, como lo son invernaderos para producción de hortalizas o flores, establecimientos para producción de hongos z, granjas de caracol, lombricompostas y transformación de productos locales. • Identificar las áreas más afectadas por erosión en un reconocimiento de campo • Priorizar la recuperación de vegetación natural en las zonas afectadas por erosión, iniciado con el estrato herbáceo y arbustivo para que el agua de lluvia se infiltre en el suelo. • En las partes altas de las lomas, controlar la erosión con técnicas de barreras de piedra en curvas de nivel, zanjas bordo en curvas de nivel en las partes media y bajas cajas trinchera para captación de escurrimientos de agua en caso de cárcavas implementar presas de piedra acomodada, debido a la dureza de los suelos en especial durisol, aplicar la roturación de suelos en las partes bajas con poca o nula pendiente. • Restringir el pastoreo, actividades agrícolas intensivas y el aprovechamiento forestal 	



Mapa 19 Unidades de gestion ambiental de restauracion

5 CONCLUSIONES

Se proponen cuatro políticas ambientales con sus respectivas estrategias, para el ordenamiento de los recursos naturales en las microcuencas asociadas en el municipio de Otumba, Estado de México. Enfocadas en dos aspectos clave:

1. Recuperación de elementos esenciales (suelo y vegetación); con lo que se espera mejorar la recarga de acuíferos, contribuyendo a solucionar los escasos de agua.
2. Acciones para mejorar el manejo integral de residuos, el uso eficiente del agua y su reciclaje; así como mejora de infraestructura.

Finalmente, las propuestas planteadas en el presente estudio, serán de gran ayuda para mejorar el uso de las tierras de acuerdo con sus características propias. Considerando así mismo la dinámica actual de los ecosistemas presentes, así como la propia dinámica social del área de estudio, sin menospreciar las prácticas productivas tradicionales.

6 RECOMENDACIONES

El diagnóstico de una cuenca sería más acertado con actualizaciones de las cartas temáticas en escala 1:50000, o mediante la utilización de fotografía aérea en escala 1:20000

Se recomienda realizar investigaciones profundas acerca de las especies forestales que se encuentran en la región ya que esta información contribuiría al manejo y aprovechamiento sustentable.

Generar estudios sobre la eficiencia de las prácticas agrícolas tradicionales con respecto a las prácticas de la agricultura moderna.

Dar a conocer los resultados de estudios como el presente, a entidades gubernamentales, así como organizaciones no gubernamentales, para el establecimiento de políticas públicas que favorezcan el manejo sustentable de los recursos naturales en beneficio de las comunidades más vulnerables.

El campo agrícola debe mejorar sus técnicas de labranza y métodos de riego, las actividades pecuarias deberán diversificarse y mejorar instalaciones de los animales. Este tema deberá ser prioridad del gobierno municipal, ya se debe considerar la tendencia al alza de consumo de productos alimentarios y de ser posible los locales deberán ser los primeros en abastecerse de estos antes de comercializar fuera de la región.

7 REFERENCIAS

- Cerignoni, F. J., & Rodrigues, V. A. (2015). Análisis morfométrico de la microcuenca "C" núcleo Cunha, Sao Paulo, Brasil. SECF, 366, 355-366.
- CONABIO. (1998). *Clima* (clasificación de Köppen, modificado por García). Escala 1:1 000 000. México. Shapefile. Formato vectorial compuesto por 4 archivos (shp, shx, dbf, prj). Proyección geográfica WGS84. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad.
- CONABIO. (2021). *Uso del suelo y vegetación. Escala 1:250 000, serie VII(Continuo Nacional)*. México. Shapefile. Formato vectorial compuesto por 4 archivos (shp, shx, dbf, prj). Proyección geográfica WGS84. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad.
- CONAGUA. (1998). *Cuencas hidrológicas (CNA). Escala 1:250 000. México. Shapefile. Formato vectorial compuesto por 4 archivos (shp, shx, dbf, prj). Proyección geográfica WGS84. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad.*
- Comisión Nacional del Agua (CONAGUA). NOM-011-CONAGUA-2015: *Conservación del recurso agua que establece las especificaciones y el método para determinar la disponibilidad media anual de las aguas nacionales. México.*
- CONAGUA. (2020). Estaciones climatológicas en formato KML 2020. México: Comisión Nacional del Agua-Servicio Meteorológico Nacional.
- CONAPO. (2020). Índice de Marginación por Localidad, Municipio y Entidad Federativa 2020. Consejo Nacional de Población, México.
- Demant, A., 1978, Características del Eje Neovolcánico Transmexicano y sus problemas de interpretación : Revista Instituto de Geología, 2 172-187.
- DOF. (1988). Ley General de equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente. México: Diario Oficial de la Federación.

- DOF. (1992). Ley De Aguas Nacionales. México. Última reforma 08-05-2023. México: Diario Oficial De la Federación. Obtenido de <https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LAN.pdf>
- Dourojeanni, A., A. Jouravlev y G. Chávez, 2002. Gestión del agua a nivel de cuencas: Teoría y práctica, Naciones Unidas, Santiago de Chile https://forodelagua.org.sv/oldwebsite/sites/default/files/documentos/2013/01/gestion_del_agua_a_nivel_de_cuencas_0.pdf
- FAO (1980). Soil map of the world, revised legend,. World Resources Report 60. Roma, Italia.
- Figueroa S. B.; Amante, O.; Cortés, T. J.; Pimentel, L., Osuna, C.; Rodríguez, O.; Morales, F. (1991). Manual de predicción de pérdidas de suelo por erosión. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos-Colegio de Posgraduados. Salinas, San Luis Potosí, México.
- FUNCAGUA. (2020). Conociendo una Cuenca. Guatemala. Obtenido de <https://funcagua.org.gt/wp-content/uploads/2020/04/m%C3%B3dulo-2-conociendo-una-cuenca.pdf>
- Galvan. LRG. Guerra, política, instituciones y derecho prehispánico en mesoamérica.; 2021.
- Gálvez, J. J. (2011). ¿Qué es una cuenca Hidrológica? (primera). (Z. I. Goicochea, Ed.) Lima, Perú. Obtenido de https://www.gwp.org/globalassets/global/gwp-sam_files/publicaciones/varios/cuenca_hidrologica.pdf.
- Horton, R.E. 1932. Drainage basin characteristics Trans. American Geophysical Union. 13.350-361.
- Illescas. (2016). Aplicaciones de los Sistemas de Información Geográfica y Determinación de los Parámetros Morfométricos de una Cuenca Hidrográfica. Universidad de San Carlos de Guatemala.
- INAH. (2023). Reporte general de visitantes a las zonas Arqueológicas abiertas al público durante el 2023. Formato CSV. Obtenido de <https://datos.gob.mx/busca/dataset/visitantes-a-zonas-arqueologicas-abiertas-al-publico>
- INEGI. (1983). *Conjunto de datos vectoriales de la carta de Aguas Superficiales E14-2, Escala 1: 250 000 Serie I. Ciudad de México. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. México.*

- INEGI. (1983). *Conjunto de datos vectorial Geológicos E14-2, Escala 1 :250 000 Serie I. Ciudad de México. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. México.*
- INEGI. (1985). Carta de uso potencial E14-2: Ciudad de México. Escala 1 : 250 000. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. México.
- INEGI. (1986). Síntesis Geográfica nomenclátor y anexo cartográfico del estado de Veracruz. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. México.
- INEGI. (2001). *Conjunto de datos vectorial Fisiográficos, Escala 1 :100 000 Serie I (Continuo Nacional). Provincias Fisiográficas. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. México.*
- INEGI. (2001). *Conjunto de datos vectorial Fisiográficos, Escala 1 :100 000 Serie I (Continuo Nacional). Sistemas de Topoformas. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. México.*
- INEGI. (2001). *Conjunto de datos vectorial Fisiográficos, Escala 1 :100 000 Serie I (Continuo Nacional). subprovincias. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. México.*
- INEGI. (2005). Guía para la interpretación de cartografía: Geológica. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. México.
- INEGI. (2007). *Conjunto de datos vectorial: Edafológico E14-2, Escala 1 :250 000 Serie II (Continuo Nacional). Ciudad de México. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. México.*
- INEGI. (2015). Guía para la interpretación de cartografía: Edafología: Escala 1: 250 000: serie III/ Instituto Nacional de Estadística y Geografía- México: INEGI,c2014
- INEGI. (2020). *Censo de Población y vivienda. Instituto Nacional de Estadística y Geografía 2020. México.*
- Jiménez, F. (enero de 2005). Gestión Integral de Cuencas Hidrográficas. Recursos, ciencia y decisión , Edición (2), 4. Obtenido de https://repositorio.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/8351/Gestion_integral_de_cuencas_hidrograficas.pdf?sequence=4&isAllowed=y
- Krkby,M. J.(1984). Erosión de suelos. Limusa, México.

- Londoño C. (2001). Cuencas Hidrográficas: bases de conceptuales-caracterización-planificación-administración, Universidad del Tolima, Facultad de Ingeniería Forestal. Departamento de Ingeniería. Ibagué.
- MINTEGUI J. A. 1983. Análisis de la influencia del relieve en la erosión hídrica. Hipótesis de estudio para correlacionar la pendiente con la longitud de declive en un terreno. Actas de la V Asamblea Nacional de Geodesia y Geofísica. Publ. 1987. Madrid, pp: 2229-2245.
- Martínez, J. C. (2005). Agua, medio ambiente y sociedad: hacia la gestión integral de los recursos hídricos en México. Edición, 1, 211. México. Obtenido de https://ceiba.org.mx/publicaciones/agua_medio_ambiente_y_sociedad.pdf
- Vazconez, A. m. (2019). *Cuencas hidrográficas. Universidad Politécnica Salesiana.* Quito: Abya-Yala. Obtenido de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/19038/1/Cuencas%20hidrogr%C3%A1ficas.pdf>
- Otumba, G. M. (2022). *Plan de Desarrollo Municipal 2022-2024.* Obtenido de <https://drive.google.com/file/d/1juYaOut7MGXxcvjvOBCXNC-7MWXYG9CJ/view>
- SEDUE. (1998). Manual de Ordenamiento ecológico del territorio: Documento anexo técnico. 356.secretaría de desarrollo urbano y ecología (SEDUE). Subsecretaría de ecología. Dirección general de normatividad y regulación ecológica. México.
- Secretaría de ecología. (2000). Programa de Manejo del Parque Estatal "Sierra Patlachique". *Periodico oficial del gobierno Constitucional del estado de México*, Tomo (CLXIX), pág. 64. Obtenido de <https://legislacion.edomex.gob.mx/sites/legislacion.edomex.gob.mx/files/files/pdf/gct/2000/jun165.PDF>
- SEMARNAP. (2001). *La Gestión Ambiental en México. Gobierno.* Obtenido de https://paot.org.mx/centro/ine-semarnat/libro_blanco%20semarnap.pdf
- SEMARNAT. (2006). *Manual del proceso de ordenamiento ecológico. Instituto Nacional de Ecología. México.*
- Secretaría de turismo. (2008). Programa Regional de Desarrollo Turístico del Corredor Teotihuacan-Acolman-Otumba-San Martín-Axapusco-Nopaltepec. Periódico Oficial del Gobierno del Estado Libre y Soberano de México, Tomo(CLXXXV), pág. 48. Obtenido de

<https://legislacion.edomex.gob.mx/sites/legislacion.edomex.gob.mx/files/files/pdf/gct/2008/ene163.pdf>

SEMARNAT. (2010). *Atlas de Agua*. México. Obtenido de https://gisviewer.semarnat.gob.mx/geointegrador/enlace/atlas2010/atlas_agua.pdf

SEMARNAT. (2013). *Cuencas Hidrográficas Fundamentos y Perspectivas para su Manejo y Gestión*. 36. México: Printing Arts. Obtenido de <https://biblioteca.semarnat.gob.mx/janium/Documentos/Ciga/Libros2013/CD001596.pdf>

Shabani,F.,L. Kumar, and A.Esmaeili.2014.Improvement to the prediction of the USLE K Factor. *Geomorphology* 204:229-234.

SIAP. (2020). *Servicio de información Agroalimentaria y Pesquera 2020*.

USDA-ARS.(United States Department of Agriculture-Agriculture Research Service). 1997. *Predicting soil erosion by water: A guide to conservation planning with the revised universal soil loss equation(RUSLE)*.Agricultural Handbook 730. USDA-ARS.ARS Washington. DC, ISBN:0-16-048938-5.

RAN.(2023). *Tierras de uso común SHAPE, Entidad Federativa: Estado de México*. Registro Nacional Agrario.

RAN.(2023). *Tierras de uso común SHAPE, Entidad Federativa: Estado de Tlaxcala*. México. Registro Nacional Agrario.

Rodriguez,M., Florentino. A., Gallardo J. y García, R.,2004. *Sistemas de Información Geográfica en la evaluación de la erosión hídrica en Badajoz-España, aplicando la metodología USLE*. *Agronomía Tropical*, 54(4):391-409.

Velez, A. S. (2003). *La Cuenca Hidrográfica Unidad Básica de Planeación y Manejo de Recursos Naturales*. *Comisión Nacional del Agua, México*. Obtenido de http://centro.paot.org.mx/documentos/semarnat/cuenca_hidrografica.pdf

Villela, S.M.;Mattos,A. *Hidrología Aplicada*.Sao Paulo: McGraw-Hill do Brasil,1975.

Wischmeier, W.H. (1978).*Predicting rainfall erosion losses. A guide to conservation Planning*. United States Department of Agriculture. Agriculture Handbook no.537. US. Government printing Office. Washington.DC.USA.

