



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE FILOSOFÍA Y LETRAS

COLEGIO DE GEOGRAFÍA

ANÁLISIS DE LAS ACTIVIDADES ANTRÓPICAS COMO FACTORES DE CAMBIO
EN LA COBERTURA VEGETAL EN EL MUNICIPIO DE SAN JUAN TEPEUXILA,
CUICATLÁN, OAXACA.



TESIS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

LICENCIADA EN GEOGRAFÍA

PRESENTA:

INGRID MARIANA QUIROZ MADRID

DIRECTORA DE TESIS:

MTRA. ANGÉLICA MARGARITA FRANCO GONZÁLEZ

CIUDAD DE MÉXICO, 2020



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

"Orden a partir del caos"

Frank Lloyd Wright

Agradecimientos

A mi padre **Jorge**, sin ti no sería lo que soy ahora, gracias por tu apoyo incondicional, te amo.

A **Ginana y Flavi**, sin ustedes este camino hubiera sido muy difícil, realmente no tengo palabras para agradecerles todo lo que me han dado.

A mi **compadre**, pff... fuiste el motor para lograr esto, muchas gracias por tu ayuda en todo momento.

A la **familia Neri García**, gracias por recibirme en el pueblo y ayudarme en toda la investigación.

Al **gremio pelón**, por la experiencia vivida con cada una, por la motivación y apoyo en toda la carrera. Son las personas más increíbles con las que se uno podría topar, les deseo ¡ay, muchas cosas! ¡Uuuuuuh!.

A la **Mtra. Margarita Franco**, en sus clases encontré el camino que buscaba en la geografía. Gracias por aceptarme como tesista, por la motivación, consejos, estar al pendiente y por ser siempre ese respaldo que impulsó este trabajo, gracias infinitas.

A mis sinodales:

Dra. Lourdes Rodríguez Gamiño, gracias por sus comentarios, fueron valiosos para reforzar este estudio.

Mtro. José Santos Morales, me encantó escuchar cada uno de sus comentarios elementales para la tesis, muchas gracias por el interés mostrado en todo momento.

Mtra. Flavia Tudela Rivadeneyra, tus opiniones reforzaron mucho este trabajo. Gracias por darme ánimos e impulsarme siempre.

Dra. María Asunción Avendaño García, gracias por motivarme y ayudarme, no solamente en la tesis, sino desde clases. Sin duda esa energía que transmite despierta nuestro interés por la geografía, nos abre panoramas y nos impulsa cada día a aprender más.

Índice

INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO 1. MARCO TEÓRICO-METODOLÓGICO	3
1.1 Teoría de sistemas.....	4
1.2 Cambio del uso del suelo y vegetación	7
1.3 Tasa de cambio de la cobertura vegetal y uso del suelo.....	11
1.4 Índice de vegetación remanente (IVR)	13
1.5 Densidad de población.....	16
1.6 Tasa de crecimiento poblacional	17
1.7 Índice de presión demográfica (IPD)	20
1.8 Índice de criticidad ambiental (ICA)	22
1.9 Matriz de Leopold	25
1.10 Esquema metodológico	28
1.11 Propuesta metodológica.....	29
CAPÍTULO 2. CARACTERIZACIÓN DEL MUNICIPIO SAN JUAN TEPEUXILA.....	32
2.1 Contexto Físico	32
2.2 Contexto Biológico	40
2.3 Contexto social	42
2.4 Contexto Económico	43
CAPÍTULO 3. ANÁLISIS DE LA COBERTURA VEGETAL	45
3.1 Geosistema del municipio de San Juan Tepeuxila.....	45
3.2 Análisis de cambio y uso del suelo en el municipio de San Juan Tepeuxila.....	49
3.2.1 Análisis de la cobertura vegetal de los años 1985-1994.....	49

3.2.2 Análisis de la cobertura vegetal de los años 1994-2002.....	53
3.2.3 Análisis de la cobertura vegetal de los años 2002-2007.....	56
3.2.4 Análisis de la cobertura vegetal de los años 2007-2011.....	59
3.2.5 Análisis de la cobertura vegetal de los años 2011-2014.....	62
3.3 Índice de criticidad ambiental de San Juan Tepeuxila	66
3.3.1 Índice de vegetación remanente (IVR) de San Juan Tepeuxila	66
3.3.2 Índice de presión demográfica (IPD) de San Juan Tepeuxila.....	69
3.3.3 Índice de Criticidad Ambiental (ICA) de San Juan Tepeuxila	71
3.3.4 Matriz de Leopold de San Juan Tepeuxila	74
CONCLUSIONES	78
REFERENCIAS	81

Índice de figuras

Figura 1. Esquema de Geosistema	6
Figura 2. Esquema metodológico	28
Figura 3. Geosistema de San Juan Tepeuxila.	45

Índice de tablas

Tabla 1. Nivel de índice de vegetación remanente (IVR).	15
Tabla 2. Nivel de índice de presión demográfica (IPD)	22
Tabla 3. Relación de IVR e IPD para el nivel de índice de criticidad ambiental (ICA)	24
Tabla 4. Nivel de índice de criticidad ambiental (ICA)	24
Tabla 5. Propuesta metodológica	29
Tabla 6. Comparación de la vegetación de la Serie I (1985) y Serie II (1994)	49
Tabla 7. Comparación vegetación de la Serie II (1994) y Serie III (2002)	53
Tabla 8. Comparación vegetación de la Serie III (2002) y Serie IV (2007)	56
Tabla 9. Comparación vegetación de la Serie IV (2007) y Serie V (2011).	59
Tabla 10. Comparación vegetación de la Serie V (2011) y Serie VI (2013).	62
Tabla 11. Índice de vegetación remanente de San Juan Tepeuxila.....	66
Tabla 12. Índice de presión demográfica de San Juan Tepeuxila.	69
Tabla 13. Índice de criticidad ambiental de San Juan Tepeuxila	71
Tabla 14. Matriz de Leopold de San Juan Tepeuxila	75

Índice de imágenes

Imagen 1. Formación montañosa vista desde San Juan Teponaxtla.....	46
Imagen 2. Madera para consumo de la población en San Juan Teponaxtla.....	47
Imagen 3. Agencia de policía de San Sebastián Tlacolula.	48
Imagen 4. Zona agrícola en San Andrés Pápalo.	68
Imagen 5. Vertedero de basura en San Juan Tepeuxila.....	76
Imagen 6. Extracción de madera en San Juan Tepeuxila.....	76

Índice de gráficos

Gráfico 1. Población total de San Juan Tepeuxila de los años 1980 al 2015	42
Gráfico 2. PEA de San Juan Tepeuxila	43
Gráfico 3. Porcentaje de la superficie destinada a las actividades primarias.	44
Gráfico 4. Tasa de cambio de la vegetación serie I (1985) y serie II (1994).	52
Gráfico 5. Tasa de cambio de la vegetación serie II (1994) y serie III (2002).	54
Gráfico 6. Tasa de cambio de la vegetación serie III (2002) y serie IV (2007).....	58
Gráfico 7. Tasa de cambio de la vegetación serie IV (2007) y serie V (2011).	61
Gráfico 8. Tasa de cambio de la vegetación serie V (2011) y serie VI (2014).	64
Gráfico 9. Variación de la vegetación en San Juan Tepeuxila de 1985-2014.....	65

Índice de mapas

Mapa 1. Ubicación del Municipio San Juan Tepeuxila, Cuicatlán, Oaxaca.....	32
Mapa 2. División interna del municipio de San Juan Tepeuxila.	33
Mapa 3. Ubicación del municipio de San Juan Tepeuxila en las provincias fisiográficas de México	34
Mapa 4. Ubicación del municipio de San Juan Tepeuxila en las subprovincias fisiográficas de México.....	34
Mapa 5. Ubicación del municipio de San Juan Tepeuxila en el sistema de topoformas de México.....	35
Mapa 6. Geomorfología en el municipio de San Juan Tepeuxila.....	35
Mapa 7. Tipo de climas en el municipio de San Juan Tepeuxila.....	36
Mapa 8. Temperatura en el municipio de San Juan Tepeuxila.....	37
Mapa 9. Precipitación en el municipio de San Juan Tepeuxila	37
Mapa 10. Tipo de roca en el municipio de San Juan Tepeuxila.	38
Mapa 11. Tipo de suelo en el municipio de San Juan Tepeuxila.....	39
Mapa 12. Hidrografía en el municipio de San Juan Tepeuxila.	40
Mapa 13. Tipo de vegetación en el municipio de San Juan Tepeuxila.	41
Mapa 14. Comparación de la Serie I y Serie II de uso del suelo y vegetación de San Juan Tepeuxila.....	50
Mapa 15. Sobreposición de la serie I y la serie II de San Juan Tepeuxila.	51
Mapa 16. Comparación de la Serie II y Serie III de uso del suelo y vegetación de San Juan Tepeuxila.....	53

Mapa 17. Sobreposición de la serie II y la serie III de San Juan Tepeuxila	55
Mapa 18. Comparación de la Serie III y Serie IV de uso del suelo y vegetación de San Juan Tepeuxila	56
Mapa 19. Sobreposición de la serie III y la serie IV de San Juan Tepeuxila	57
Mapa 20. Comparación de la Serie IV y Serie V de uso del suelo y vegetación de San Juan Tepeuxila	59
Mapa 21. Sobreposición de la serie IV y la serie V de San Juan Tepeuxila	60
Mapa 22. Comparación de la Serie V y Serie VI de uso del suelo y vegetación de San Juan Tepeuxila	62
Mapa 23. Sobreposición de la serie V y la serie VI de San Juan Tepeuxila	63
Mapa 24. Grado de Transformación de San Juan Tepeuxila	67
Mapa 25. Grado de sostenibilidad de la vegetación de San Juan Tepeuxila	70
Mapa 26. Grado de criticidad ambiental de San Juan Tepeuxila.	72

Introducción

Los seres humanos requerimos de servicios ambientales para nuestra vida cotidiana. Diariamente y sin excepción alguna, se elimina la vegetación del planeta para destinar el suelo a diversas actividades que benefician al desarrollo humano. Sin embargo, se ha perdido de vista el impacto generado al medio ambiente y dependencia que tenemos por los ecosistemas estables. Actualmente, los estudios realizados para analizar el estado de conservación de la vegetación son escasos, y los disponibles no están actualizados, por lo que existe una incógnita en la situación real de las distintas regiones del país.

El municipio de San Juan Tepeuxila, en el cual se basó la presente investigación, se localiza al noroeste de la capital de Oaxaca (INAFED, s.f.). La mayor parte de su superficie pertenece al área de amortiguamiento de la Reserva de la Biosfera Tehuacán-Cuicatlán, pero únicamente el 7.8% del territorio municipal se encuentra dentro de esta ANP (SEGOB, 1999). Actualmente la modificación a la cobertura vegetal dentro del municipio es notoria a simple vista, las grandes áreas agrícolas a los costados de los centros urbanos rompen totalmente con la estructura vegetal natural. Sin embargo, no es la única actividad antrópica que modifica a la vegetación nativa. Por lo cual se analizaron los últimos 30 años, se abarcó del año 1985 hasta el 2015; que hizo posible identificar aquellas acciones humanas que generan un mayor impacto a la cobertura vegetal del municipio.

Para el desarrollo del análisis se tiene como objetivo principal identificar las actividades antrópicas con mayor impacto en la cobertura vegetal en el municipio de San Juan Tepeuxila, Cuicatlán, Oaxaca. Además, se tomaron en cuenta tres objetivos secundarios; en el primero se pretende analizar la dinámica espacial de la cobertura vegetal del municipio; dentro del segundo objetivo se requiere conocer el grado de presión humana sobre la vegetación de la zona bajo estudio; para el tercer objetivo es necesario determinar las afectaciones sociales, biológicas y físicas que ha ocasionado la acción humana sobre la cobertura vegetal.

La tesis está integrada por tres capítulos: En el **Capítulo 1 Marco teórico-metodológico** se llevó a cabo la recopilación de datos bibliográficos, digitales con la finalidad de obtener la información necesaria y entender las temáticas desarrolladas en este documento. Para el desarrollo metodológico se consideró los procedimientos tanto cualitativos como cuantitativos, los cuales se adaptaron y se aplicaron en la zona bajo estudio que ayudaron a cumplir los objetivos establecidos.

Dentro del **Capítulo 2 Caracterización del municipio San Juan Tepeuxila** se efectuó una búsqueda de información en páginas oficiales, además de desarrollar la cartografía básica que describiera los elementos físicos del municipio, así como la recopilación de bibliografía disponible para elaborar la descripción de los elementos bióticos y abióticos. Así mismo, se obtuvieron datos económicos y sociales para elaborar un análisis del comportamiento de la población de San Juan Tepeuxila que ayudase a entender la problemática establecida.

En el **Capítulo 3 Análisis de la cobertura vegetal**, con la respectiva información de gabinete, fue necesario buscar la información cartográfica digital, así como la ejecución de los cálculos matemáticos correspondientes para cada análisis. Se identificaron las alteraciones en cobertura vegetal, se elaboró la cartografía de las zonas para la llevar acabo el trabajo de campo en el municipio. Al visitar la zona se pudo constatar y corroborar el cambio en la vegetación, se captaron fotografías digitales, así como la recaudación de elementos escritos vistos en campo que ayudaron a la elaboración de matrices de cambio y constatar una alteración por causas antrópicas en el municipio.

Capítulo 1. Marco teórico-metodológico

Esta investigación adoptó un método de tipo cuantitativo y cualitativo; el cual se sustenta por el presente capítulo, donde se retoma algunas posturas teóricas, así como metodologías específicas las cuales permiten identificar el impacto espacial de la cobertura vegetal; si bien las contribuciones de los autores son diversas, su finalidad es particular, conocer espacialmente los cambios en la vegetación creados por las actividades humanas.

De acuerdo con SEMARNAT (2013) "La situación geográfica de México, su variedad de climas, topografía e historia geológica han producido una de las riquezas biológicas más impresionantes del mundo" (pág. 40). Sin embargo, su existencia va más allá de lo imaginable, tal como relacionan Flores Villela y Gerez (1994) "Estas se mezclan unas con otras, creando un mosaico de condiciones ambientales y microambientales" (pág. 7). Por lo tanto, esa variedad converge en una amplia cantidad de ecosistemas que se pueden localizar en el territorio mexicano. Así que, al afirmar que existe una variada e importante cantidad de animales y plantas en el país, enfatiza una diversidad genética característica de los ecosistemas (SEMARNAT, 2013, pág. 40).

Actualmente existe un crecimiento rápido y exponencial de la población la cual demanda cada vez más a su entorno, "las actividades humanas y la creciente demanda por servicios como alimento, vivienda, agua potable y servicios ambientales generan constantemente, y en amplias escalas geográficas, una presión sobre los recursos naturales con grandes impactos, la mayoría de ellos negativos, sobre la estructura, funcionamiento y distribución de los mismos" (Challenger y Dirzo *et al.*, 2009; Vitousek *et al.*, 1997 citado en Cuevas, *et al.*, 2010, pág. 96).

A nivel global el impacto que genera el humano a la naturaleza es constante. Sin embargo, a menor escala las alteraciones suelen ser aún más evidentes, tal como expresa Nájera González *et al.* (2010) "Localmente, inducen el deterioro y degradación de suelos, cambios en el microclima y modificaciones en los ciclos hídricos. A nivel regional provoca cambios en los ciclos hidrológicos de la cuenca, alteraciones en los regímenes de temperatura y precipitación, favorecen con ello, el calentamiento global, la disminución en el secuestro de bióxido de carbono, pérdida de hábitats y biodiversidad lo que puede provocar la defaunación en la zona" (pág. 20).

Desde el punto de vista de SEMARNAT (2013) "México no ha sido la excepción en este proceso de degradación y pérdida de ecosistemas terrestres. Una importante proporción de su territorio se ha transformado en campos agrícolas, pastizales y zonas urbanas y de los ecosistemas que aún persisten muchos de ellos muestran en mayor o menor medida signos de alteraciones" (pág. 40). Estas perturbaciones pueden ser visibles en el vasto territorio mexicano; la constante intervención humana en la biosfera, la pérdida de servicios ecosistémicos, conduce a la imposibilidad de conservar a la biodiversidad en su mejor estado (Sánchez-Cordero y Figueroa, 2007, pág. 161).

Es importante considerar todas las acciones humanas que alteran la naturalidad de los ecosistemas en sus distintas escalas de impacto, como lo hace notar Rzedowski (2006) "Los métodos de destrucción y perturbación de la vegetación han sido diversos, algunos de ellos de impacto directo y otros indirectos. Entre los primeros, cabe mencionar como principales: el desmonte, el sobrepastoreo, la tala desmedida, los incendios y la explotación selectiva de algunas especies útiles. Los segundos tienen que ver principalmente con la modificación o eliminación del ambiente ecológico necesario para el desarrollo de una determinada comunidad biótica, causando su desaparición automática; que aquí puede citarse, entre otros, a la erosión o al cambio de las características del suelo, a las modificaciones del régimen hídrico de la localidad y a veces del clima mismo y a la contaminación del aire y del agua" (pág. 59). En consecuencia, el disturbio producido por el hombre, aún si este es mínimo, al acumularlo, suma graves daños y alteraciones irreversibles para la biosfera misma.

1.1 Teoría de sistemas

Debido al interés de comprender la funcionalidad de todos elementos a nuestro alrededor, se han elaborado distintas formas de análisis para su entendimiento. La teoría de sistemas como afirma Bertalanffy (1989) es "La tendencia a estudiar sistemas como entidades más que como conglomerados de partes es congruente con la tendencia de la ciencia contemporánea a no aislar ya fenómenos en contextos estrechamente confinados sino, al contrario, abrir interacciones para examinarlas y examinar segmentos de la naturaleza cada vez mayores" (pág. 8). Se intenta relacionar el entorno íntegramente, así como identificar elementos que funcionen sin necesidad de otro, o en su caso, precisar relaciones que puedan ser afectadas debido a la omisión de algún componente dentro del sistema.

Su estructura, como expresa García Cuadrado (1995) "Depende de sus relaciones con el medio que les rodea, tenemos: sistemas cerrados y sistemas abiertos. El sistema abierto es aquel sistema real (concreto) cuyos límites son permeables a la transmisión de materia, energía o datos del entorno y desde el sistema al entorno, es decir, establece relaciones de intercambio con el medio que le rodea (...). El sistema cerrado es aquel que no intercambia materia con el medio ambiente" (pág. 211). Los sistemas pueden ser distintos, su importancia recae en la funcionalidad y relación de sus elementos.

Si bien la Teoría de Sistemas puede ser aplicada en distintas áreas de estudio, la necesidad de una teoría focalizada en los ecosistemas es el inicio para implementar el geosistema en los estudios recientes. "La Teoría del Geosistema fue formulada en el sentido de aplicar la Teoría General de Sistemas al estudio de los paisajes naturales, sean ellas modificadas o no por la acción del hombre" (Sochava, 1977 citado en Ojeda Leal, 2001, pág. 3).

Con el avance del conocimiento científico además de metodológico, el geosistema se consolida, toma fuerza y significado para lograr implementarse en la investigación. En la opinión de Sochava (1977) "El geosistema de manera resumida puede definirse como el espacio terrestre de todas las dimensiones, donde los componentes individuales de la naturaleza se encuentran en una relación sistémica unos con los otros, y como una integridad determinada interactúan con el espacio y con la sociedad humana" (pág. 235). Por lo tanto, para lograr una articulación, los componentes del geosistema interactúan entre sí, de forma ordenada y conforme a los estratos en los que están organizados (Ojeda Leal, 2001, pág. 3).

Con base en Bertrand y Bertrand (2006) "El geosistema es un concepto territorial, una unidad espacial bien delimitada y analizada a una escala dada; es mucho más amplio que el ecosistema que solo es una parte del sistema geográfico natural" (pág. 100). Sin embargo, al ser tan amplio, no se deja atrás la existencia de una interacción entre los elementos que constituyen al geosistema para una articulación y por lo tanto una funcionalidad. Si retomamos a Bertrand y Bertrand (2006) se distinguen tres tipos de componentes en el geosistema:

- Componentes abióticos (litomasa, aeromasa, hidromasa) que forman el geoma.
- Componentes bióticos o biomasa (fitomasa y zoomasa) que constituyen el bioma.
- Componentes antrópicos.

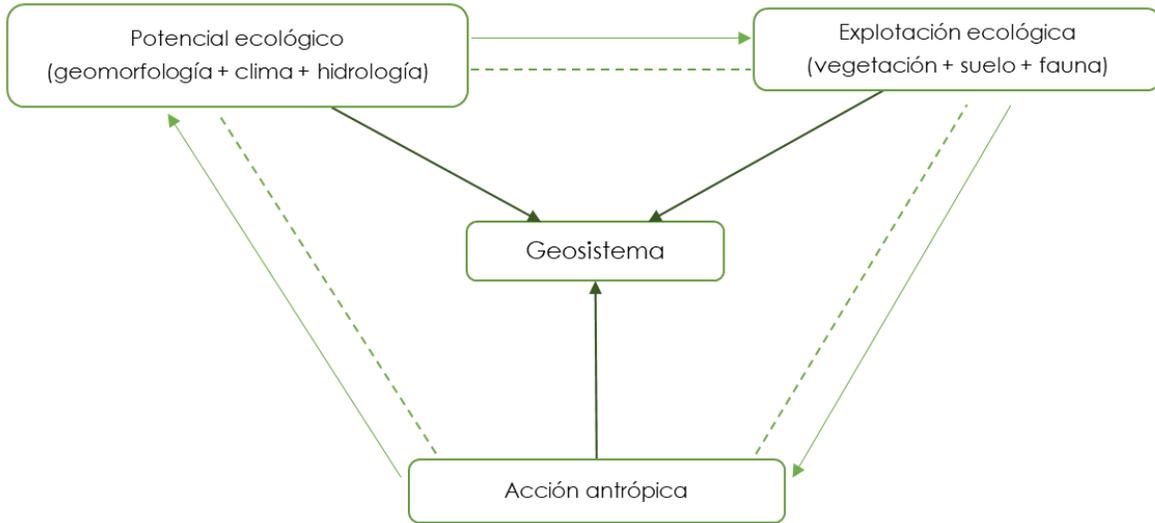


Figura 1. Esquema de Geosistema

Elaboración propia con base en Bertrand y Bertrand (2006).

La función del geosistema va más allá de relación entre los elementos inmersos en él, se relaciona y se sumerge en otras interacciones, entre ellas con el hombre. "El proceso se inserta en el medio ambiente y funciona de la siguiente manera: cuando el ser humano realiza cualquier actividad (por mínima que sea) ejercerá impactos sobre el medio y éstos, a su vez (independientemente de su intensidad), provocarán cambios en el entorno; a la postre, estos serán los precedentes de diversas consecuencias para la sociedad-naturaleza" (Arcia Rodríguez (Ed.), 1994 citado en Gómez García, 2018, pág. 20). Existe una exorbitante cantidad de elementos integrados en el geosistema que, en consecuencia, son explotados y utilizados de forma impasible por el hombre.

1.2 Cambio del uso del suelo y vegetación

Primeramente, resulta relevante identificar el concepto de cobertura vegetal. INEGI (2014) señala que es el “conjunto de plantas que ocupan un espacio en la superficie terrestre y que conforman una unidad reconocible y cartografiable” (pág. 5). Dentro de este proyecto, se hace uso del concepto anterior como semejante a la palabra vegetación y evitar iterar términos.

El municipio de San Juan Tepeuxila presenta distintas actividades económicas que son necesarias para los habitantes de la localidad, sin embargo, eliminar la vegetación para emplazar actividades económicas pone en peligro a la vegetación natural de la zona además de los servicios ambientales que esta provee.

La ruptura en la vegetación en el país es evidente. Se eliminan enormes hectáreas de vegetación para la disposición humana y su manejo es desmesurado; “el territorio nacional no se explota con la misma intensidad ni con los mismos propósitos en toda su superficie. Algunas porciones son modificadas profundamente al ser utilizadas con fines agropecuarios o como asentamientos humanos; otras han permanecido relativamente inalteradas por las actividades de la sociedad. Las diferentes formas en que se emplea un terreno y su cubierta vegetal se conocen como usos del suelo” (SEMARNAT, 2002). Los cambios del uso del suelo afectan a la cobertura vegetal de manera directa, desaparecen ecosistemas completos y la diversidad que en ellos existe cada vez es menor (SEMARNAT, 2011, pág. 46).

Es necesario indicar que México no es el único país donde la vegetación presenta alteraciones en distintos grados. “Los cambios de cobertura y uso del suelo se han reconocido en muchos países como una de las principales causas de deterioro ambiental, por ello están ubicados en el centro de la investigación ambiental y representan un punto importante en diferentes ámbitos como medio para entender los mecanismos de este proceso de deterioro y guía para la toma razonable de decisiones sobre el uso del territorio” (Najera González, *et al.*, 2010, pág. 19). Existe un sobresaliente interés mundial sobre la conservación del medio ambiente; Arriaga Cabrera (2009) destaca que “A nivel global se han considerado a los cambios de uso de suelo como una de las mayores amenazas a la biodiversidad, ya que involucran no sólo la pérdida de cobertura vegetal sino también la disrupción de los ecosistemas naturales en fragmentos de diversos tamaños y por tanto, la discontinuidad y aislamiento de su biodiversidad” (pág. 9).

La población aumenta exponencialmente, así como los requerimientos de la sociedad. Se necesita cubrir la demanda planetaria, por lo que cambiar el uso del suelo permite cubrir esas necesidades, alterar el estado natural de la vegetación para posicionar distintas actividades que permitan solventar el consumo humano (SEMARNAT, 2011, págs. 42-43).

Entre las distintas posturas respecto al cambio de uso del suelo; "La SEMARNAT describe al cambio de uso del suelo como la transformación de la cubierta vegetal original para convertirla a otros usos o degradar la calidad de la vegetación modificando la densidad y la composición de las especies presentes" (SIAEC, 2007). No obstante, la precisión de las posturas se profundiza, pero no cambia su significado. SEMARNAT (2011) sostiene que "Además de la pérdida directa de hábitats y de especies, el cambio de uso del suelo rompe la continuidad natural de los ecosistemas, dejando fragmentos de diferentes tamaños, separados unos de otros por carreteras, zonas agrícolas, ganaderas o asentamientos humanos. A este proceso se le conoce como fragmentación de los ecosistemas" (SEMARNAT, 2011, pág. 48). No sólo se sustituye a la vegetación nativa por actividades económicas, sino que se quiebra en partes a los ecosistemas, aumenta la imposibilidad de recuperación y multiplicación.

Desde la posición de Rosete Vergés *et al.* (2009) "Las características de la forma en que se usa el suelo son el resultado de la interrelación entre los factores físicos o naturales y los factores culturales y humanos. Al influir el ser humano en el ambiente para producir bienes y servicios, el uso del suelo se convierte en la principal causa de pérdida de diversidad biológica, funciones ecológicas y de la alteración del ciclo hidrológico" (pág. 71). Además del deterioro de los ecosistemas, se minimiza su propia recuperación debido al alto grado de transformación. "Así que, al cambiar el uso del suelo se pierden o disminuyen considerablemente éstos y otros servicios ambientales que obtenemos de ellos. La construcción de carreteras, muelles y presas, la apertura de minas y canteras, así como la agricultura y la ganadería también son ejemplos de actividades que propician el cambio de uso del suelo" (SEMARNAT, 2011, pág. 43). Por mínimas que sean las acciones que alteren a la consolidada cobertura vegetal, todas se suman para impactar de manera negativa a los distintos ecosistemas.

Como expresa Reyes Hernández *et al.* (2006) "A través del uso del suelo se produce lo necesario para la supervivencia de la humanidad. Sin embargo, el impacto derivado de este proceso ordinariamente se relaciona con la deforestación y fragmentación de los

ecosistemas, la desertización, la alteración de los ciclos hidrológicos, la pérdida de la diversidad biológica y el incremento de la vulnerabilidad de los grupos humanos. Si bien existen eventos naturales como las inundaciones, sequías, etc. que propician, en mayor o menor medida, alteraciones en la cobertura natural, en las últimas décadas el impacto de las actividades humanas se ha convertido en uno de los principales agentes transformadores de los ecosistemas" (pág. 27). El medio ambiente posee una riqueza extraordinaria, desafortunadamente los seres humanos han perdido la noción de su importancia. Cada elemento natural es importante en nuestra vida cotidiana, ya que son parte de nuestra cultura, educación, economía, así como del reconocimiento y sentido de pertenencia a un lugar (Alanís Rodríguez, *et al.*, 2008, pág. 56).

Dado que el cambio de uso del suelo ejerce una acción perjudicial en distintos ecosistemas, es importante analizar su proceso de transformación. Las tendencias de la vegetación, así como procesos erosivos, desertización, perturbación de ecosistemas y pérdida de biodiversidad, son detectadas debido a la aplicación de estudios sobre el uso del suelo. (Lambin, *et al.*, 2001). "Generalmente los estudios del cambio de uso del suelo forestal evalúan la velocidad de la deforestación/reforestación, determinan su extensión geográfica y entienden cuáles son las causas sociales y económicas de los cambios, en las escalas global, regional y local" (Skole, *et al.*, 1994; Ojima, *et al.* 1994 citado en Ruiz, Savé y Herrera, 2013, pág.117). La información obtenida contribuye a generar alternativas que ayudan a disminuir el impacto ante los cambios de la vegetación.

Existen algunos métodos que permiten analizar el estado de la vegetación. "Una forma de evaluación de los cambios en el uso del suelo es a partir de la medición de los cambios en la cobertura vegetal y no vegetal del mismo. Tradicionalmente, la medición de cambios de cobertura vegetal y uso del suelo se realiza sobre documentos generados mediante percepción remota (usualmente, fotografías aéreas e imágenes de satélite) o cartografía temática de cobertura." (Bocco, Mendoza, y Masera, 2001, pág. 19). En contraste al método el anterior, "el análisis multitemporal permite detectar cambios entre diferentes fechas de referencia, deduciendo la evolución del medio natural o las repercusiones de la acción humana sobre ese medio" (Chuvieco, 1996 citado en Ruiz, Savé, y Herrera, 2013, pág. 117). Ambas metodologías tienen como finalidad identificar los cambios en la cobertura vegetal y causantes de este. Además, suelen ser herramientas para la planificación y elaboración de estrategias de conservación de recursos naturales. (Galicia L., 2014).

A pesar de la existencia metodológica para conocer el estado de conservación vegetal, de acuerdo con Bocco, Mendoza, y Maser, (2001) "Son muy escasos los estudios detallados y actualizados que permiten determinar los niveles actuales de pérdida de cobertura forestal, su expresión espacial y las variables socioeconómicas y ambientales que inciden sobre ellos" (pág. 20). Por lo tanto, es necesario un análisis actualizado de la vegetación, ya que como señala Cortina Villar *et al.* (1999) "Contar con la información más precisa sobre los cambios en el uso del suelo será de utilidad en las tareas de investigación y planificación del aprovechamiento y la conservación de los recursos naturales" (pág. 42).

Se puede encontrar diversos estudios realizados a nivel nacional y estatal que han logrado identificar la evolución de la cobertura vegetal. Dichos estudios emplean una metodología multitemporal, como es el caso de la obra de Velázquez, *et al.* (2002) "Patrones y tasas de cambio de uso del suelo en México", que con base en los datos de las Series de INEGI e Inventarios Nacionales Forestales, realizaron el cruce de la cartografía de distintas fechas. Se elaboraron las tasas de cambio y se identificó la transición de la vegetación tanto pérdida como ganancia de los periodos examinados.

Otro ejemplo es el estudio elaborado por Durán Medina, Mas y Velázquez (2007) "Cambios en las coberturas de vegetación y usos del suelo en regiones con manejo forestal comunitario y áreas naturales protegidas de México", que para el análisis de la cobertura vegetal, emplearon las series de INEGI, el Inventario Nacional Forestal, además de imágenes de satélite. Al realizar la evaluación correspondiente, lograron identificar el comportamiento de las actividades antrópicas, ganancias y pérdidas en la vegetación.

Como lo hace notar Camacho Sanabria *et al.* (2015) "Actualmente, los especialistas que estudian las transformaciones ocurridas en los distintos paisajes naturales y antrópicos (culturales) de la superficie terrestre, utilizan, con frecuencia, mapas de uso de suelo y vegetación derivados de la interpretación visual de imágenes de satélite, estas pueden ser de mediana o alta resolución espacial. Es a partir de estos insumos cartográficos que se puede identificar, describir, cuantificar, localizar, analizar, evaluar, explicar y modelar la dinámica y los procesos de cambio que acontecen en las diversas comunidades vegetales y usos del suelo de un espacio geográfico en particular". Donde se crean y aplican estrategias para la conservación de la variedad ecosistémica.

Para llevar a cabo el análisis de **cambio en la cobertura vegetal del municipio de San Juan Tepeuxila**, se utilizó la metodología propuesta por Mas-François Jean, Vázquez Alejandro y Couturier Stéphane (2009). Si bien en su obra utilizan como datos las Series I y II de INEGI,

además de cartografía del Inventario Nacional Forestal para la homologación de la vegetación; en el desarrollo de esta tesis se realizó una modificación; se emplearon únicamente las Series de INEGI, de la Serie I a la VI ya que abarcan la temporalidad bajo estudio.

Para la elaboración, se realizó la descarga los insumos cartográficos necesarios, entre ellos las series de cambio de uso del suelo y vegetación, por medio de los servidores del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) y La Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). Se obtuvo la serie I (1978-1991) con año de referencia a 1985, serie II (1994-1999) con año de referencia a 1994, serie III (2002-2005) con año de referencia a 2002, serie IV (2006-2010) con año de referencia al 2007, serie V (2011-2014) con año de referencia al 2011 y por último la serie VI (2014-2017) con año de referencia al 2014 (Argumedo Espinoza, 2017).

Las series fueron localizadas en formato shapefile a escala 1:250 000, por lo que se requirió del software de sistema de información geográfica ArcGIS en la versión ArcMap 10.3 para realizar los geoprocесamientos básicos de recorte, se llegó a la escala municipal y se comenzó con la homologación de vegetación y uso del suelo para cada serie de los periodos bajo estudio.

Posteriormente se calcularon las áreas totales de cada tipo de vegetación y uso del suelo existente dentro del municipio. Con apoyo de la herramienta cálculo de geometría de ArcMap 10.3; el total de áreas fueron extraídas y puestas en una hoja de cálculo del programa Microsoft Office Excel 365, donde se generó las operaciones de la tasa de cambio de cada periodo bajo estudio.

1.3 Tasa de cambio de la cobertura vegetal y uso del suelo

El ser humano se ha convertido en el principal destructor de la vegetación originaria de los ecosistemas. Tal es el caso del municipio de San Juan Tepeuxila, la armonía de la vegetación se ve fraccionada por las actividades antrópicas. Con base en *Galicia et al. (2007)* "La creciente pérdida de cubiertas de vegetación natural en el planeta ha generado la creación de ecuaciones para determinar estos cambios, con la finalidad de estimar la pérdida de los recursos forestales debida a la deforestación a nivel mundial, nacional o local, y estandarizar los métodos analíticos para evaluar este fenómeno. La aplicación más común de las

metodologías de cambio de uso del suelo es la determinación de las tasas de deforestación en un territorio dado". Estas permiten diagnosticar la modificación espacial de la vegetación e identificar actividades potencialmente destructivas, las cuales deben ser analizadas para tratar de reducir el impacto que el hombre ejerce sin control.

Desde el punto de vista de Falcón (2014) "La tasa de cambio es un indicador de presión que permite conocer la magnitud y velocidad con que se está presentando este proceso, su evaluación es necesaria para conocer la dinámica y magnitud del cambio, así como sus efectos" (pág. 14). Con su aplicación, se puede estimar grados y patrones de conservación, así como ecosistemas sin alteración (CORTOLIMA, s.f.). Además, la tasa de cambio ayuda a conocer la relación entre medio natural y sociedad, así como el resultado de dejar áreas desprovistas de vegetación. (López y Peña, 2013).

De acuerdo a Galicia *et al.* (2007) menciona que: "el cálculo de la deforestación y el cambio de uso de suelo, desde el punto de vista temporal, no es otra cosa que la diferencia de las áreas entre el tiempo inicial y el tiempo final (t_1 y t_2 , respectivamente) en tasas o índices, que significan incrementos o decrementos en dicho intervalo de tiempo". Por lo tanto, la comparación de distintas fechas permite conocer la alteración la vegetación en cuanto a su extensión.

La constante aplicación de monitoreos ayuda a identificar las modificaciones en determinada superficie con vegetación o áreas desprovistas. Además, es posible cuantificar pérdidas o ganancias en su extensión con base en periodos de tiempo. Así mismo, se puede conocer superficies que permanecen sin cambios (SIAC, s.f.). Las modificaciones que sufre la vegetación se ven estrechamente relacionadas a las actividades humanas en determinado tiempo. Por medio de la tasa de cambio, es posible identificar y cuantificar esas variaciones. (López y Peña, 2013).

Para realizar el cálculo de la **tasa de cambio en la cobertura vegetal y uso del suelo del municipio de San Juan Tepeuxila**, fue necesario utilizar el programa Microsoft Office Excel 365, donde se elaboraron tablas con el área de cada tipo de vegetación obtenido anteriormente de las seis Series de INEGI. Con base en la metodología de Mas-François Jean, Vázquez Alejandro y Couturier Stéphane (2009), se calculó la tasa de cambio entre cada una de las series: Serie I con la Serie II; Serie II con la Serie III; la Serie III con la Serie IV; así sucesivamente hasta llegar a la Serie VI, y se empleó la siguiente ecuación para cada tipo de vegetación:

$$t = 1 - ((S1 - S2) / S1)^{(1/n)} - 1$$

Donde:

"t" es la tasa de cambio

"S1" la superficie en la fecha 1

"S2" la superficie en la fecha 2

"n" el número de años del periodo estudiado (fecha 1 – fecha 2)

Una vez obtenida la tasa de cambio de los pares de series con su tipo de vegetación y uso del suelo, se prosiguió a graficar los resultados de cada par de series en hojas de cálculo del programa Microsoft Office Excel 365. Se logró reconocer así la pérdida o ganancia de la cobertura vegetal para cada conjunto de series. Así mismo, fue necesario la sobreposición de la cartografía del par de las series en ArcMap 10.3 para visualizar espacialmente el cambio en la cobertura e identificar la dinámica entre los años analizados.

1.4 Índice de vegetación remanente (IVR)

El municipio de San Juan Tepeuxila se ha visto afectado por las actividades antrópicas, ya que actualmente existen áreas desprovistas de bosques y selvas. A pesar de ello, existen zonas donde la vegetación retomó fuerza y desarrolló vegetación secundaria. Por lo tanto, estimar la cantidad de vegetación remanente ayuda a la identificación de los niveles de transformación del municipio.

Los ecosistemas mundiales son grandes reservorios de biodiversidad, que cumplen con múltiples propósitos, entre ellos se encuentra el proveer de servicios ecosistémicos. Sin embargo, su estabilidad se ve constantemente en peligro. "El desarrollo de las actividades productivas (principalmente de la agricultura y la ganadería), el crecimiento de la infraestructura (de comunicaciones y eléctrica, fundamentalmente) y el desarrollo urbano, han reducido la vegetación natural remanente en México y el mundo. La disminución de esta superficie conlleva necesariamente a la degradación ambiental y a la pérdida de biodiversidad y de los servicios ambientales que brindan los ecosistemas naturales. En este sentido, el indicador denota el estado que guardan actualmente, respecto a su superficie original, los ecosistemas naturales en el país" (SEMARNAT, s.f.a). Al conocer el estado de la

vegetación, se permite crear y emplear estrategias de conservación en zonas fuertemente afectadas.

Es necesario entender cómo es que los ecosistemas se desarrollan para analizarlos con base criterios específicos. De acuerdo con Osorio-Zuluaga y Duque Méndez (2014) indican que "En los casos, poco comunes a nivel mundial, en que los ecosistemas humanizados puedan ser más complejos que los naturales, la cobertura tendría que manejarse con otros criterios; por eso la cobertura se usa como indicador en especial en vegetaciones densas. Así mismo, y ya desde una perspectiva más general, se ha discutido cuál es un nivel de transformación permisible (y aún deseable), de tal manera que se puedan al mismo tiempo producir los servicios requeridos por la sociedad y conservar la oferta ecosistémica necesaria para mantener las condiciones de vida sobre el planeta. Si bien se acepta que un nivel de transformación es imprescindible, la tendencia es hacia un consenso en que la transformación del planeta y de muchas de sus regiones ha superado los límites de lo razonable, aunque algunas regiones de este, en especial de Latinoamérica, aún mantienen proporciones significativas de sus ecosistemas" (pág. 16). Si se logra identificar esos ecosistemas intactos, se puede conseguir su conservación y disminuir las pérdidas biológicas.

El índice de vegetación remanente (IVR) puede ser aplicado en todos los tipos de vegetación que se desarrollan en el país. Este indicador se basa en conocer las superficies vegetales con ayuda de sistemas de información geográfica, así como de la percepción remota (SEMARNAT, s.f.b). Este tipo de indicadores son muy comunes en el estudio la transformación espacial de la vegetación (Osorio-Zuluaga y Duque Méndez, 2014, pág. 16). Su análisis expone áreas y porcentajes totales de vegetación natural (INEGI, 2017). Además, junto con el análisis multitemporal enfatiza el estudio de la vegetación (CORTOLIMA, 2014, pág. 26). Que como plantea Jiménez Nava (s.f.) "Proporciona información sobre la superficie del país cubierta por vegetación considerada como natural, tanto en condiciones de sucesión primaria como secundaria. No se consideran las áreas cubiertas con vegetación inducida o cultivada".

Con base en el documento de Cátedra INEGI (2017), para desarrollo del índice de criticidad ambiental (ICA), se requiere como insumo calcular el **Índice de vegetación remanente (IVR)**, el cual indica la vegetación natural de un área así como el porcentaje total de la misma, y se elabora con la siguiente fórmula:

$$IVR = \left(\frac{\text{ÁreaVegPrim}}{\text{ÁreaMuni}} \right) (100)$$

Donde:

ÁreaVegPrim: es el área de la vegetación primaria en km² extraída de la cartografía de uso del suelo y vegetación.

ÁreaMuni: es el área de los municipios de la zona de estudio en km². (Localidades del municipio)

Los insumos que se requirieron para su desarrollo son: la cartografía digital de la Serie VI; únicamente se extrajo al municipio de San Juan Tepeuxila en el sistema de información geográfica ArcGIS, en su versión ArcMap 10.3, para calcular cada área con vegetación primaria.

El segundo insumo fue obtenido mediante la elaboración de cartografía participativa con habitantes del municipio, donde se trazaron los límites correspondientes a cada agencia de policía, así como la cabecera municipal. Se digitalizó dicha información obtenida y se extrajeron los polígonos de la división interna del municipio. Posteriormente se realizaron los cálculos con base en fórmula anterior. Una vez obtenidos, para un mejor manejo y reconocimiento, los datos fueron vaciados en una hoja de cálculo en el programa Microsoft Office Excel 365.

Por último, se identificó con base en los rangos establecidos por INEGI (2017) el nivel de transformación en la vegetación [Tabla 1. Nivel de índice de vegetación remanente (IVR)], así como la capacidad de sostener los servicios ambientales de la población dentro del municipio de San Juan Tepeuxila.

Grado de transformación	Rango	Grado de sostenibilidad
NT (No transformado)	IVR ≥ 70%	SA (Sostenibilidad Alta)
PT (Parcialmente transformado)	70% <IVR> 30%	SM (Sostenibilidad Media)
MT (Muy transformado)	Entre 10% <IVR< 30%	SB (Sostenibilidad Baja)
CT (Completamente transformado)	IVR<10%	NS (Sostenibilidad improbable)

Tabla 1. Nivel de índice de vegetación remanente (IVR).

Elaboración propia con base en INEGI (2017).

1.5 Densidad de población

Si bien la población total del municipio corresponde a una zona urbana, existe una división interna dentro de San Juan Tepeuxila, que distribuye la cantidad de población de manera desigual. Por lo cual, conocer la densidad de población de la cabecera municipal y de cada agencia de policía fue necesario para analizar la presión ejercida sobre la vegetación.

Latham (2002) menciona que el acelerado crecimiento poblacional puede ser un grave problema para la misma humanidad. Esto puede referirse, entre múltiples factores, a la constante presión sobre los servicios ambientales, ya que la demanda se encuentra en aumento y la oferta no logra ser suficiente para cubrir el requerimiento poblacional.

Actualmente los análisis realizados a la población son cada vez mayores debido a su aumento exponencial. Distintas disciplinas han dedicado parte de sus estudios a conocer la densidad y distribución de la población (Escolano Utrilla, 2002). Así como a identificar la relación que existe entre el hombre con el territorio y sus emplazamientos (Palladino, 2010). Además, es posible conocer su evolución, distribución, volumen absoluto y relativo, movimientos migratorios, aumento y disminución de la población (Luna Salinas, 2006). Este tipo de análisis pueden ser de apoyo para identificar la relación poblacional con su entorno.

De acuerdo con León Castillo (2015) "La densidad poblacional, es un indicador que permite evaluar la concentración de la población de una determinada área geográfica, comprende el número de habitantes por kilómetro cuadrado, que se encuentran en una determinada extensión territorial" (pág. 44). Sus resultados pueden expresar un alta o baja densidad, que, a su vez pueden determinar una problemática ambiental distinta (Gómez Piovano y Mesa, 2017).

La distribución espacial de la población es distinta a nivel planetario. "En México, como en todo el mundo, la distribución de habitantes es desigual: existen regiones donde se concentra mucha gente y otras en las que la población es poca; las ciudades están más densamente pobladas que las comunidades rurales" (INEGI, s.f.a).

Para conocer la densidad de población en el municipio de San Juan Tepeuxila, fue necesario compilar los insumos de la plataforma digital de INEGI sobre la población total del municipio. Se eligieron los datos del censo de población y vivienda 2010 ya que contiene los datos desglosados de cada localidad dentro del municipio.

Además, al no contar con los límites internos del municipio, fue necesario trabajar con cartografía participativa, donde habitantes del municipio ayudaron a delimitar el área de cada localidad del municipio. Posteriormente por medio del sistema de información geográfica ArcGIS, se digitalizó cada una de los límites internos.

Por último, se requirió de geoprocесamientos de recorte en ArcMap 10.3 para llegar a escala que subdivide al municipio y se calculó el área de cada agencia mediante la herramienta cálculo de geometría. Posteriormente, se dio paso a identificar la densidad de población de las agencias de policía en San Juan Tepeuxila, con la fórmula descrita por INEGI (INEGI, s.f.a) siguiente:

$$\text{Densidad de población} = \frac{\text{Población total}}{\text{Superficie Km}^2}$$

Donde:

Población total: Población total de cada agencia de policía

Superficie en Km²: Polígono de cada localidad

Una vez obtenidas las densidades de población por cada localidad del municipio, los resultados fueron conservados en una hoja de cálculo del programa Microsoft Office Excel 365 para continuar con el análisis de la vegetación del municipio de San Juan Tepeuxila.

1.6 Tasa de crecimiento poblacional

Con el paso del tiempo, la población mundial ha pasado por múltiples fenómenos los cuales modifican su cuantía. La tasa de crecimiento poblacional, además de otros indicadores, ayudan a identificar el comportamiento demográfico. Por lo tanto, su aplicación en San Juan Tepeuxila, ayuda al desarrollo de otros índices necesarios para este análisis.

Conocer el crecimiento poblacional es fundamental para distintas ciencias, por lo que muchos especialistas han aplicado este indicador en sus estudios (Hernández Millán, 1996, págs. 17-18). Al analizar a la población se pueden conocer fenómenos sociales los cuales impactan directamente en esta. De acuerdo con Chackiel (2004) “La dinámica

demográfica de los países latinoamericanos se caracteriza por profundos cambios ocurridos durante el siglo pasado y que continúan en el nuevo siglo. Aunque existe una diversidad de comportamientos entre los países y al interior de éstos, según áreas geográficas y grupos socioeconómicos, se corrobora que prácticamente toda la población se ha incorporado al proceso de transición demográfica. En términos generales, la transición se inició a partir de los descensos en la mortalidad observados en la primera mitad del siglo XX, y se acentuó en la década de 1960 a través de una pronunciada caída de la fecundidad" (pág. 7). El comportamiento poblacional es desigual, con la aplicación de indicadores demográficos se puede analizar los cambios y atribuir una razón, así como causas que los provocan.

El número de población cambia constantemente. Estudiar un sitio determinado, con un lapso de tiempo definido, puede obtener un aumento o pérdida de población, sin dejar a un lado fenómenos migratorios, nacimientos o defunciones que suceden en el lugar bajo estudio (Hernández Millán, 1996, pág. 18). Por lo tanto, la aplicación de indicadores demográficos ayuda a conocer el desarrollo y comportamiento de la población.

A través de las estadísticas, los indicadores dan referencia a fenómenos demográficos de determinado lugar. En la opinión de Pellegrino (2003) "Los componentes de la dinámica demográfica son la natalidad, la mortalidad y la migración. En los dos primeros, los aspectos biológicos están estrechamente relacionados con los factores sociales, culturales y económicos y la compleja imbricación entre ellos hace difícil la tarea de aislar los efectos de los fenómenos estrictamente biológicos de aquellos que resultan de las improntas sociales y culturales de las poblaciones. La migración tiene un carácter diferente ya que el peso de los factores biológicos es mucho menor, o inexistente, y se trata del resultado de decisiones y elecciones individuales que se procesan en un contexto social" (pág. 2).

La cantidad de población no es estable, el crecimiento es constante y se debe tomar en cuenta distintos componentes para obtener determinada información. Como expresa Otero (2008) "El crecimiento demográfico es la resultante de la acción conjunta de dos saldos: el vegetativo (diferencia entre natalidad y la mortalidad de la población), y el migratorio (diferencia entre los niveles de inmigración y de emigración). La evolución y las características que asumen estos cuatro fenómenos dependen a su vez de un amplísimo conjunto de factores demográficos y extra-demográficos, razón por la cual el crecimiento de la población constituye tanto un indicador de síntesis de la dinámica demográfica de un país como un aspecto clave en relación con el crecimiento económico y el desarrollo" (pág. 339).

En síntesis, para este indicador es necesario conocer el aumento, reducción o estabilidad de la población en determinada zona (Hernández Millán, 1996, pág. 18). Existen distintas metodologías para identificar la tasa de crecimiento poblacional, las cuales han adaptado la información disponible. Sin embargo, los datos más usuales para su estudio son por medio de los números de mortalidad, fecundidad y migración que presenta una población en determinado lugar (INE, 2006; Flores, 2003 citado en UNAH, s.f.).

Para conocer la **tasa de crecimiento poblacional del municipio de San Juan Tepeuxila**, ya que es uno de los insumos requeridos para la obtención del índice de presión demográfica (IPD), se requirió de la metodología propuesta por INEGI (2017); para el cálculo de la tasa de crecimiento se desarrolló la siguiente fórmula:

$$r = \left[\left(\frac{Pob2010}{Pob2005} \right)^{\frac{1}{t}} - 1 \right] (100)$$

Donde:

Pob2010: es la población registrada en el censo 2010

Pob2005: es la población registrada en el censo de 2005

t : es el tiempo transcurrido entre ambas mediciones poblacionales

Para la sustitución se obtuvo la información de los servidores de INEGI sobre el censo de población y vivienda de 2010, así como de la encuesta intercensal 2005 realizados a nivel nacional. Es importante mencionar que se optó por utilizar esa información ya que son las únicas bases de datos recientes, las cuales contienen la población dividida por cada agencia de policía, así como de la cabecera municipal. Dentro de los tabulados se escogió la escala estatal; además de hacer una última selección para la obtención de la población de cada localidad del municipio.

Por último, se llevó acabo la aplicación de la fórmula antes mencionada con los datos obtenidos de la población del municipio. Una vez desarrollada la tasa de crecimiento, se conservaron los datos en el programa Microsoft Office Excel 365 para dar continuación al cálculo del índice de presión demográfica.

1.7 Índice de presión demográfica (IPD)

Así como en otras zonas del planeta, los habitantes del municipio de San Juan Tepeuxila tienen una estrecha relación con su entorno, ya que utilizan sus recursos naturales para desarrollar actividades y satisfacer sus necesidades.

A lo largo del tiempo el hombre ha obtenido distintos recursos de sus ecosistemas, sin embargo, la presión ejercida genera un deterioro constante, el cual afecta desde el nivel local hasta el global, y pone bajo riesgo toda la vida en la Tierra. Si bien en algunas zonas se ejerce mayor presión que en otras, los efectos generados impactan a todos por igual. (Antolín Tomás, 2010).

De acuerdo con Bonilla Moheno (s.f.) el incremento de actividades antrópicas tales como el pastoreo y la agricultura son las principales causas de la deforestación en México. Por lo tanto, donde exista una gran cantidad de población existirá una fuerte degradación en los ecosistemas, como es el caso de las zonas urbanas. En lugares con poca población, como las zonas rurales su degradación es menor, y en zonas sin población, los ecosistemas se mantienen estables.

Debido a la actividad humana el deterioro ambiental va en aumento. A nivel mundial es posible notar grandes espacios desprovistos de vegetación en zonas donde la vegetación era densa. De acuerdo con Velázquez Uribe (1996) "En la actualidad, el interés por estudiar la relación entre población y ambiente ha adquirido una importancia creciente de frente al deterioro ecológico, el rápido crecimiento demográfico, las tendencias a que exista una alta concentración y una fuerte dispersión en la distribución de la población, las modalidades de ocupación y utilización del espacio por parte de ésta y, en general, las desfavorables condiciones para la vida y el bienestar de la humanidad". Al ser una problemática global, es necesario desarrollar estudios que puedan analizar y dar soluciones, para así poder minimizar los cambios y proteger a la vida en general.

Existe una notoria preocupación por la presión demográfica. Algunos estudios lo abordan desde distintas perspectivas como la estabilidad futura, pérdida de biodiversidad, escasez de alimentos, amenazas a la paz y calentamiento global (Agrawal, 1995). La estrecha relación entre la población y los recursos naturales se encuentra intervenida por distintos factores como el uso de tecnologías para su explotación, las formas de acceso a los

recursos naturales y el consumo excesivo, los cuales profundizan la presión a los ecosistemas (SNIARN, 2010).

Con base en CURIHAM (2007) "El índice de presión demográfica estima las amenazas a la biodiversidad y conservación del área por aumento de la densidad poblacional" (pág. 6). El IPD se utiliza como indicador de tendencia y presión sobre los servicios ambientales. Entre mayor sea la cantidad de población de determinado lugar, requiere una mayor cantidad de servicios ecosistémicos, por lo tanto, se ejerce una fuerte presión en los ecosistemas para satisfacer las demandas de la población (Márquez Calle, 2000, pág. 48). Al conocer el tamaño de la población se puede estimar que tan fuerte es su consumo y la demanda sobre los recursos naturales (CORPONARIÑO, 2018).

Actualmente la vegetación del municipio de San Juan Tepeuxila se puede observar fragmentada por las actividades primarias que la población desarrolla. Si bien los polígonos de población no modifican de manera grave la estructura de la vegetación, es necesario identificar la presión que los habitantes ejercen de acuerdo con los servicios ecosistémicos del lugar.

Para identificar la presión de los pobladores sobre la vegetación, fue necesario cuantificar el **Índice de presión demográfica (IPD)**, que permitió estimar la amenaza a la biodiversidad del municipio se utilizó la fórmula propuesta por INEGI (2017) y se desarrolló para el área bajo estudio:

$$IPD = DenPob2010 * r$$

Donde:

DenPob2010: es la densidad poblacional

r : es la tasa de crecimiento poblacional en el periodo censal 2005 – 2010.

Para su elaboración se sustituyeron los valores calculados previamente, la densidad de población del año 2010 y la tasa de crecimiento poblacional de los años 2005 y 2010 de cada localidad del municipio. Los datos fueron puestos en hojas de cálculo del programa Microsoft Office Excel 365. Posteriormente con base en Tabla 2. Nivel de índice de presión demográfica, se clasificaron de acuerdo con rangos establecidos por la misma

metodología elaborada por INEGI (2017), la cual arrojó la presión demográfica y grado de amenaza en la biodiversidad de cada localidad del municipio San Juan Tepeuxila.

Rangos	Variación de la población	Grado de sostenibilidad
IPD \leq 1	Expulsa población	Estable o en recuperación
1 < IPD < 10	Crecimiento normal	Media
10 < IPD > 100	Crecimiento acelerado de la población	Amenazada
IPD > 100	Crecimiento excesivo	Gravemente amenazada

*Tabla 2. Nivel de índice de presión demográfica (IPD)
Elaboración propia con base en INEGI (2017).*

1.8 Índice de criticidad ambiental (ICA)

El municipio de San Juan Tepeuxila presenta una alteración en su cobertura vegetal debido a los hábitos como la agricultura y la actividad forestal. Si bien las prácticas antrópicas son necesarias para el desarrollo económico de los habitantes de la zona, exceder el consumo, extracción y eliminación de la vegetación afectan al equilibrio del ecosistema, así como a los servicios ambientales que estos ofrecen. Por lo tanto, es necesario el aplicar indicadores demográficos, así como ambientales para conocer el grado de presión que genera la población a su entorno.

“La transformación de la cobertura en un ecosistema es inversamente proporcional a su capacidad para cumplir sus funciones ecológicas; la cobertura de vegetación es un indicador del estado del ambiente, pues su transformación cambia la biomasa, la abundancia de especies e individuos, los intercambios de materia y energía y la capacidad del ambiente para mantener bienestar y desarrollo humanos, al afectar la regularidad de los ciclos climáticos e hidrológicos y la oferta de recursos (madera, leña, suelos, pesca) demandados por la sociedad. La población humana, por su parte, demanda servicios ambientales y es factor de presión sobre el medio; por lo tanto, también su densidad y tasa de crecimiento es un indicador del estado y tendencias de este” (INEGI, 2017).

Para el estudio del índice de criticidad ambiental (ICA), Díaz Concepción *et al.* (2012) plantea que “El Análisis de Criticidad es una metodología que permite establecer la jerarquía o prioridades de procesos, sistemas y equipos, creando una estructura que facilita la toma de decisiones acertadas y efectivas, direccionando el esfuerzo y los recursos en áreas donde sea más importante y/o necesario mejorar la Confiabilidad Operacional, basado en la realidad actual. El mismo se basa en la utilización de modelos matemáticos contextualizados”.

Con el análisis del ICA se puede clasificar los elementos del objeto bajo estudio en tres categorías: alta, media y baja criticidad (Del Castillo, Brito-Ballina, y Fraga Guerra, 2009). Una vez identificadas, se pueden planear estrategias o proyectos que mejoren las condiciones de cada estrato. Sin embargo, debido a su alarmante estado, se debe dar comienzo con los elementos de la categoría más alta (Reliabilityweb, s.f.).

Tal como expresa Reliability and Rick (2016) “Esta es una metodología cualitativa de análisis de criticidad; diseñada a través del establecimiento de criterios como Impacto en Producción, Impacto en Ambiental y/o en la Seguridad, Tiempo de Reparación, Costos de Mantenimiento y Frecuencia de Ocurrencia; estimados con base a la ponderación de los especialistas de un equipo natural de trabajo”. Para medirlo, es necesario clasificar los elementos del objeto bajo estudio, convertir los criterios utilizados en valores cuantitativos, mismos que pueden ser utilizados para comparar sus componentes. (Del Castillo, Brito-Ballina, y Fraga Guerra, 2009). Díaz Concepción *et al.* (2012) considera que el análisis de criticidad debe basarse en modelos matemáticos, con la finalidad de tener resultados fiables los cuales deben ser personalizados de acuerdo con el contexto que se analice.

En el análisis de criticidad ambiental, Márquez Calle (2000) propone una forma de estudiarlo, “Se genera un índice que combina Índice de Vegetación Remanente IVR con Índice de Presión Demográfica IPD, de donde resulta un índice de estado/presión que señala a la vez grado de transformación y presión poblacional; se propone llamarlo Índice de Criticidad Ambiental ICA”. Donde retoma los elementos de población y vegetación para su correcta evaluación.

Para la elaboración del **índice de criticidad ambiental (ICA)** en el municipio de San Juan Tepeuxila, se retomó la metodología propuesta por INEGI (2017) que, para su correcto desarrollo, se necesitó de la elaboración previa de los índices de vegetación remanente (IVR) e índice de presión demográfica (IPD), que son la base para encontrar la presión que se ejerce sobre la vegetación del municipio por medio del ICA.

Una vez obtenido el IVR e IPD, se identificó su clasificación en la numeración romana descrita en la Tabla 3. Relación de IVR e IPD para el nivel de criticidad ambiental (ICA). Posteriormente se procedió a la generación de una matriz en hojas de cálculo del programa Microsoft Office Excel 365. Se condensaron los datos calculados anteriormente por cada localidad del municipio, y de acuerdo con los rangos establecidos se indicó el nivel de criticidad obtenido en cada localidad del municipio de San Juan Tepeuxila.

IVR \ IPD	IPD ≤ 1	1 < IPD ≤ 10	10 < IPD ≤ 100	IPD > 100
NT	I	I	II	II
PT	I	I	II	II
MT	III	III	IV	IV
CT	III	III	IV	V

Tabla 3. Relación de IVR e IPD para el nivel de índice de criticidad ambiental (ICA)

Elaboración propia con base en Cátedra INEGI (2017).

Criticidad	Estado de conservación
I. Relativamente estable o relativamente intacto	Conservado y sin amenazas inminentes
II. Vulnerable	Conservación aceptable y/o amenazas moderadas. Sostenible en el mediano plazo, en especial con medidas de protección
III. En peligro	Baja conservación y/o presiones fuertes. Sostenibilidad con probabilidades medias a bajas de persistencia en los próximos 15 años.
IV. Crítico	Baja conservación y/o presiones fuertes. Sostenibilidad con probabilidades medias a bajas de persistencia en los próximos 15 años.
V. Muy Crítico (Extinto)	Sostenibilidad improbable; transformación radical y presiones muy elevadas.

Tabla 4. Nivel de índice de criticidad ambiental (ICA)

Elaboración propia con base en Cátedra INEGI (2017).

Con los criterios descritos en la Tabla 4. Nivel de índice de criticidad ambiental (ICA) y el número romano resultante de la intersección del IVR e IPD, se obtuvo el grado criticidad ambiental que presenta el municipio de San Juan Tepeuxila en cada localidad. De acuerdo

con la clasificación, se pudo establecer cuál es la relación actual de la vegetación con la población del municipio y la presión ejercida en la biodiversidad,

Para complementar los resultados obtenidos del ICA en el municipio, fue necesario la elaboración de un mapa que indica espacialmente las localidades que tienen mayor o menor grado de criticidad ambiental. El mapa se creó en el sistema de información geográfica ArcGIS en su versión ArcMap 10.3. Se utilizaron las capas base el municipio de San Juan Tepeuxila, los polígonos de asentamientos urbanos y la división interna del municipio, esta última fue la más importante ya que se dispusieron colores en la gama de semáforo para indicar el nivel de criticidad ambiental por localidad.

1.9 Matriz de Leopold

Debido a la estrecha relación existente entre la población de San Juan Tepeuxila y el uso de servicios ecosistémicos, es necesario conocer el impacto ambiental, así como los elementos más afectados en el ecosistema, por lo que la aplicación de la matriz de Leopold ayudó a su identificación.

De acuerdo con Mora-Barrantes, Molina-León, y Sibaja-Brenes (2016) "La evaluación de impacto ambiental consiste en la identificación y valoración de los impactos potenciales de proyectos respecto a los componentes físicos, químicos y biológicos, culturales, económicos y sociales, con el fin de que, mediante la planificación y la correcta toma de decisiones, se desarrollen aquellas actuaciones más compatibles con el medio ambiente" (pág. 133). En general, aplicación de matrices de causa-efecto permiten la elaboración de cuadros, en ellos se coloca tanto las acciones realizadas como alteraciones, de esta forma se puede identificar impactos en determinado objeto bajo estudio (Verd, 2000, pág. 240).

Una de las primeras metodologías creadas para evaluar el impacto ambiental es la matriz de Leopold, la cual es un sistema de información que contiene elementos base para el desarrollo este tipo de evaluaciones. Esta fue creada para el Servicio Geológico del Ministerio del Interior de los Estados Unidos (Cotán, 2007, pág. 3). Sin embargo, su aplicación puede ser aprovechada en múltiples zonas que deseen abordar este tipo de evaluaciones.

Con base en Mora-Barrantes, Molina-León, y Sibaja-Brenes (2016) "El objetivo principal es asegurar que las consideraciones ambientales sean explícitamente expresadas e incluidas en el proceso de toma de decisiones y anticipar, evitar, minimizar y compensar los efectos

negativos sobre el medio ambiente" (pág. 133). Además, Espinoza (2007) menciona que la matriz únicamente sirve para identificar impactos y su causa, que, con las estimaciones de distintos especialistas, se puede valorar la importancia y magnitud de los efectos en la zona bajo estudio (pág. 155).

En general la matriz de Leopold requiere de pocos elementos para su aplicación, se debe considerar factores físicos, biológicos y socioeconómicos, en especial si quien lo valora es un grupo de expertos en distintas materias, por lo tanto, se permite evaluar, reconocer, así como relacionar las causas y efectos desde distintos puntos de vista. Al aplicar la matriz es necesario enfocarla de acuerdo con el proyecto y considerar los efectos de cada acción. Si bien, la aplicación de la matriz es un tanto subjetiva, ya que no hay criterios establecidos para su valoración, se convierte en objetiva debido al conocimiento del evaluador. (Cotán, 2007, pág. 5).

Para la elaboración de la matriz de Leopold, Duarte Verdugo *et al.* (2013) señala 100 acciones, que deben colocarse en columnas, y en filas 88 factores ambientales, de los cuales, únicamente deben ser tomados los necesarios y estar en contexto con el estudio que se desarrolla. Además, considera dos etapas, la primera consiste en realizar una matriz de identificación que se perfecciona para dar comienzo a la segunda etapa, donde se crea la matriz de importancia. En esta última propone realizar una escala de impacto y una de intensidad, utiliza valores del 1 (mínimo) al 10 (máximo) precedida de los signos "+" o "-". Posteriormente se deben adicionar los valores otorgados, la suma de las columnas (acciones) indican grado de agresividad, y por otro lado, la suma de las filas (factores) indican un grado de fragilidad (pág. 8).

Dicho de otra forma, con la matriz de Leopold se pretende identificar la forma en que interactúan las acciones del proyecto con los factores ambientales, se puede conocer el impacto realizado ya sea positivo o negativo, y también puede ser aplicado en cualquier etapa del análisis. (León Peláez, s.f., pág. 22). Una de las ventajas de la matriz de Leopold es que se puede analizar el impacto y magnitud de los factores ambientales (Coria, 2008). Sin embargo, al intentar la reproducción del análisis de un mismo proyecto puede ser complejo, puesto que, al ser una metodología subjetiva, los criterios de la persona que evalúe pueden diferir y asimismo los resultados cambiar.

Para la elaboración de la **Matriz de Leopold para el municipio de San Juan Tepeuxila**, se tomó en cuenta el método utilizado por Cotán (2007) en su estudio llamado: "Valoración de impactos ambientales". Al elaborar trabajo de campo en el municipio de San Juan

Tepeuxila, se identificaron interacciones que impactan de manera negativa a la biodiversidad, pero en especial a la vegetación del municipio.

Con ayuda del programa Microsoft Office Word 365 se elaboró una tabla, se comenzó por enlistar todas aquellas ACCIONES realizadas por las actividades humanas identificadas las cuales se colocaron en las columnas. Así mismo, se registraron todos los elementos que se ven amenazados en AFECTACIONES, se colocaron en filas, las cuales se dividieron en físicas, biológicas y sociales, con la finalidad de ver como impactan las acciones en cada uno de los elementos contenidos en el municipio. El conjunto de acciones y afectaciones dan como resultado una cuadrícula la cual sirvió para dar una ponderación a cada cruce con respecto a su magnitud e importancia.

Si bien Cotán (2007) utiliza una escala del 1 al 10 para calificar a cada acción y afectación con respecto a su magnitud e importancia, donde 1 representa a la alteración mínima y 10 representa la alteración máxima. Para el caso del municipio de San Juan Tepeuxila se hizo una modificación, se ponderó con la escala numérica del 1 al 5 con la finalidad de calificar también con una escala nominal de tal manera que sea práctico el dar una calificación donde 1 es muy bajo, 2 bajo, 3 medio, 4 alto y 5 muy alto; en la cuadrícula únicamente se transcribió la escala numérica de la ponderación ya mencionada.

Posteriormente al haber asignado valores de importancia y magnitud de las acciones en las afectaciones, se continuó con las sumatorias tanto para las columnas como para las filas, donde los resultados expusieron a las afectaciones que obtuvieron mayor alteración por las acciones antrópicas que se realizan en el interior del municipio.

1.10 Esquema metodológico

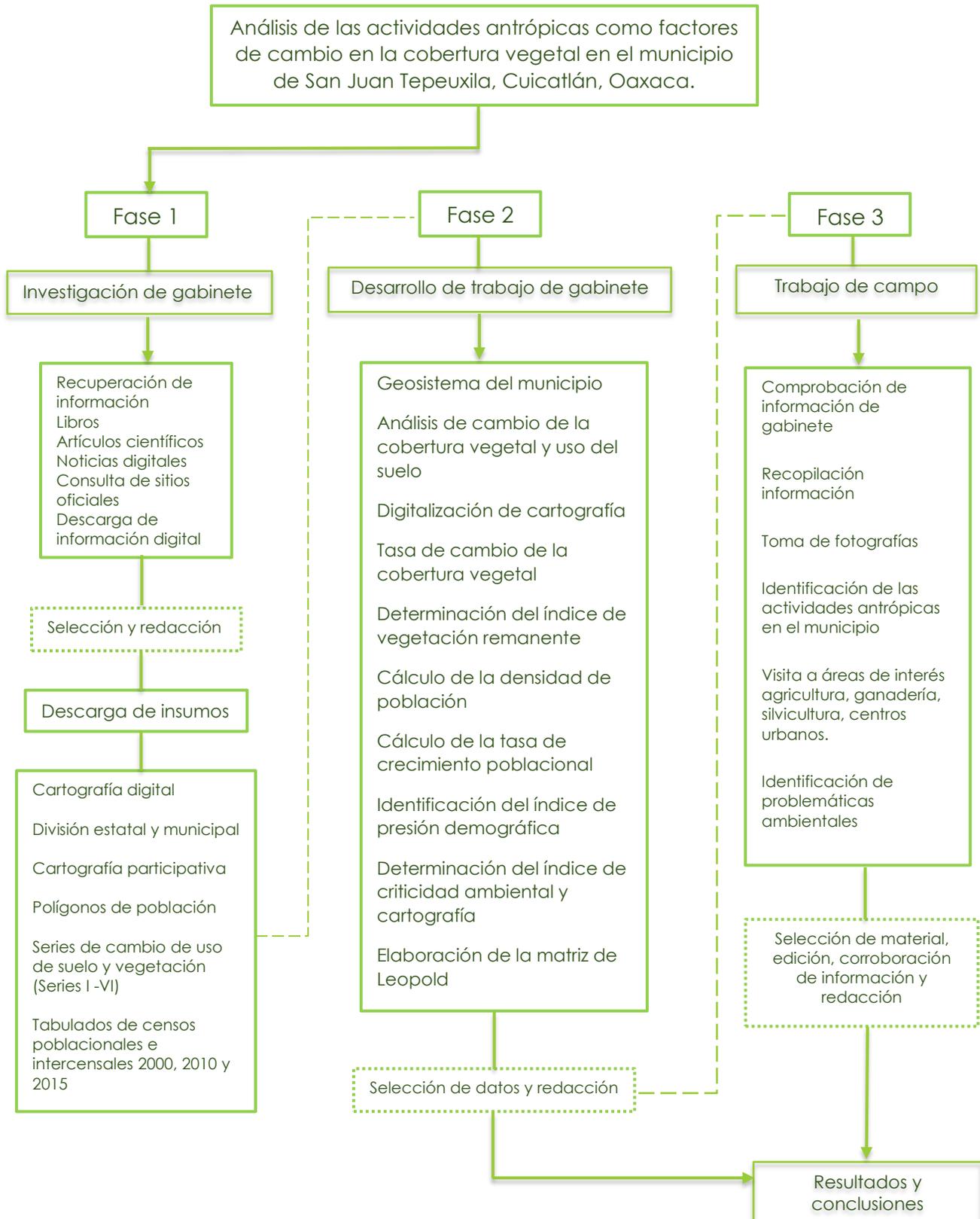


Figura 2. Esquema metodológico

1.11 Propuesta metodológica

ANÁLISIS	INCISO	METODOLOGÍA	VARIABLES	RESULTADOS	APLICACIÓN
Actividades antrópicas como factores de cambio en la cobertura vegetal en el municipio de San Juan Tepeuxila, Cuicatlán, Oaxaca.	A)	Geosistema Cambio de uso de suelo y vegetación	Componentes bióticas, abióticas y antrópicas del municipio. Cartografía digital municipal Cartografía digital localidades Serie I año 1985 Serie II año 1994 Serie III año 2002 Serie IV año 2007 Serie V año 2011 Serie VI año 2014	Elementos que componen al municipio. Modificación espacial de la vegetación originaria del municipio. Actividad antrópica que está impactando espacialmente al municipio.	Conocer la importancia, la función, relación e interacción entre los elementos. Deterioro ambiental por causas antrópicas como agricultura y tala de arboles.
	B)	Tasa de cambio de la vegetación	Cartografía digital municipal Áreas totales de: Serie I año 1985 Serie II año 1994 Serie III año 2002 Serie IV año 2007 Serie V año 2011 Serie VI año 2014	Ganancia o pérdida por tipo de vegetación y uso del suelo, comparativos por años. Magnitud y velocidad con que se elimina la vegetación.	Estrategias para la conservación. Gestión municipal y poblacional.
	C)	Índice de vegetación remanente (IVR) Densidad de población Tasa de crecimiento poblacional Índice de presión demográfica (IPD) Índice de criticidad ambiental (ICA)	Cartografía digital municipal Cartografía participativa Serie VI año 2014 Censo población 2010 Cartografía participativa Cartografía digital municipal Censo de población 2000 Censo de población 2010 Densidad de población del municipio de San Juan Tepeuxila 2010 Tasa de crecimiento de San Juan Tepeuxila 2000-2010 Índice de vegetación remanente Índice de presión demográfica.	Grado de conservación y sustentabilidad del municipio. Distribución de la población dentro del municipio. Crecimiento o disminución de la población municipal. Dinámica interna poblacional (incremento o decremento) y la amenaza a la vegetación por la población. Vegetación con distintos estados de alerta.	Estado de conservación de la vegetación. Concentración espacial de la población. Cambio en la cantidad de habitantes. Extracción de recursos naturales. Propuestas de manejo
	D)	Matriz de Leopold	Componentes físicos, químicos, biológicos y sociales del municipio. Afectaciones antrópicas	Acciones con impacto negativo en los componentes naturales del municipio.	Identificar impacto ambiental

- A)** Objetivo principal: Identificar las actividades antrópicas con mayor impacto en la cobertura vegetal en el municipio de San Juan Tepeuxila, Cuicatlán, Oaxaca.
- B)** Objetivo: Analizar la dinámica espacial de la cobertura vegetal del municipio
- C)** Objetivo: Conocer el grado de presión humana sobre la vegetación de la zona bajo estudio.
- D)** Objetivo: Determinar las afectaciones sociales, biológicas y físicas que ha ocasionado la acción humana sobre la cobertura vegetal.

Tabla 5. Propuesta metodológica

El tipo de investigación generado en este análisis es de tipo cualitativo, así como cuantitativo; por un lado, en la parte cualitativa con base en la percepción, es posible comprender e interpretar la importancia de la vegetación para los habitantes del municipio y el uso que se hace del espacio geográfico natural. En cuanto al desarrollo de la porción cuantitativa se realizaron cálculos matemáticos para su elaboración y comprensión del proceso de pérdida de la vegetación consecuente de la actividad antrópica.

La metodología propuesta [Tabla 5] se segmentó en cuatro secciones diferenciadas en incisos que van de la letra "A" hasta la letra "D". En la sección con el inciso "A", se detalla la metodología que se utilizó para el desarrollo del objetivo principal, el cual es identificar las actividades antrópicas con mayor impacto en la cobertura vegetal en el municipio de San Juan Tepeuxila, Cuicatlán, Oaxaca. En él se utilizó la metodología de geosistema para el reconocimiento de los elementos pertenecientes a la zona bajo estudio. Además, se tomó la metodología de cambio de uso de suelo y vegetación, con la que se analizó la modificación espacial de la vegetación, así como la actividad antrópica que mayor deterioro ambiental de la zona.

El inciso "B" describe el primer objetivo secundario, analizar la dinámica espacial de la cobertura vegetal del municipio. La metodología que se empleó fue el cálculo de la tasa de cambio de la vegetación, que, con las áreas totales de la vegetación y la cartografía digital municipal; se obtuvo la pérdida y ganancia de cada tipo de vegetación, así como la velocidad con la que esta se elimina en el municipio. Este tipo de análisis permite identificar si la gestión ambiental implementada ha sido la adecuada, de lo contrario se puede crear nuevas estrategias para la conservación de la vegetación del municipio.

El inciso "C" muestra la metodología utilizada para el segundo objetivo secundario, conocer el grado de presión humana sobre la vegetación de la zona bajo estudio. Se comenzó por el cálculo del índice de vegetación remanente (IVR). Se empleó la cartografía municipal, la cartografía participativa y la serie seis de uso de suelo y vegetación. Al desarrollar el IVR, se identificó el grado de conservación de la vegetación por cada localidad del municipio. En cuanto al cálculo de densidad de población, se requirió de datos como el censo de población del 2010, así como la cartografía municipal y participativa para identificar la distribución de la población dentro de San Juan Tepeuxila, que ayudó a percatar la concentración espacial de la población en el municipio.

La tasa de crecimiento poblacional es otra metodología que se empleó dentro del mismo bloque del inciso "C" para identificar el crecimiento o disminución poblacional de la zona,

que fue útil para conocer la cantidad actual de habitantes y la tendencia que esta presenta. Otra metodología tomada para el mismo objetivo fue el índice de presión demográfica (IPD), que, para su desarrollo, se tomaron los datos de la densidad de población del municipio, así como el cálculo de la tasa de crecimiento de San Juan Tepeuxila calculado anteriormente dentro del mismo objetivo. Con ellos se pudo identificar la dinámica interna de la población y la amenaza que genera en la vegetación, que sirve para identificar la extracción de recursos y saber el grado de alteración que los mismos pueden llegar a tener. Por último, se requirió de la metodología para desarrollar el índice de criticidad ambiental (ICA), que, para su correcta aplicación, se utilizaron los resultados anteriormente calculados que son el índice de vegetación remanente (IVR) y el índice de presión demográfica (IPD). Una vez realizado el cálculo, arrojó como resultado distintos niveles de alerta en cuanto a la conservación de la vegetación y presión de la población hacia esta; dependiendo la criticidad, el identificar el ICA en el municipio ayuda a tener conocimiento del estado actual de la zona bajo estudio y a la elaboración de propuestas de manejo dependiendo el grado resultante de cada área.

Para finalizar, el inciso "D", la metodología que se realizó es la matriz de Leopold; la finalidad es cubrir con el tercer objetivo secundario en el cual se determinan las afectaciones sociales, biológicas y físicas que ha ocasionado la acción humana sobre la cobertura vegetal. El resultado indica las acciones negativas a los componentes naturales del municipio por parte de la población, y que sirve para identificar el impacto ambiental actual en el municipio de San Juan Tepeuxila.

Capítulo 2. Caracterización del municipio San Juan Tepeuxila

Tepeuxila

El presente capítulo describe aspectos físicos, biológicos, demográficos y económicos que caracterizan al municipio de San Juan Tepeuxila. Si bien el municipio cuenta con escasa cantidad de información disponible para su descripción y análisis, el capítulo trata de extraer los elementos importantes que aporte información concreta y compacta que ayude al desarrollo de este estudio.

2.1 Contexto Físico

Ubicación

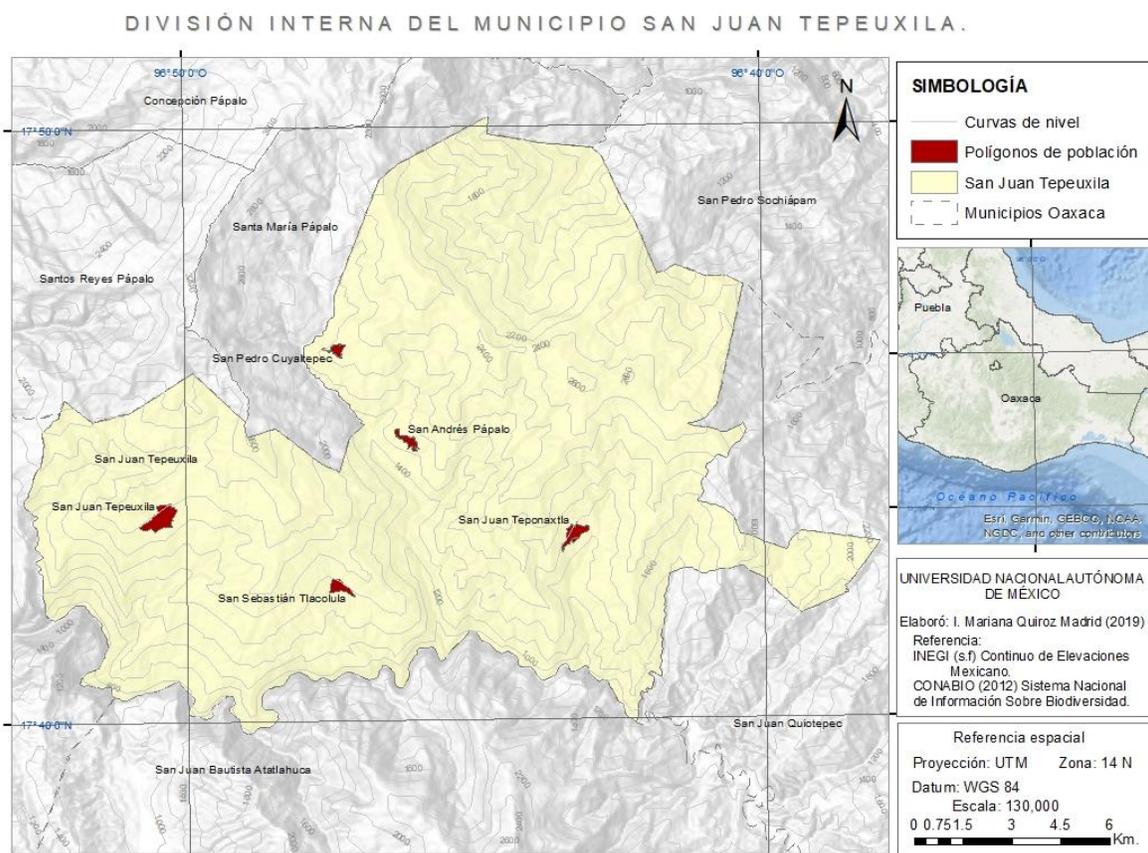
El municipio de San Juan Tepeuxila, se encuentra ubicado en el estado de Oaxaca en la región de la cañada y pertenece al distrito de Cuicatlán (Consejo municipal de desarrollo rural sustentable, 2011-2013), entre los paralelos 17°39' y 17°50' de latitud norte, los meridianos 96°38' y 96°53' de longitud oeste, con una altitud que varía entre 600 y 2 900 m (INEGI, s.f.b). Sus colindancias son al norte con los municipios de Santa María Pápalo y San



Mapa 1. Ubicación del Municipio San Juan Tepeuxila, Cuicatlán, Oaxaca.

Pedro Sochiápam; al este con los municipios de San Pedro Sochiápam y San Juan Quiotepec; al sur con los municipios de San Juan Quiotepec y San Juan Bautista Atalahuca; al oeste con San Juan Bautista Atalahuca, San Juan Bautista Cuicatlán y Santa María Pápalo.

El municipio de San Juan Tepeuxila internamente está dividido en cabecera municipal y agencias de policía: San Sebastián Tlacolula, San Juan Teponaxtla, San Pedro Cuyaltepec y San Andrés Pápalo, y San Juan Tepeuxila es la cabera municipal. Es el municipio 220 del estado de Oaxaca, y tiene una superficie aproximada de 316.16 km² lo que representa el 0.38% de la superficie total del estado (Reyes, 2008-2010).

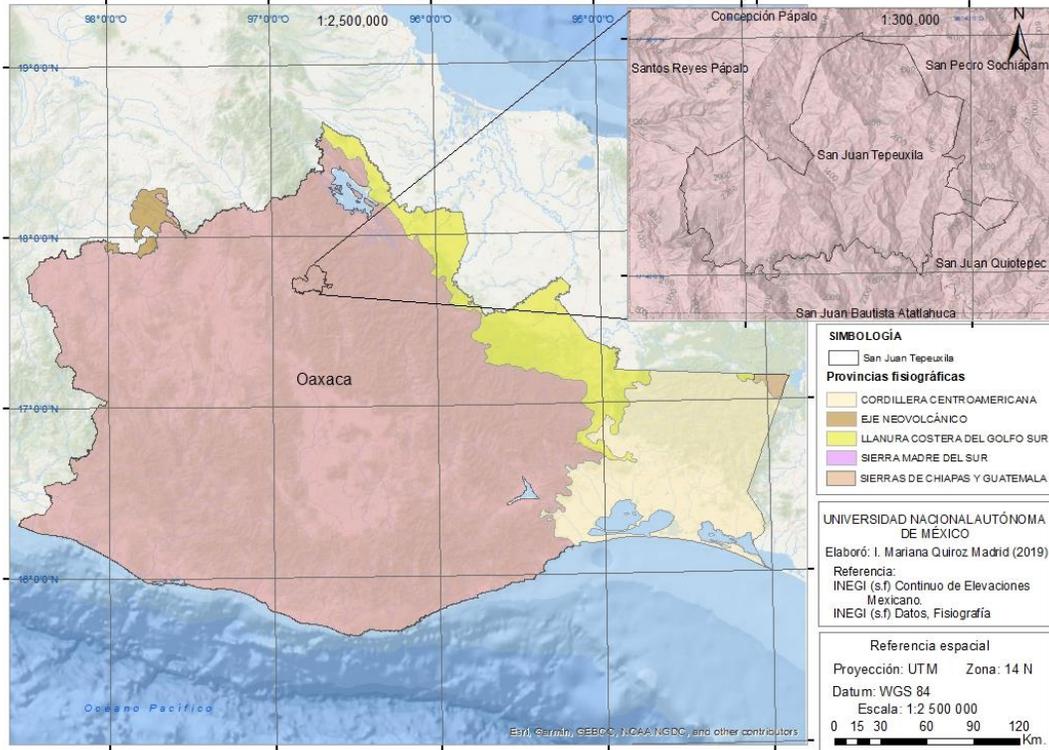


Mapa 2. División interna del municipio de San Juan Tepeuxila.

Fisiografía

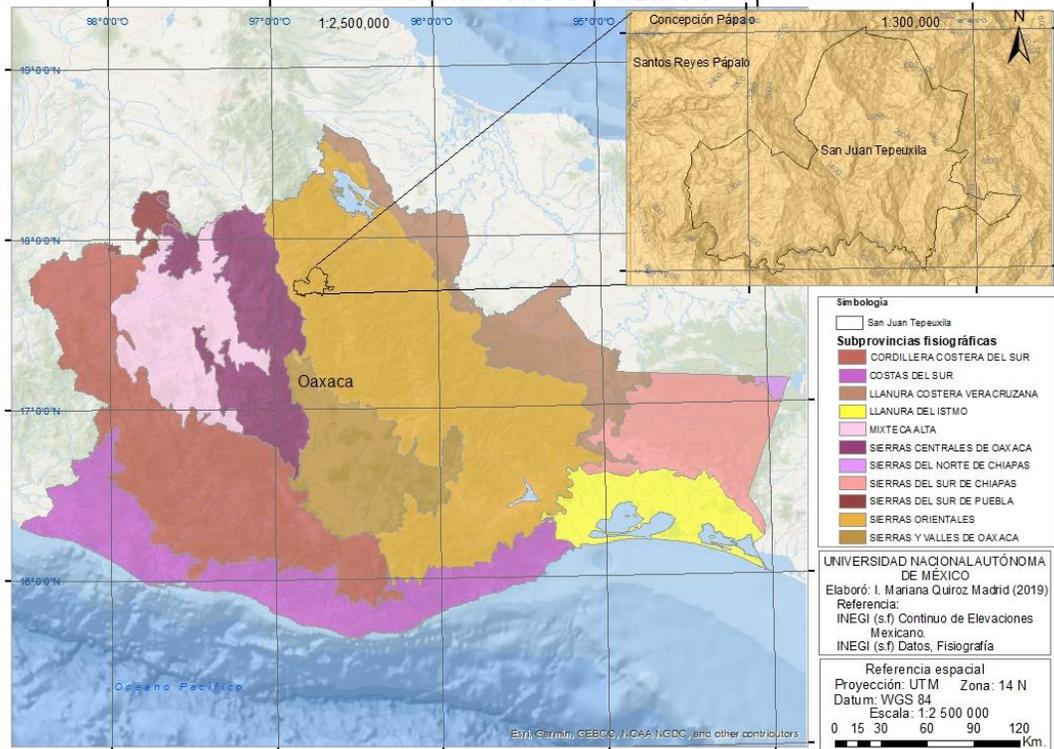
San Juan Tepeuxila se caracteriza por tener una topografía accidentada, con variaciones altitudinales variables. El municipio se localiza dentro de la provincia de la Sierra Madre del Sur, en la subprovincia de las Sierras Orientales. Las topofomas que se pueden encontrar son sierras altas complejas, valle ramificado con lomerío, y sierras de cumbres tendidas (INEGI, s.f.b). En su geomorfología, el municipio se encuentra entre montañas y elevaciones menores, y planicies de acumulación fluviales (Lugo & Córdova, 2007).

UBICACIÓN DEL MUNICIPIO DE SAN JUAN TEPEUXILA EN LAS PROVINCIAS FISIGRÁFICAS DE MÉXICO



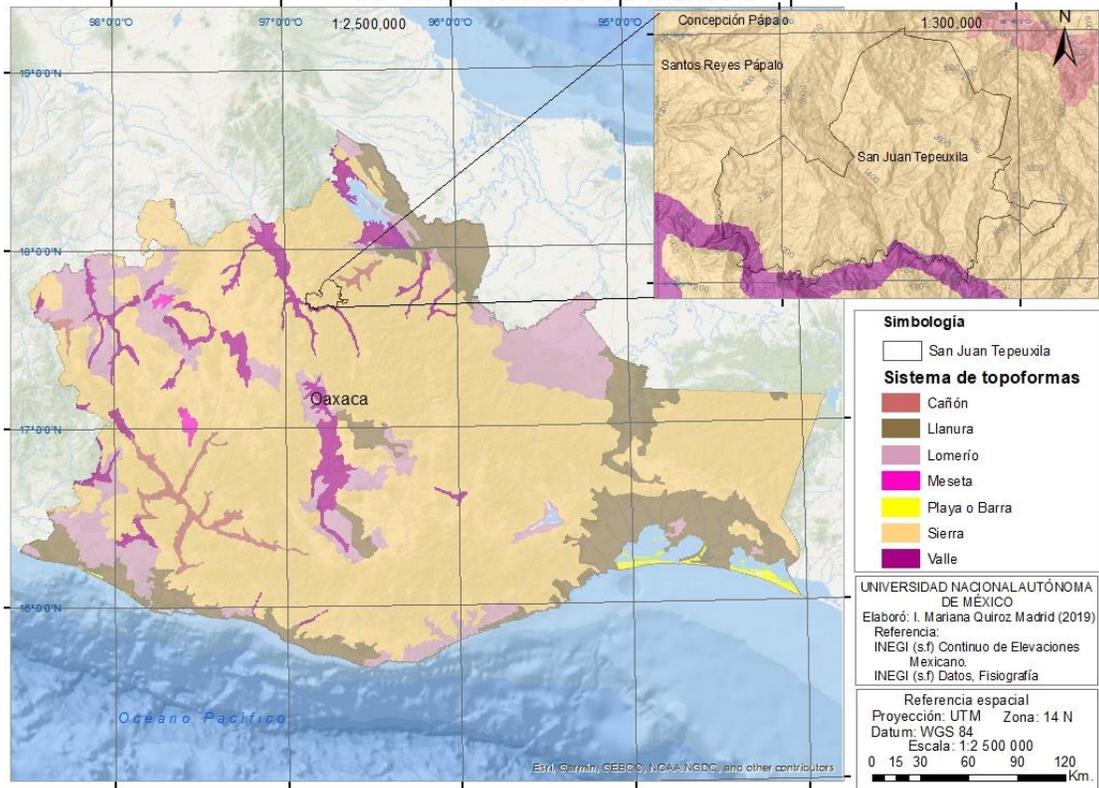
Mapa 3. Ubicación del municipio de San Juan Tepeuxila en las provincias fisiográficas de México

UBICACIÓN DEL MUNICIPIO DE SAN JUAN TEPEUXILA EN LAS SUBPROVINCIAS FISIGRÁFICAS DE MÉXICO



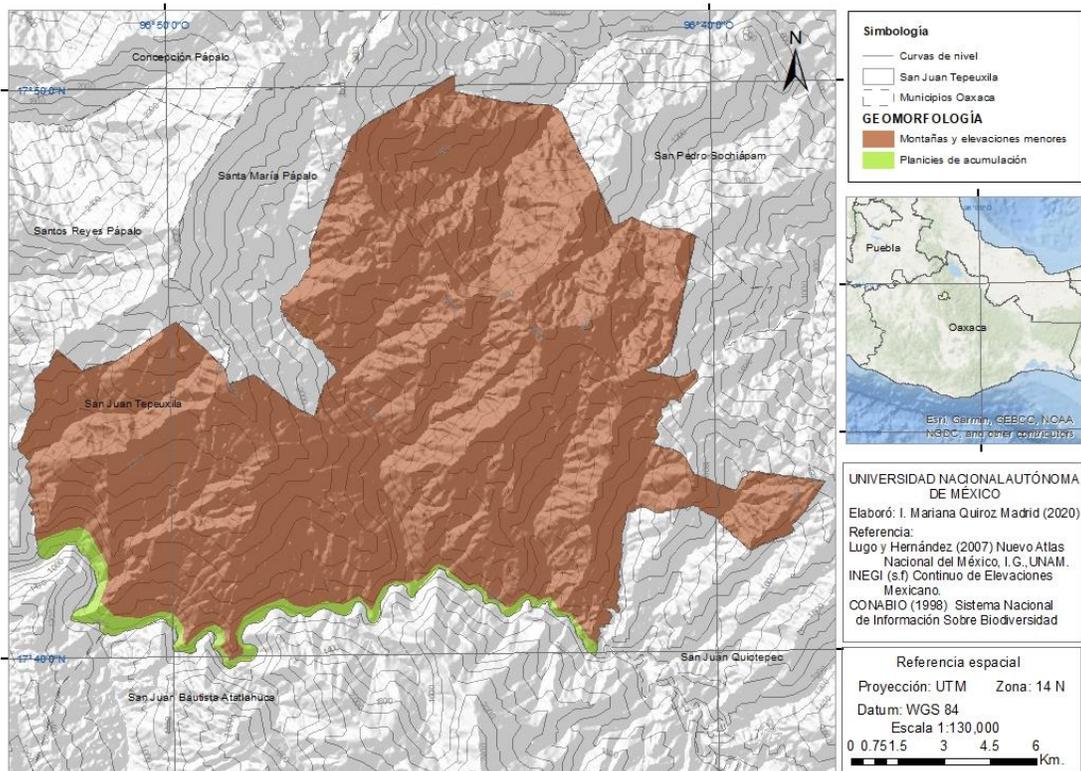
Mapa 4. Ubicación del municipio de San Juan Tepeuxila en las subprovincias fisiográficas de México.

UBICACIÓN DEL MUNICIPIO DE SAN JUAN TEPEUXILA EN EL SISTEMA DE TOPOFORMAS DE MÉXICO



Mapa 5. Ubicación del municipio de San Juan Tepeuxila en el sistema de toposformas de México.

GEOMORFOLOGÍA EN EL MUNICIPIO DE SAN JUAN TEPEUXILA

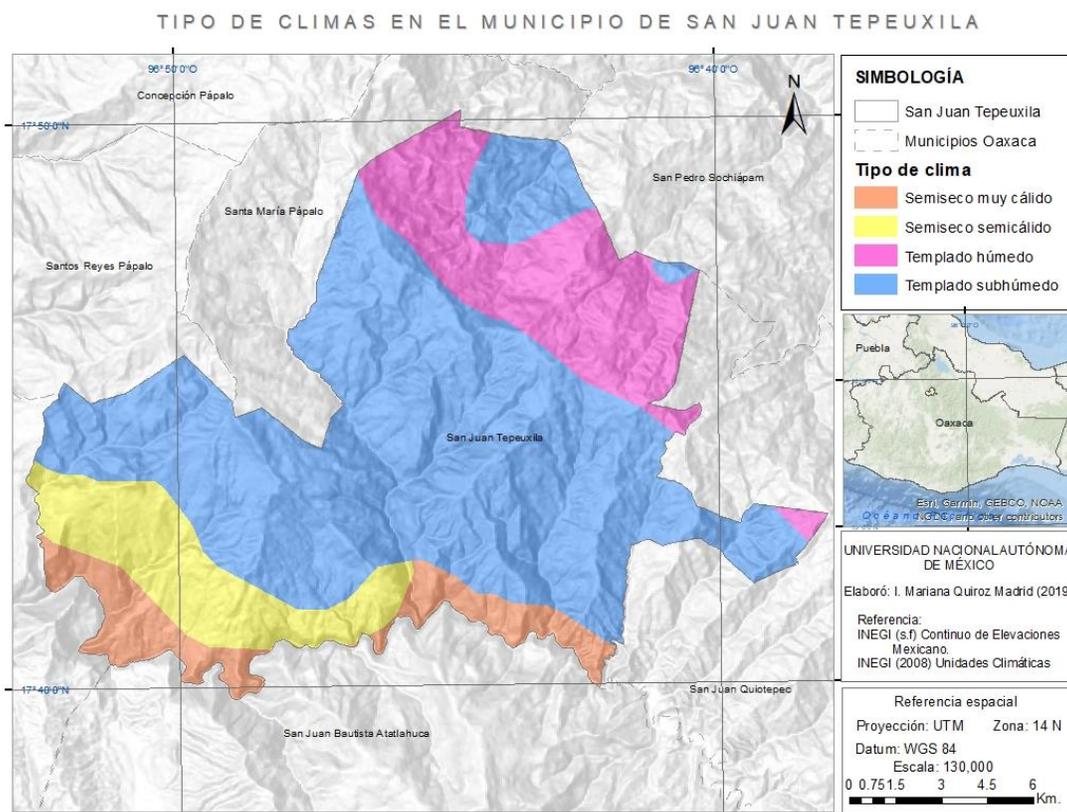


Mapa 6. Geomorfología en el municipio de San Juan Tepeuxila.

Tipos de clima

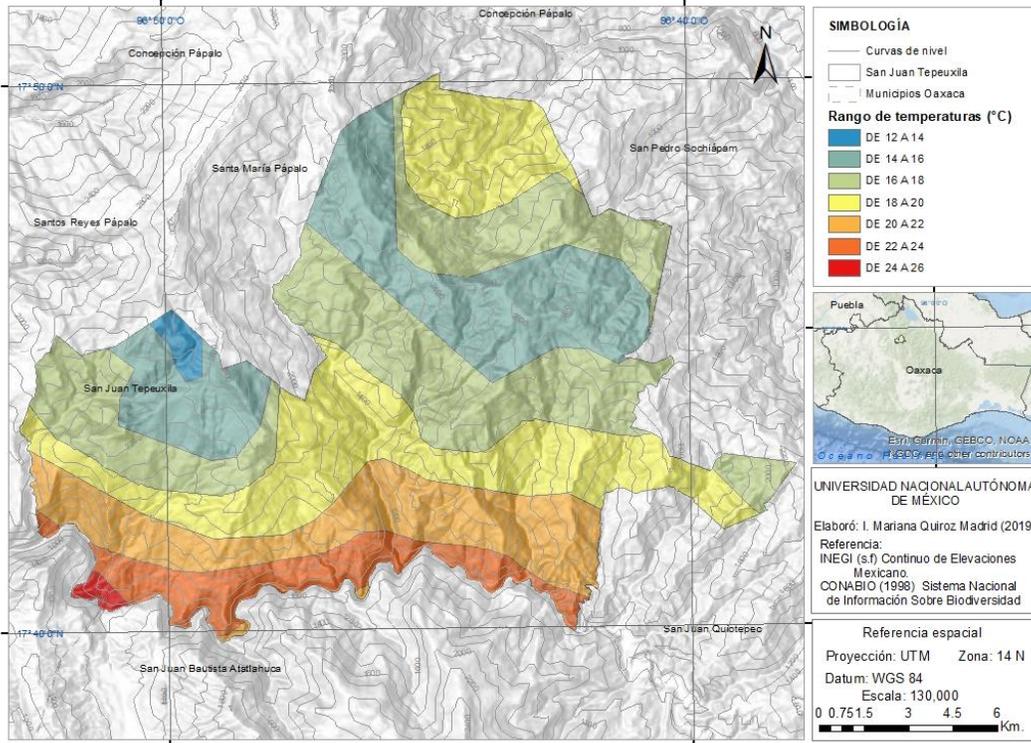
Debido a su variación altitudinal se puede encontrar distintos tipos de climas en el municipio, de acuerdo con la clasificación de Köppen modificado por García, en el municipio existen climas como son el semiseco muy cálido en una pequeña porción seguido por el semiseco semicálido, con una mayor proporción se encuentra el clima templado subhúmedo y por último el clima templado húmedo (García, 1998).

En cuando a la temperatura que se presenta en el municipio, es variable, se puede identificar isotermas que van de los 10°C -12°C como la temperatura más baja y con la más alta que ronda entre los 22°C a 24°C. Por otro lado, las isoyetas que se presentan en el municipio van de los 600 mm al suroeste del municipio incrementando, hasta los 3500 mm en el noroeste del municipio San Juan Tepeuxila, Cuicatlán, Oaxaca (García, 1998).



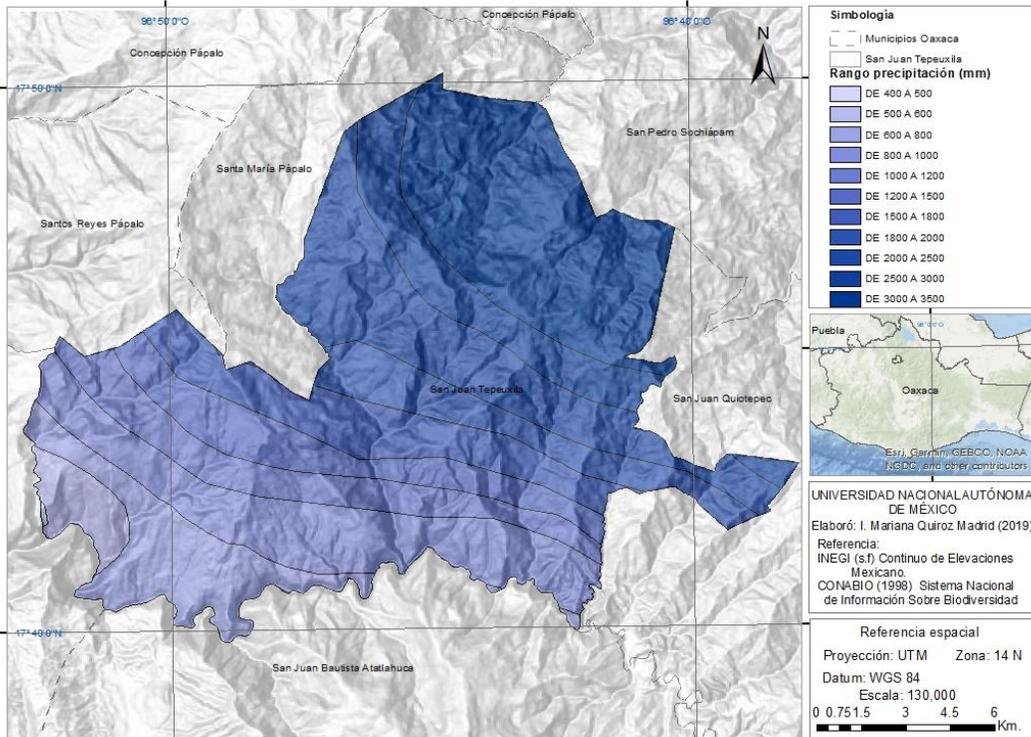
Mapa 7. Tipo de climas en el municipio de San Juan Tepeuxila.

TEMPERATURA EN EL MUNICIPIO DE SAN JUAN TEPEUXILA



Mapa 8. Temperatura en el municipio de San Juan Tepeuxila.

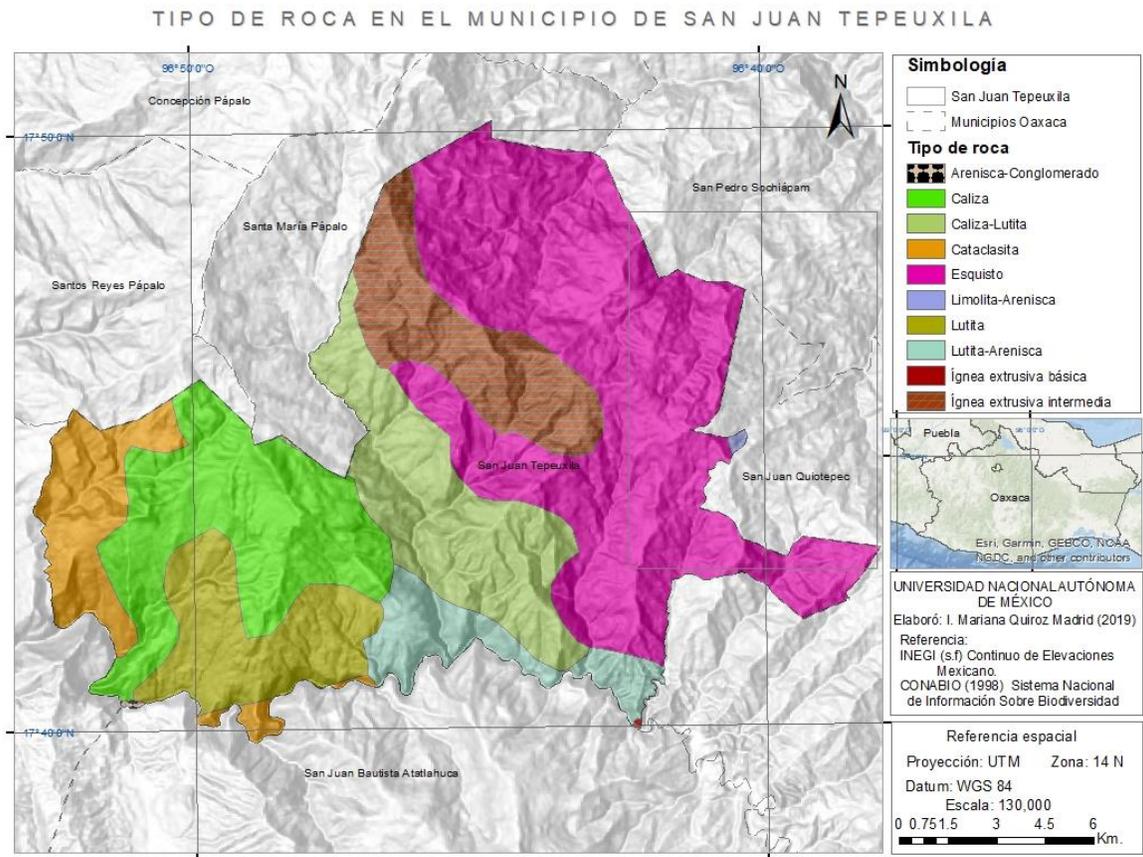
PRECIPITACIÓN EN EL MUNICIPIO DE SAN JUAN TEPEUXILA



Mapa 9. Precipitación en el municipio de San Juan Tepeuxila

Geología

El municipio de San Juan Tepeuxila está formado por rocas de tipo ígneas extrusivas como andesita; por roca sedimentaria entre ellas caliza, caliza-lutita, lutita, lutita-arenisca y arenisca-conglomerado; así como de rocas metamórficas como son esquistos y cataclasita, de la era mesozoico, del periodo cretácico (INEGI, s.f.b).

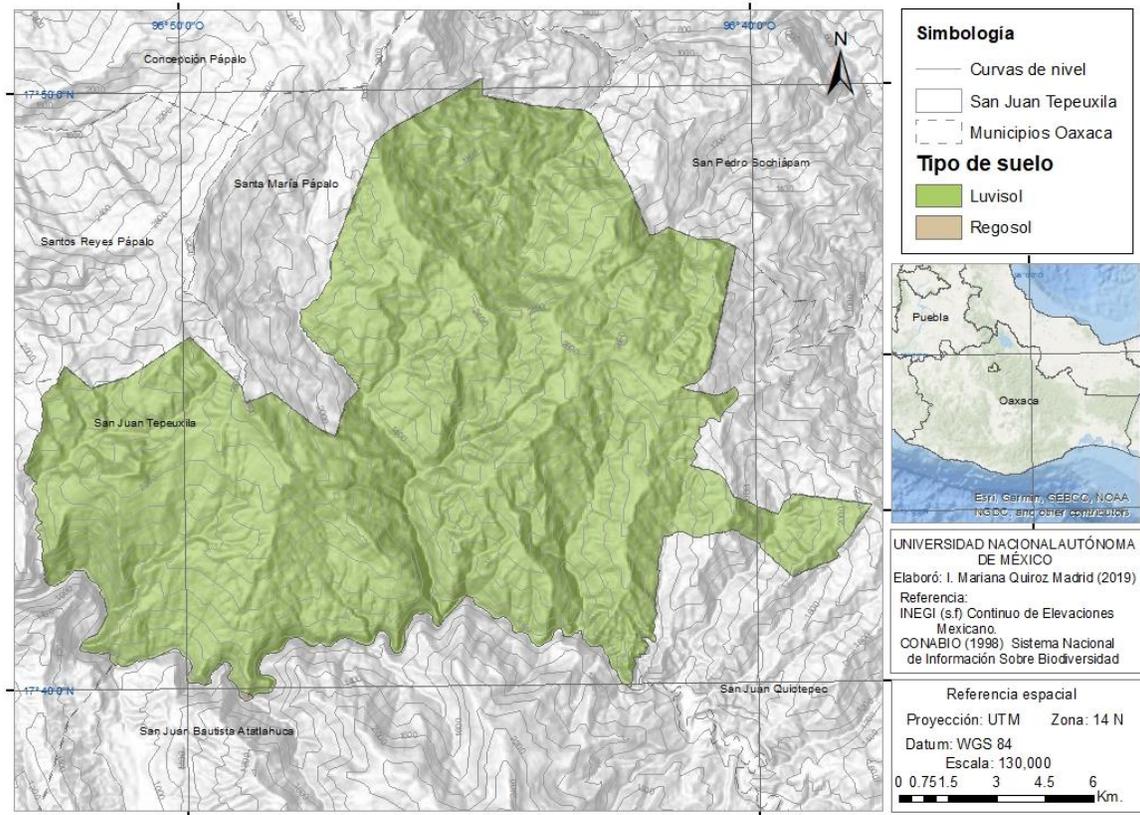


Mapa 10. Tipo de roca en el municipio de San Juan Tepeuxila.

Edafología

Entre los suelos que se pueden encontrar en el municipio son cambisol, regosol, leptosol, acrisol y luvisol. (INEGI, s.f.b). En el mapa 10 [Tipo de suelo en el municipio de San Juan Tepeuxila] se pueden ver datos de la carta 1:1 000 000, donde el suelo que predomina es el luvisol únicamente, esto debido a la escala en el que este documento se trabajó por parte de CONABIO.

TIPO DE SUELO EN EL MUNICIPIO DE SAN JUAN TEPEUXILA

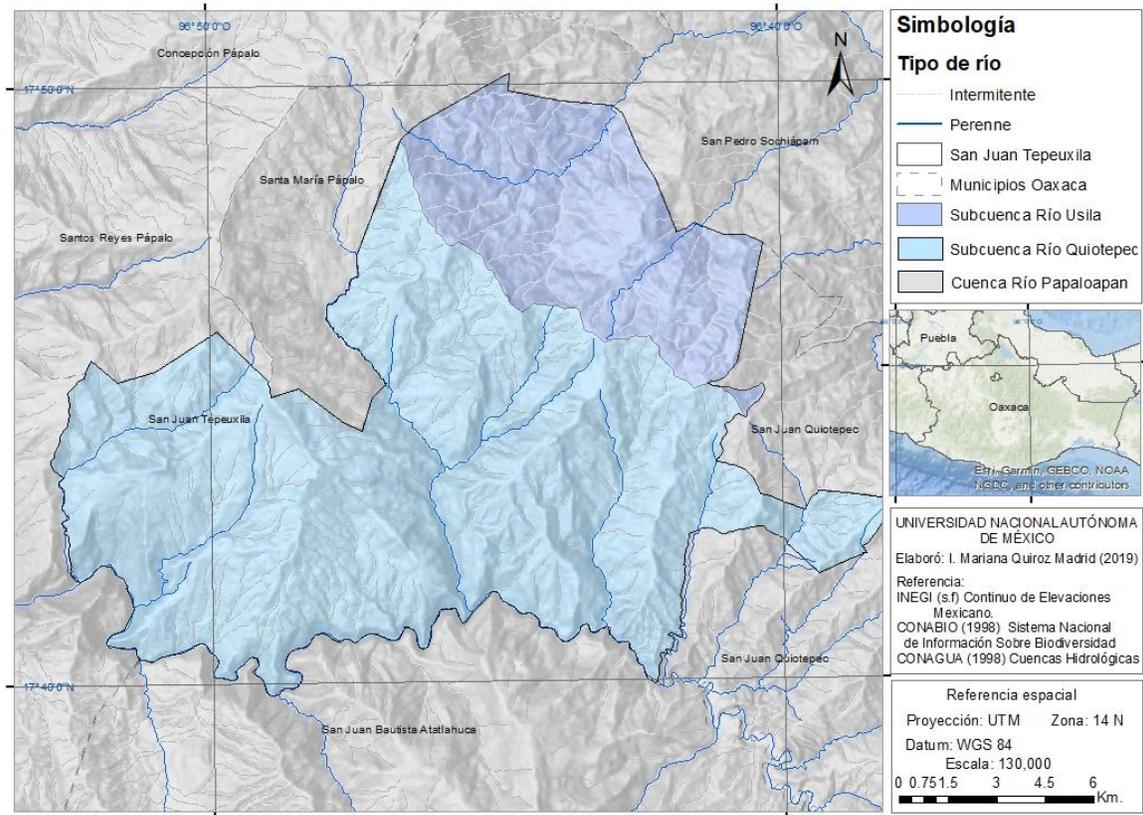


Mapa 11. Tipo de suelo en el municipio de San Juan Tepeuxila.

Hydrografía

El municipio de San Juan Tepeuxila se encuentra en la Región Hidrográfica Golfo Centro y pertenece a la cuenca del Río Papaloapan (INEGI, 2010, b), ya que los afluentes de toda la zona desembocan más adelante en el Río Papaloapan, donde llevan toda esta escorrentía al Golfo de México, ésta cuenca también conocida como RH28 para INEGI, además se divide en subcuencas donde el municipio alberga dos, una de ellas es la subcuenca del Río Usila (RH28Ah) y la subcuenca del Río Quiotepec (RH28Af) (INEGI, s.f.b).

HIDROGRAFÍA EN EL MUNICIPIO DE SAN JUAN TEPEUXILA



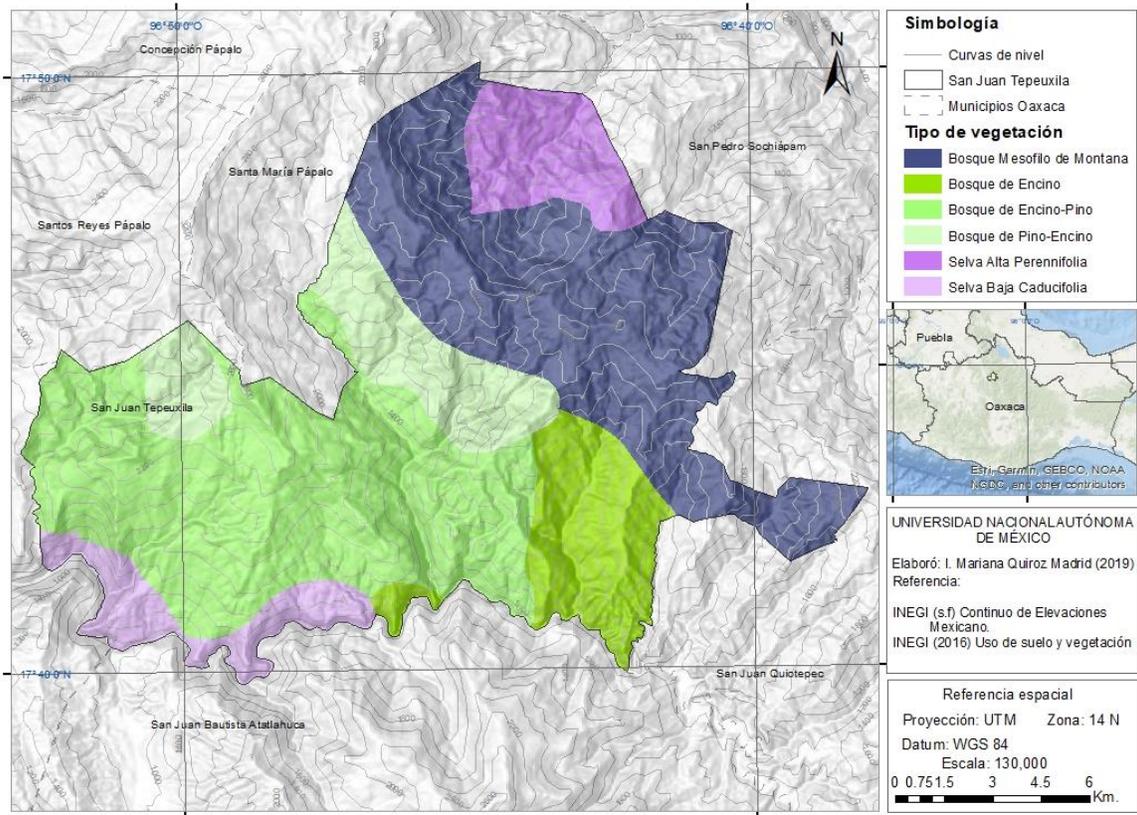
Mapa 12. Hidrografía en el municipio de San Juan Tepeuxila.

2.2 Contexto Biológico

Tipos de Vegetación

Acorde a los datos geográficos de CONABIO (s.f.a), el municipio alberga una gran cantidad de vegetación, entre los tipos de vegetación existe el bosque mesófilo de montaña, bosque de encino; bosque de pino además de sus variaciones (pino-encino, encino-pino), selva alta perennifolia que se localiza en la parte norte del municipio y selva baja caducifolia se ubica en menor proporción al suroeste del municipio.

TIPO DE VEGETACIÓN EN EL MUNICIPIO DE SAN JUAN TEPEUXILA



Mapa 13. Tipo de vegetación en el municipio de San Juan Tepeuxila.

Fauna

De acuerdo con la vegetación que abarca el municipio de San Juan Tepeuxila, en cada uno de ellos hay una variedad especies características, debido a factores como el clima y la misma vegetación. En general dentro del bosque mesófilo de montaña se encuentran distintas variedades de colibríes, ranas y salamancas; en el caso del bosque de pino, bosque de encino y su variación existen serpientes de cascabel, variedades de pájaros carpinteros, una gran cantidad de escarabajos, armadillos, venado cola blanca, zorra gris, mapaches, ardilla gris, puma, lince, entre otros (CONABIO, s.f.b).

En la selva alta perennifolia existen especies como mono araña, osos hormigueros, venado cola blanca, musaraña, tlacuaches, perico verde, tucán real, variedad de tortugas, iguanas, boas, ranas, distintos tipos de insectos como mariposas, hormigas, escarabajos (CONABIO, s.f.d). Dentro de la selva baja caducifolia se encuentra una variedad de fauna como el ocelote, puma, armadillo, comadreja, tejón, también variedades de aves como pericos y cotorros, asimismo reptiles como la iguana verde, tortugas, boa y coralillo (CONABIO, s.f.c).

2.3 Contexto social

Conforme a la encuesta intercensal 2015, el municipio de San Juan Tepeuxila cuenta con una población total de 2 639 habitantes, donde 1 338 son hombres y 1 301 mujeres (INEGI, 2015). Según la división municipal interna la cantidad de población se distribuye de la siguiente manera: en San Juan Tepeuxila (cabecera municipal) residen 485 personas, en San Andrés Pápalo (agencia de policía) habitan 382 personas, dentro de San Juan Teponaxtla (agencia de policía) habitan 679 personas, en San Pedro Cuyaltepec (agencia de policía) residen 665 personas y por último en San Sebastián Tlacolula (agencia de policía) habitan 537 personas (SEDESOL, 2013).

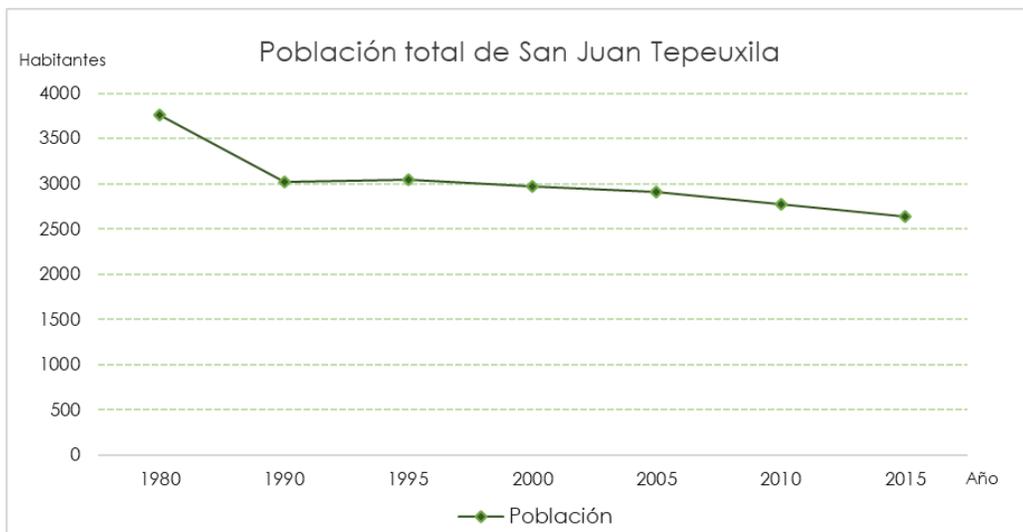


Gráfico 1. Población total de San Juan Tepeuxila de los años 1980 al 2015

Elaboración propia con base en los Censos y Conteos de Población y Vivienda de (INEGI, s.f.c)

En el gráfico anterior (Gráfico 1), se puede analizar la variación de los últimos 35 años censados por INEGI sobre el total de población de los años 1980 al 2015; se identificó una baja constante de habitantes de la zona bajo estudio; en el año 1980 se reportó un total 3 757 habitantes (INEGI, 1980), para el año 1990 existió una disminución de población, se reportaron 3 018 personas (INEGI, 1990). Para los años de 1995 y 2000 la población contrajo su número de 3 045 personas (INEGI, 1995) se redujo a 2 974 (INEGI, 2000), para el año 2005 muestra una ligera disminución de 60 habitantes (INEGI, 2005), situación que continúa para el 2010 que la población disminuye a 2 773 habitantes (INEGI, 2010, a).

2.4 Contexto Económico

De acuerdo con el Censo de Población y Vivienda 2010, la población ocupada del municipio de San Juan Tepeuxila es de 885 personas; donde el mayor porcentaje de la población se dedica al sector primario, en su mayoría en la división ocupacional de trabajadores agropecuarios, seguido por el sector secundario constituido por trabajadores en la industria, en servicios y comercios como administrativos y profesionistas técnicos (INEGI, 2010, a).

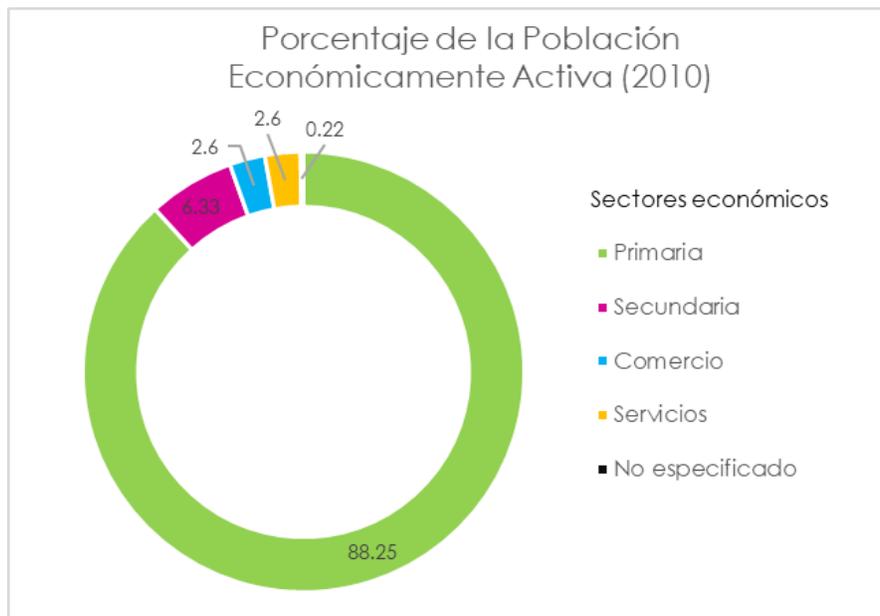


Gráfico 2. PEA de San Juan Tepeuxila

Elaboración propia con base en los Censos y Conteos de Población y Vivienda (INEGI, 2010).

Las actividades como la agricultura, minería, pesca, ganadería y explotación forestal de acuerdo con INEGI (2010) son parte del sector económico primario; en los datos del censo de población y vivienda 2010, el sector antes mencionado es primordial para el desarrollo de la población de la zona bajo estudio.

En el municipio, la superficie destinada a actividades primarias es de 25,414.58 hectáreas. De esta área, la agricultura aprovecha del 89% ya sea en agricultura protegida (invernaderos) y a cielo abierto. La ganadería, así como la explotación forestal, desarrollan sus actividades en poco más del 2% de la superficie destinada a actividades primarias. Cabe de mencionar que existen otras actividades ocupan menos del 1% de la superficie para su desarrollo.

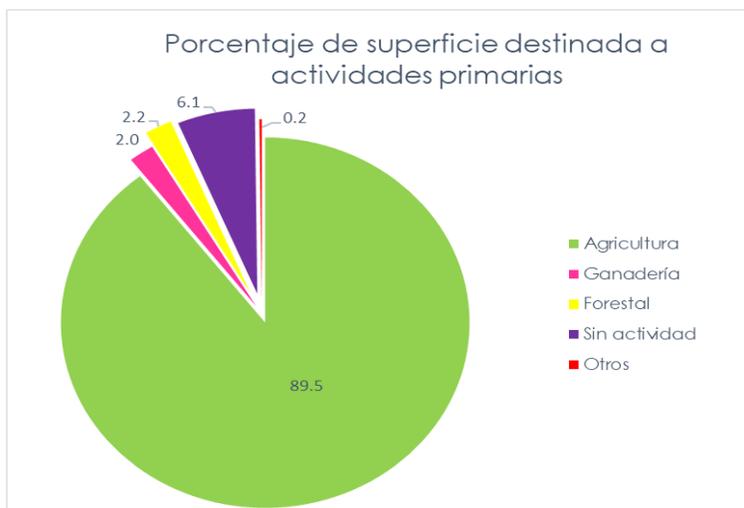


Gráfico 3. Porcentaje de la superficie destinada a las actividades primarias.

Elaboración propia con base en INEGI (2016).

Con base a la información del Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP) el municipio de San Juan Tepeuxila practica la agricultura de riego y temporal, entre la variedad de productos sembrados y cosechados se encuentra el frijol, maíz de grano, jitomate, tomate, aguacate, café cereza y durazno; se reportó para el año 2018 una cosecha de 893.90 hectáreas para los cultivos cíclicos y perennes; para los cultivos de primavera-verano y otoño-invierno se cosechó 718.15 hectáreas (SIAP, 2018. a).

En cuanto a la ganadería existe producción de ganado bovino, porcino, ovino, caprino y ave. Su distribución puede ser en forma de carne en canal, ganado en pie, ave y guajolote en pie, así como otros productos derivados como leche, huevo para plato, miel y cera. Para el año 2018 de acuerdo con el Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP) la mayor producción fue de carne en canal, con una producción de 57,780 toneladas, seguido por la producción de ave y guajolote en pie con 56,510 toneladas (SIAP, 2018. b).

En producción forestal, de acorde con los datos del Estudio Regional Forestal de la Unidad de Manejo Forestal 2010 de la región "Cañada, Oaxaca"; San Juan Tepeuxila cuenta con 3,071.11 ha de terrenos preferentemente forestales; su productividad se divide en alta, media y baja, esta última ocupa la mayor cantidad de hectáreas 4,221.10 para su producción (COFOSA, 2009). El sector secundario es dedicado generalmente a la construcción (Consejo Municipal de Desarrollo Rural Sustentable, 2011-2013).

En cuanto a los servicios terciarios de comercio y servicio San Juan Tepeuxila cuenta con servicios administrativos públicos, orden público, educación, atención a salud y asistencia social, comercio interno y externo, venta al por menor y por mayor, electricidad, red de agua potable, red de drenaje, correo, comunicaciones y transporte terrestre (INEGI, s.f.d).

Capítulo 3. Análisis de la cobertura vegetal

Con este capítulo se pretende cubrir el desarrollo de cada uno de los objetivos descritos para el análisis de la cobertura vegetal del municipio de San Juan Tepeuxila; al aplicar las metodologías requeridas que apoyan al presente estudio se busca conocer el comportamiento y los factores que provocan el cambio en la vegetación del municipal.

3.1 Geosistema del municipio de San Juan Tepeuxila

La interacción de la población del municipio de San Juan Tepeuxila con su entorno está íntimamente ligada, ya que las actividades económicas y sociales desarrolladas se basan en la extracción de recursos naturales, en especial de la vegetación; por lo cual es necesario identificar aquellos elementos bióticos, abióticos y antrópicos que existen en el municipio y la relación e importancia que tienen para la población.

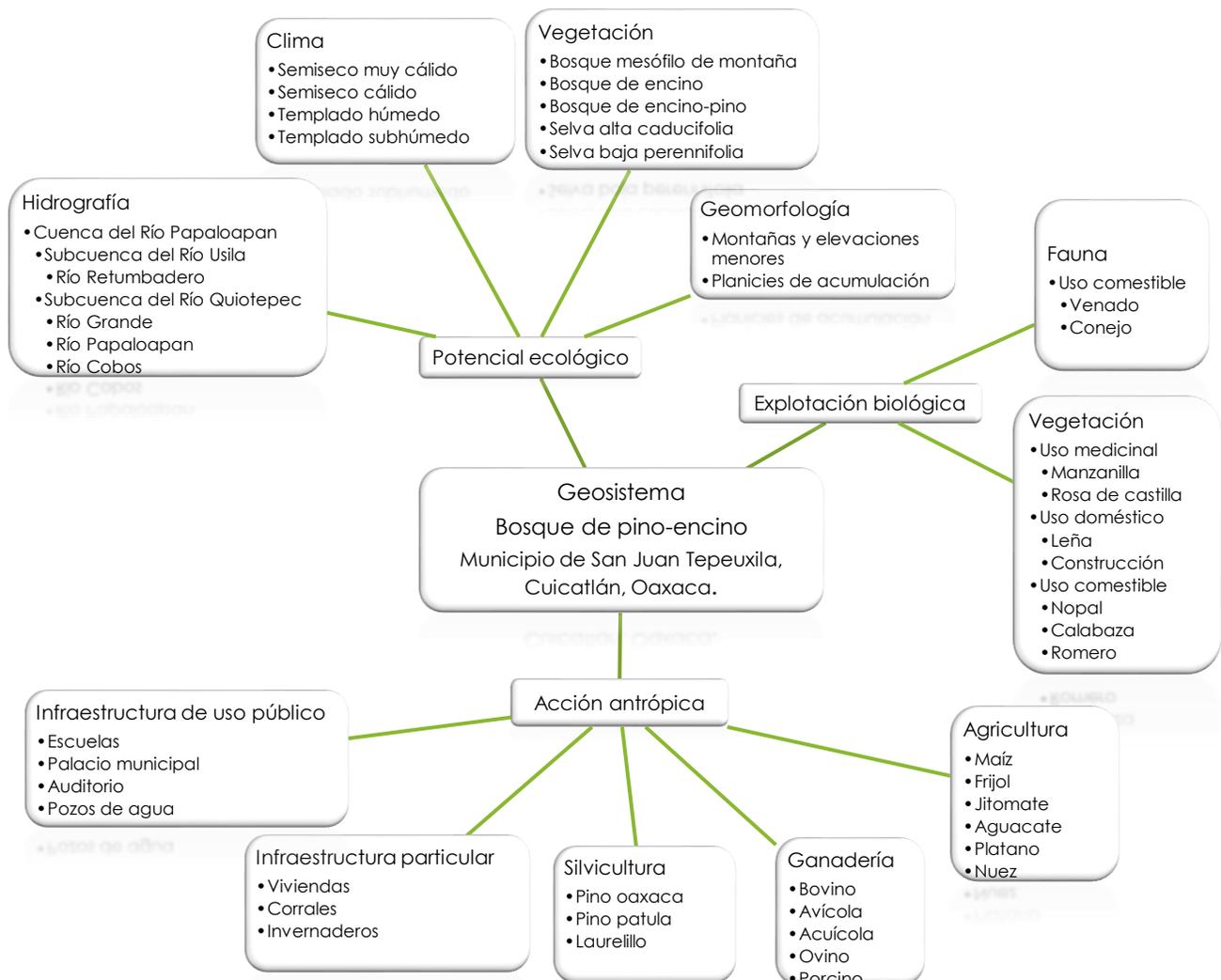


Figura 3. Geosistema de San Juan Tepeuxila.
Elaboración propia, con base en Bertrand (2006).

En municipio predomina la vegetación de bosque de encino-pino, por lo cual se determinó esta como unidad de estudio del geosistema. La figura 3 [Geosistema de San Juan Tepeuxila] está dividida en potencial ecológico, explotación biológica y acción antrópica, donde se identificó su interrelación y su funcionamiento.



Imagen 1. Formación montañosa vista desde San Juan Teponaxtla.

Fotografía:
I. Mariana Quiroz Madrid
Fecha: 17 abril 2019

Debido a su ubicación geográfica, las topofomas que se encuentran en el municipio son de valles y sierras. Debido al relieve abrupto, los climas que se pueden encontrar en la zona de valles son semiseco muy cálido y semiseco cálido; en la zona de sierras se identifican los climas templado húmedo y templado subhúmedo.

Dependiendo de la forma del relieve, así como del clima, se desarrollan distintos tipos de vegetación. En la zona de valles con clima semiseco muy cálido y semiseco cálido, se puede encontrar vegetación de selva baja caducifolia, bosque de encino y bosque de encino-pino. Por otro lado, en la zona de sierras con clima templado húmedo se presenta vegetación de bosque mesófilo de montaña y selva alta perennifolia. En el área de sierras con clima templado subhúmedo se desarrolla vegetación de bosque de encino-pino, bosque mesófilo de montaña, bosque de pino-encino, bosque de encino y selva alta perennifolia.

Otra característica del municipio es el escurrimiento de distintos ríos como el Río Retumbadero que se deposita en la subcuenca del Río Usila el cual fluye hacia la cuenca del Río Papaloapan. El Río Grande o Río Papaloapan, así como el Río Cobos desembocan en la subcuenca del Río Quitepec donde el afluente llega a la cuenca del Río Papaloapan.

La explotación biológica que la población de municipio ejerce, la componen la vegetación y la fauna. En cuanto a la fauna presenta la extracción para el consumo, en especial comestible. La vegetación como recurso, se divide en uso comestible, medicinal, como energía, en el caso de la madera, se empleada en forma de leña, y en la construcción para la elaboración de corrales, muebles, estructuras de casas, ya sea en forma de vigas y columnas.



Imagen 2. Madera para consumo de la población en San Juan Teponaxtla.

Fotografía:
I. Mariana Quiroz Madrid
Fecha: 17 abril 2019

La acción antrópica detalla aquellas actividades que la población realiza y cambia la estructura natural de la zona bajo estudio, así como la estrecha relación tanto con el potencial ecológico y con la explotación biológica. Algunas actividades realizadas en el municipio son la agricultura, ganadería, infraestructura personal e infraestructura de uso público. En la agricultura algunos de los productos que se cosechan son maíz, frijol, jitomate, café cereza, aguacate, chícharo, durazno, limón, plátano y nuez. En la ganadería se tiene ganado porcino, bovino, ovino, caprino y ave. Para la silvicultura algunas especies extraídas son oyamel, encino, pino oaxaca, pino patula y el laurelillo.

Como acción antrópica se clasificó a la infraestructura en uso público y uso personal que se desarrolla en la zona bajo estudio; en la personal se expone a las viviendas, invernaderos, zonas agrícolas y corrales; en uso público se clasifica a las escuelas, unidades de salud, auditorio, palacio municipal, pozos de agua, cableado eléctrico y postes de luz.



Imagen 3. Agencia de policía de San Sebastián Tlacolula.

Fotografía:
I. Mariana Quiroz Madrid
Fecha: 17 abril 2019

La población del municipio se encuentra estrechamente relacionada con el potencial biológico, ya que depende de la explotación de recursos para su desarrollo. La importancia del conocimiento de cada uno de los elementos que constituyen al municipio es de relevancia, ya que la interacción entre las mismas es muy estrecha. Si alguna de ellas se ve afectada cambiaría su estructura y, por lo tanto, se vería alterado al grado de cambiar totalmente su función.

Las actividades antrópicas se han convertido en uno de los factores más impactantes en el territorio municipal, los bosques de pino-encino que abundan en la zona, se ven afectados por su desarrollo. Es claro que actualmente la sociedad necesita de los recursos que el territorio ofrece para generar un integro desarrollo tanto económico como social. Si bien, el municipio de San Juan Tepeuxila tiene una amplia diversidad natural, la sobreexplotación desmedida de sus recursos conlleva a un deterioro enérgico de las comunidades de flora y fauna nativas. El identificar esas actividades que afectan negativamente es de vital importancia para la toma de decisiones y creación de alternativas desde el nivel gubernamental hasta el social. La finalidad es reducir el impacto generado por el hombre con estrategias que aminoren la pérdida de la cobertura vegetal de la zona bajo estudio.

3.2 Análisis de cambio y uso del suelo en el municipio de San Juan Tepeuxila

En el municipio de San Juan Tepeuxila se desarrollan actividades que rompen con la naturalidad y estructura de la vegetación, como es el caso de las actividades antrópicas. En este capítulo se analizaron los cambios espaciales de la vegetación del municipio en los últimos 30 años con base en la sobreposición de mapas. Además, se elaboró el cálculo de la tasa de cambio, que por medio del total de extensión de la cobertura vegetal se identificó pérdida o ganancia de la misma en determinado lapso de tiempo.

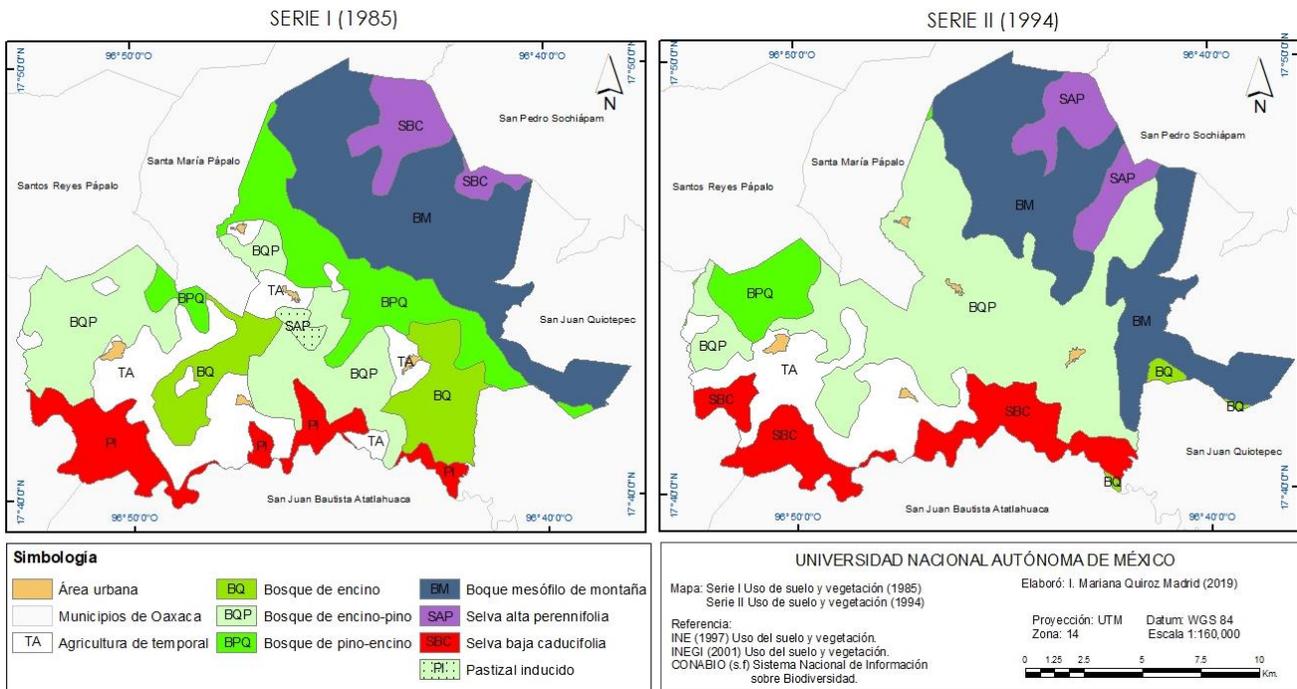
3.2.1 Análisis de la cobertura vegetal de los años 1985-1994

Para identificar la modificación la vegetación se comenzó por la elaborar una tabla con las hectáreas y porcentaje que cada tipo de vegetación que se abarcó en la serie I y la serie II de uso del suelo y vegetación. La tabla 6 indica que la vegetación predominante para el año 1985 fue el bosque mesófilo de montaña con 25.97% de la superficie municipal y con menor extensión se presentó el pastizal inducido con 0.82% del municipio.

	Serie I (1985)		Serie II (1994)	
	Ha	%	Ha	%
Agricultura de temporal	3733.38	14.62	3177.30	12.45
Bosque encino	2723.20	10.67	166.28	0.65
Bosque de encino-pino	5051.14	19.79	9628.92	37.72
Bosque de pino-encino	3500.62	13.71	1208.01	4.73
Bosque mesófilo de montaña	6628.98	25.97	6868.26	26.91
Selva alta perennifolia	1393.58	5.46	1524.61	5.97
Selva baja caducifolia	2287.62	8.96	2954.09	11.57
Pastizal inducido	208.95	0.82	0.00	0.00
Total	25527.47	100.00	25527.47	100.00

Tabla 6. Comparación de la vegetación de la Serie I (1985) y Serie II (1994)

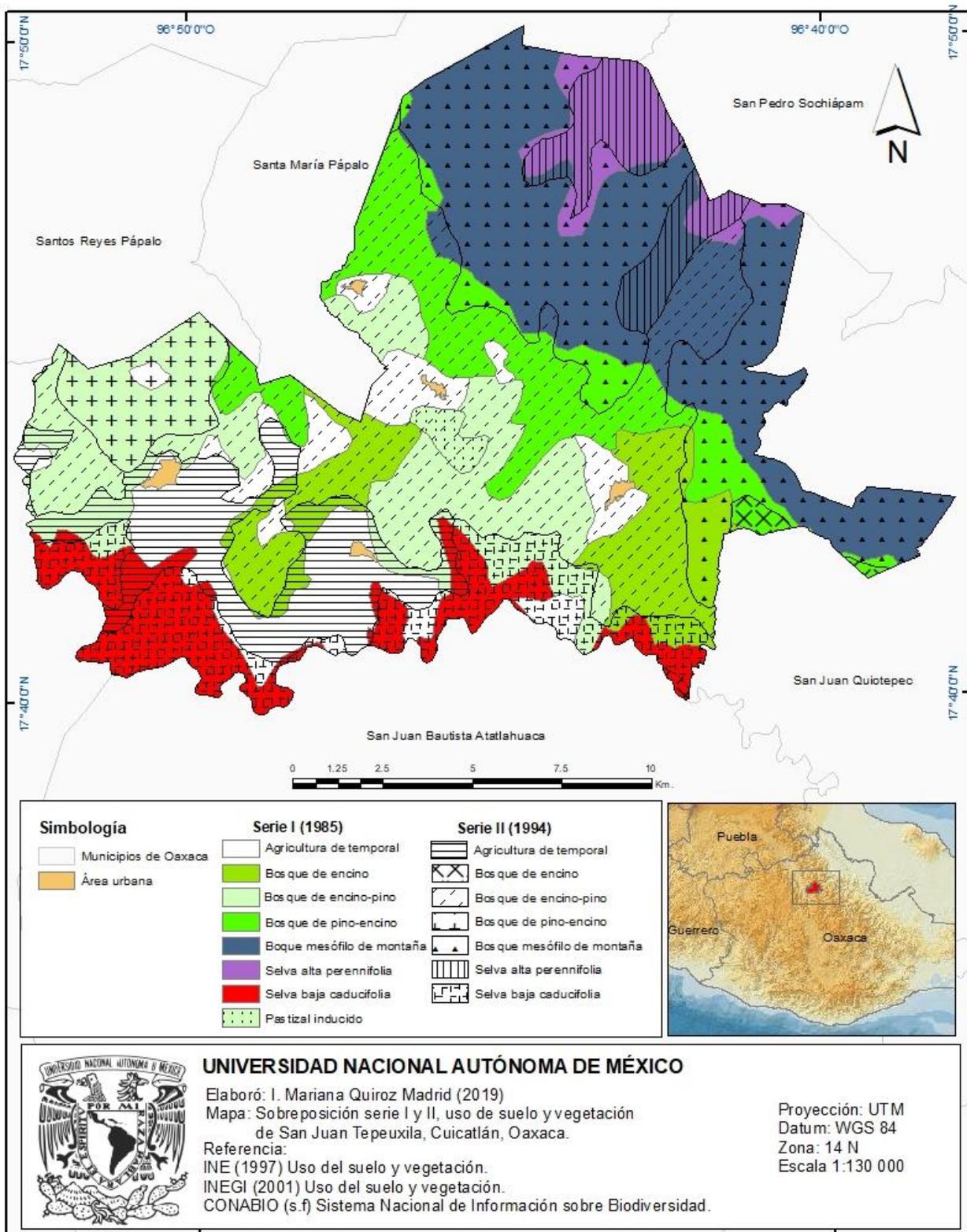
En los datos mostrados [Tabla 6. Comparación vegetación de la Serie I (1985) y Serie II (1994)], la serie II de año 1994 muestra la extensión en porcentaje y hectáreas; en este año la vegetación predominante en el municipio fue el bosque de encino-pino con 37.72%; el bosque de pino-encino con 4.73% pasó a ser la vegetación con menor extensión superficial.



Mapa 14. Comparación de la Serie I y Serie II de uso del suelo y vegetación de San Juan Tepeuxila.

En el mapa 14 se puede observar cómo se dispone la vegetación para los años 1985 y 1994 en el municipio de San Juan Tepeuxila, en ambos se nota la irregularidad de los polígonos de la vegetación debido a que la agricultura de temporal se ve presente insertándose en la vegetación nativa del municipio. A simple vista en la serie I, el bosque mesófilo de montaña resalta como la vegetación más extensa. En la serie II cambia esa percepción, ahora el bosque de encino-pino salta a la vista como la vegetación sobresaliente por su extensión espacial.

Al elaborar la sobreposición de la cartografía digital de la serie I y II del municipio [Mapa 15 Sobreposición de la serie I y la serie II de San Juan Tepeuxila], se puede identificar espacialmente la variación de la vegetación. Los colores, así como los achurados expresan un tipo de vegetación y en conjunto se distingue la expansión, contracción, así como cambios en cada uno de los polígonos que se disponen dentro del municipio que se estudia.



Mapa 15. Sobreposición de la serie I y la serie II de San Juan Tepeuxila.

Es importante mencionar que la serie I y la serie II tienen una diferencia de 9 años en la toma de sus datos. Por lo tanto, el que la vegetación presenta un cambio grave en algunas de sus cubiertas, denota la existencia de factores importantes que alteran de manera importante a la vegetación que abarca el municipio.

En el gráfico 4, el cual contiene los datos calculados de la tasa de cambio, se observa la modificación en la vegetación de ambos años. Algunas de las coberturas se tornaron afectadas ya que se perdió extensión territorial, el bosque de pino- encino que se aproximó a una pérdida total. No obstante, la vegetación de pastizal inducido se eliminó por completo, al igual que el bosque de encino.

Así como existió pérdida en este análisis, también la vegetación mostró ganancia en algunos de sus polígonos. La tasa de cambio indica que el bosque mesófilo de montaña, selva alta perennifolia y selva baja caducifolia incrementaron, pero sobresale el bosque de encino-pino entre ellas.

Al ser el primer análisis de la vegetación, es importante hacer énfasis en la agricultura ya que disminuyó su extensión, a modo que favoreció a los demás tipos de vegetación que lograron sobreponerse en otras coberturas y lograr así un incremento en sus áreas. Por consiguiente, es necesario identificar si la agricultura continúa como el factor que produce un incremento o decremento en los demás tipos de vegetación para los años siguientes que se analizan.

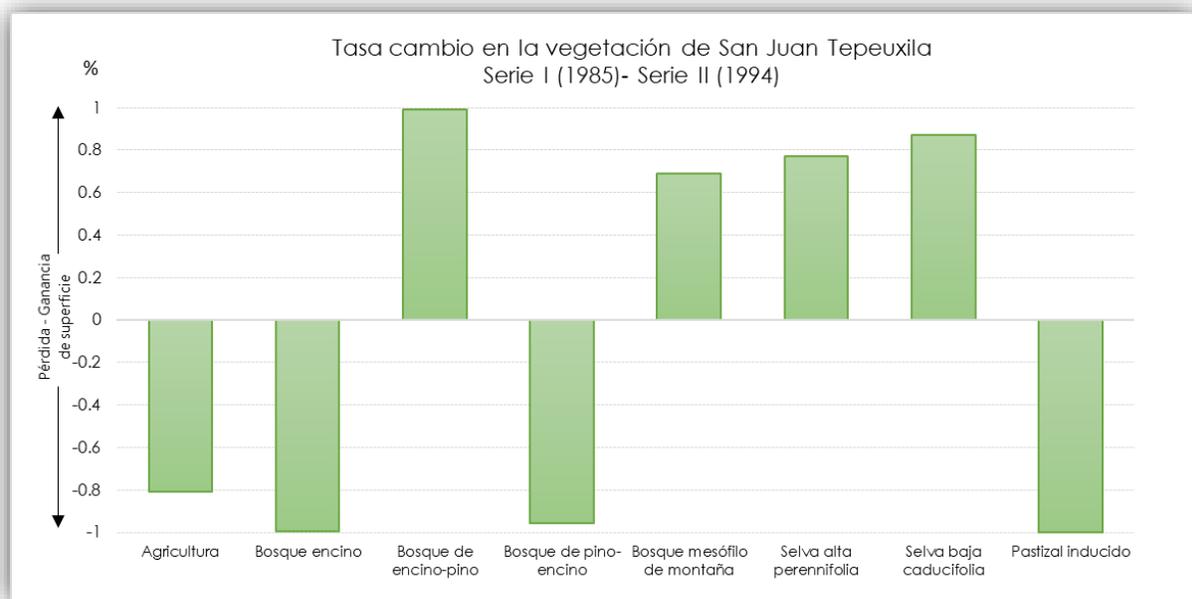


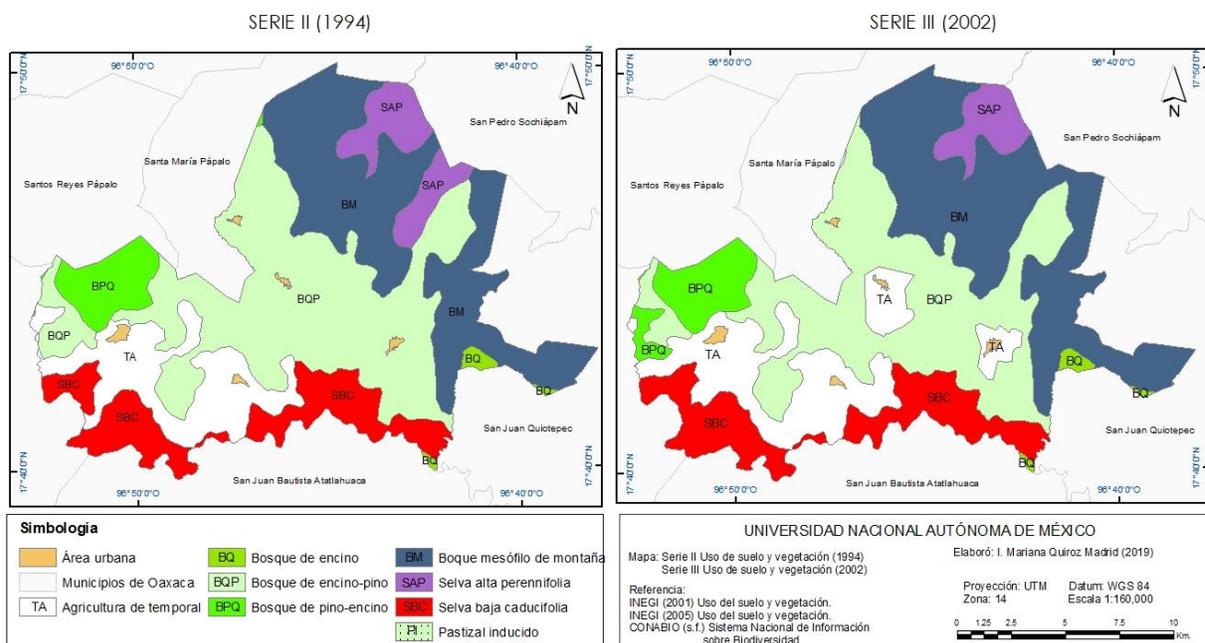
Gráfico 4. Tasa de cambio de la vegetación serie I (1985) y serie II (1994).

3.2.2 Análisis de la cobertura vegetal de los años 1994-2002

La extensión de la vegetación de la serie II (1994) y serie III (2002) indica en porcentaje y hectáreas en la tabla 7. Para la serie II se puede observar que del 100% de la vegetación municipal 37.72% pertenece al bosque de encino-pino, seguido por el bosque mesófilo de montaña con 26.91% y la agricultura se posiciona con 12.45% que equivale a 3,177.30 hectáreas. En la misma tabla, pero en los datos de la serie III se aprecia con mayor cantidad al bosque de encino-pino con 32.55% y con menor al bosque de encino con 166.28 hectáreas equivalente al 0.65% del territorio municipal.

	Serie II (1994)		Serie III (2002)	
	Ha	%	Ha	%
Agricultura de temporal	3177.30	12.45	4169.49	16.33
Bosque encino	166.28	0.65	166.28	0.65
Bosque de encino-pino	9628.92	37.72	8309.87	32.55
Bosque de pino-encino	1208.01	4.73	1435.42	5.62
Bosque mesófilo de montaña	6868.26	26.91	7465.63	29.25
Selva alta perennifolia	1524.61	5.97	927.22	3.63
Selva baja caducifolia	2954.09	11.57	3053.54	11.96
Pastizal inducido	0.00	0.00	0.00	0.00
Total	25527.47	100.00	25527.45	100.00

Tabla 7. Comparación vegetación de la Serie II (1994) y Serie III (2002)



Mapa 16. Comparación de la Serie II y Serie III de uso del suelo y vegetación de San Juan Tepeuxila

Existió un espacio de 8 años entre la toma de datos de ambas series. Sin embargo, la vegetación se mantuvo a pesar de las fuertes actividades agrícolas en el municipio. En el mapa 15 [Comparación de la Serie II y Serie III de uso del suelo y vegetación de San Juan Tepeuxila] se observa la modificación del bosque de encino-pino al centro del municipio, ya que la agricultura de temporal se desarrolló en este punto. Al realizar la sobreposición de la cartografía digital de los años 1994 y 2002 [Mapa 16 Sobreposición de la serie II y la serie III de San Juan Tepeuxila] se observa cambios en la vegetación, en especial de sus orillas, como es en el caso de la agricultura donde se nota una expansión en distintas direcciones. Así mismo, se observa la importante supresión de parte de la vegetación de la selva alta perennifolia al noreste del municipio.

El análisis de la tasa de cambio para estos años que se detalla en el gráfico 5, muestra la ganancia y pérdida de la vegetación. El panorama para la mayor parte de la vegetación fue bueno, ya que presentó ganancias. Esto puede atribuirse a que, durante esos 8 años, la vegetación retomó zonas donde se desarrollaba la agricultura y aumentó su extensión. Sin embargo, también existió una fuerte pérdida, el bosque de encino-pino y selva alta perennifolia se vieron impactados, lo cual puede atribuirse al crecimiento de la agricultura en el municipio.

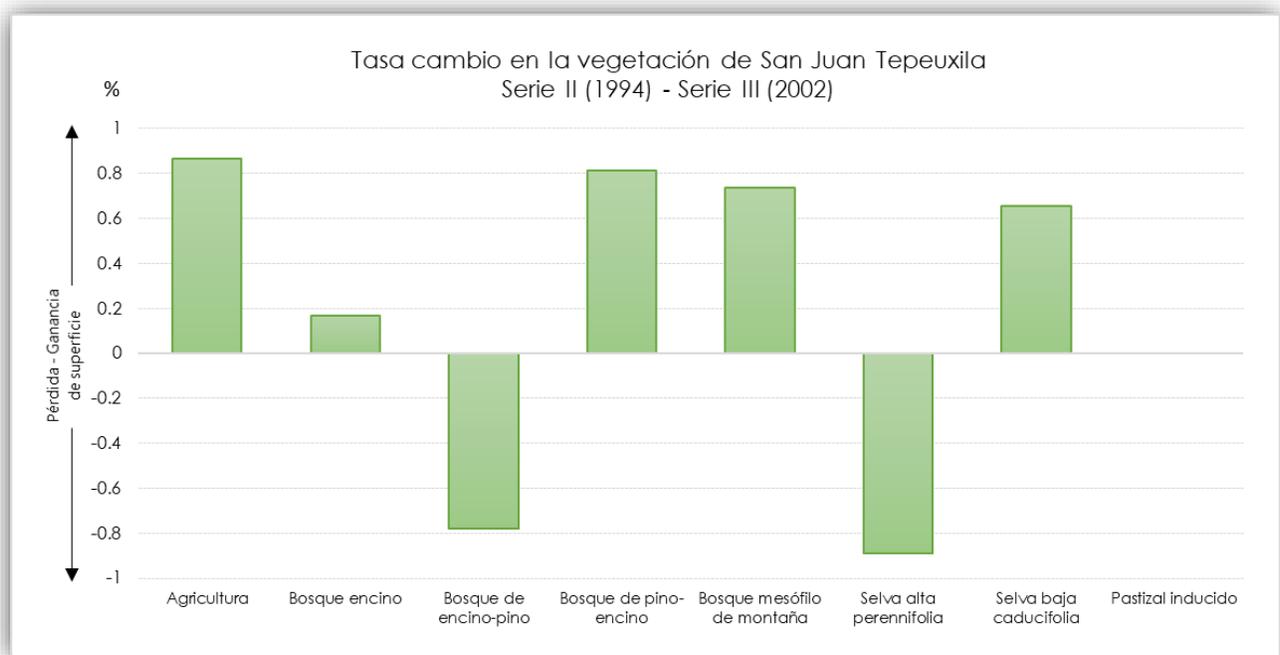
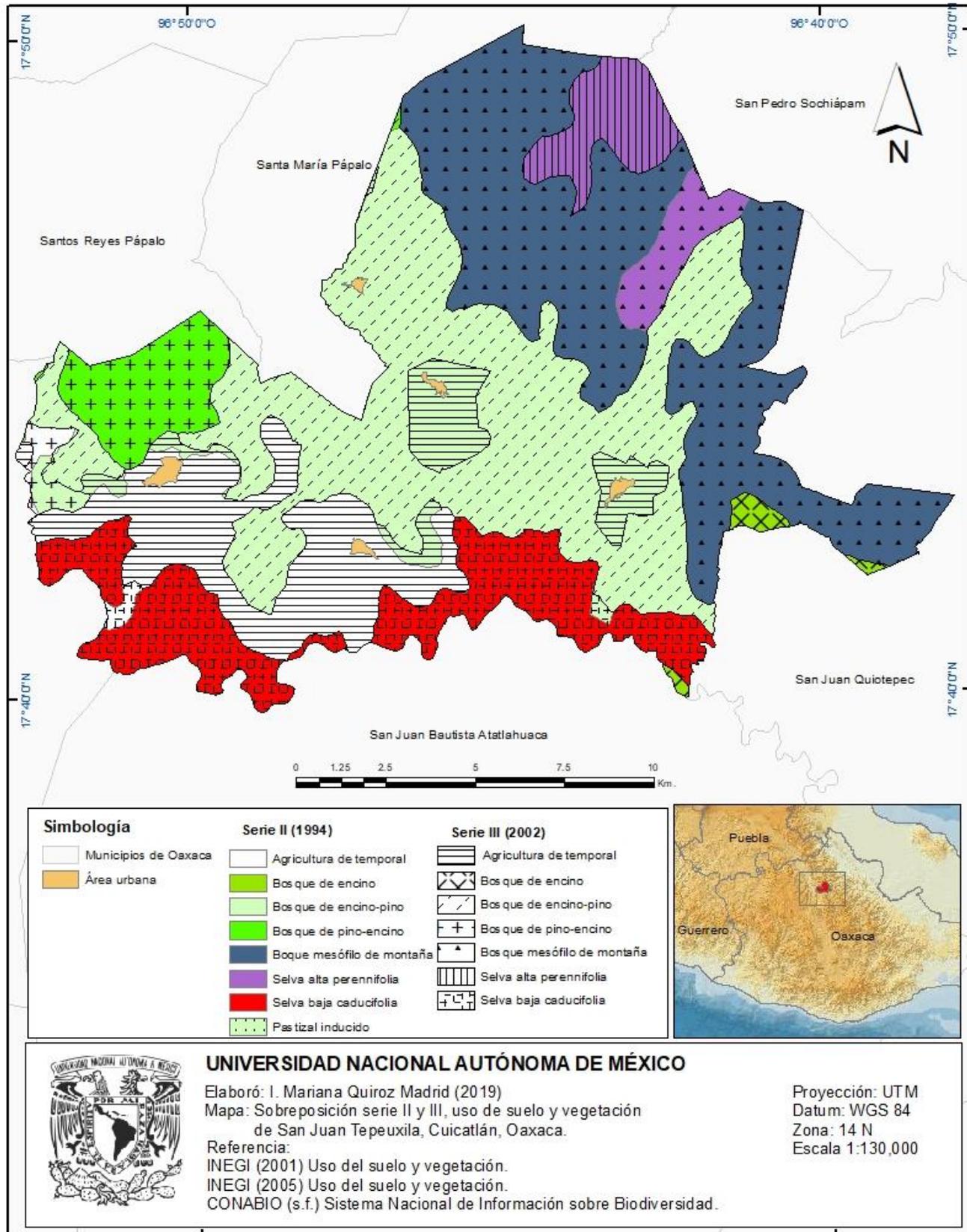


Gráfico 5. Tasa de cambio de la vegetación serie II (1994) y serie III (2002).



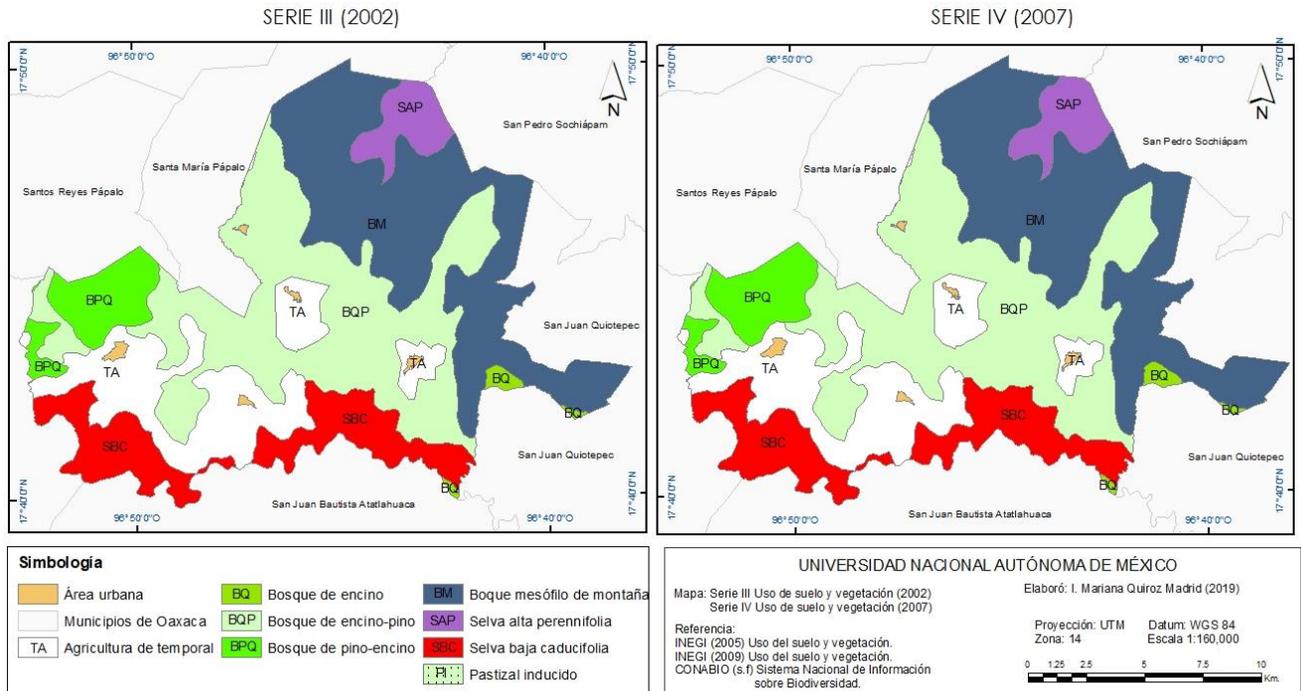
Mapa 17. Sobreposición de la serie II y la serie III de San Juan Tepeuxila

3.2.3 Análisis de la cobertura vegetal de los años 2002-2007

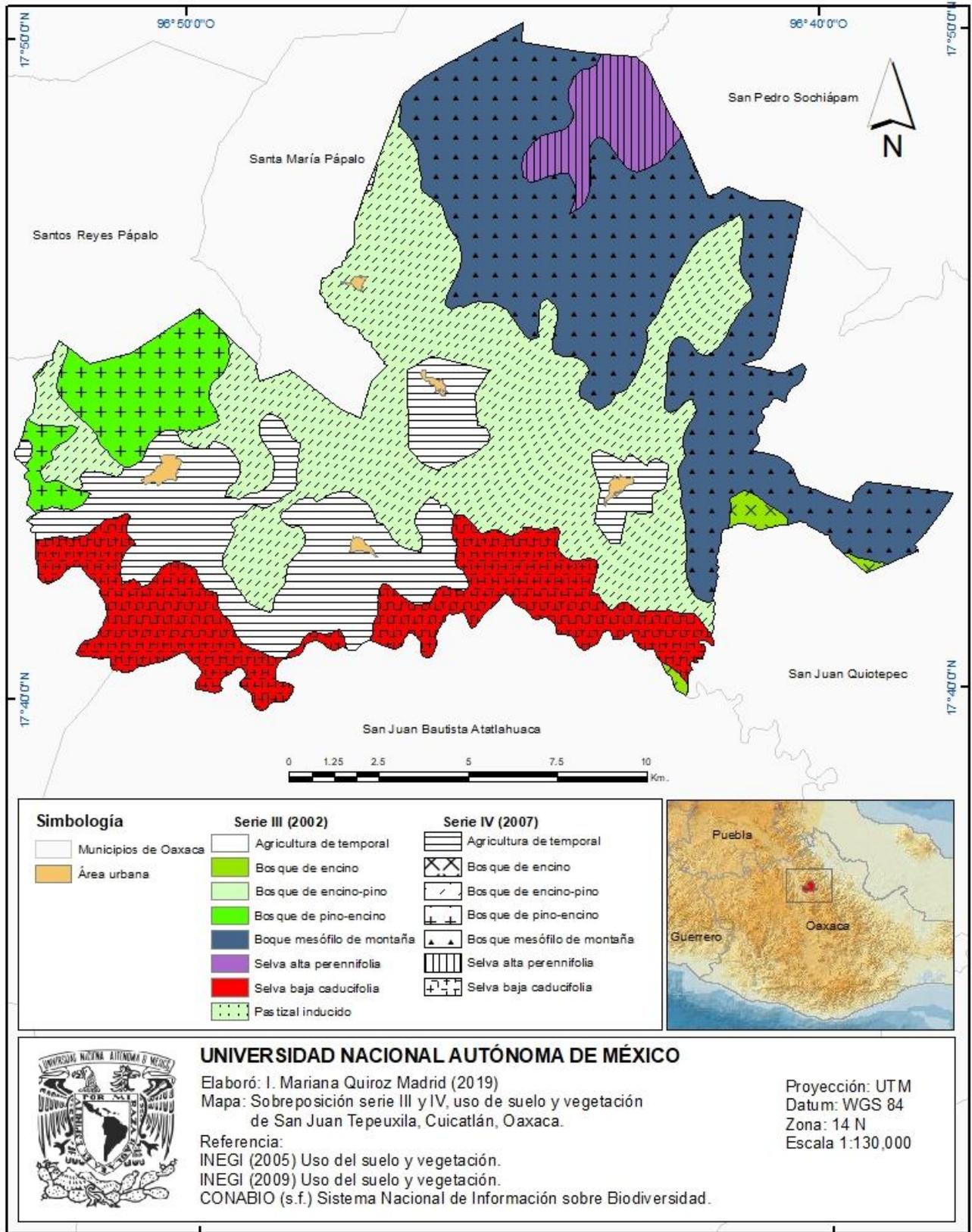
En la comparación de los datos de las series III y IV en la tabla 8, la modificación en la vegetación no fue aparentemente significativa, los datos en ambos casos cambian en sus centésimas sin lograr cambiar los decimales. Al elaborar la comparación en los mapas de ambas series [Mapa 17], visualmente los polígonos de la vegetación presentan la misma forma. En general, para ambos años la vegetación con mayor extensión territorial es abarcada por el bosque de pino-encino con 32.55% de la superficie territorial.

	Serie III (2002)		Serie IV (2007)	
	Ha	%	Ha	%
Agricultura de temporal	4169.49	16.33	4169.49	16.33
Bosque encino	166.28	0.65	166.28	0.65
Bosque de encino-pino	8309.87	32.55	8309.87	32.55
Bosque de pino-encino	1435.42	5.62	1435.42	5.62
Bosque mesófilo de montaña	7465.63	29.25	7465.63	29.25
Selva alta perennifolia	927.22	3.63	927.22	3.63
Selva baja caducifolia	3053.54	11.96	3053.54	11.96
Pastizal inducido	0.00	0.00	0.00	0.00
Total	25527.45	100.00	25527.45	100.00

Tabla 8. Comparación vegetación de la Serie III (2002) y Serie IV (2007)



Mapa 18. Comparación de la Serie III y Serie IV de uso del suelo y vegetación de San Juan Tepeuxila



Mapa 19. Sobreposición de la serie III y la serie IV de San Juan Tepeuxila

El mapa 18 [Sobreposición de la serie III y la serie IV de San Juan Tepeuxila] muestra la sobreposición de la cartografía de ambas series. Con colores solidos se indica a la serie III y con achurados en color negro se muestra a la serie IV. El análisis de la vegetación en este periodo abarcó 5 años. Probablemente la vegetación no se modificó debido al corto periodo de años en que fueron tomados los datos, o debido a una estabilidad que se mantuvo en el municipio.

Si bien en el mapa 17 [Comparación de la Serie III y Serie IV de uso del suelo y vegetación de San Juan Tepeuxila] y el mapa 18 [Sobreposición de la serie III y la serie IV de San Juan Tepeuxila] los cambios no son perceptibles a simple vista, al procesar la información resultó indiscutible el cambio en la extensión de la vegetación.

La tasa de cambio para los años 2002 y 2007 [Gráfico 6] indica ganancia de casi todos los tipos de vegetación. A pesar de ello, la selva alta perennifolia que es la única que presenta pérdida en su área. Esto puede ser atribuido a que la vegetación de bosque mesófilo de montaña se continúa regenerando en la sección noreste del municipio y afectó únicamente la selva alta perennifolia. Además, es posible observar que la agricultura sigue en aumento, por lo tanto, se posiciona nuevamente como un factor de cambio, que, a pesar de tener poco crecimiento, afecta de manera constante a la vegetación que se encuentra sus costados.

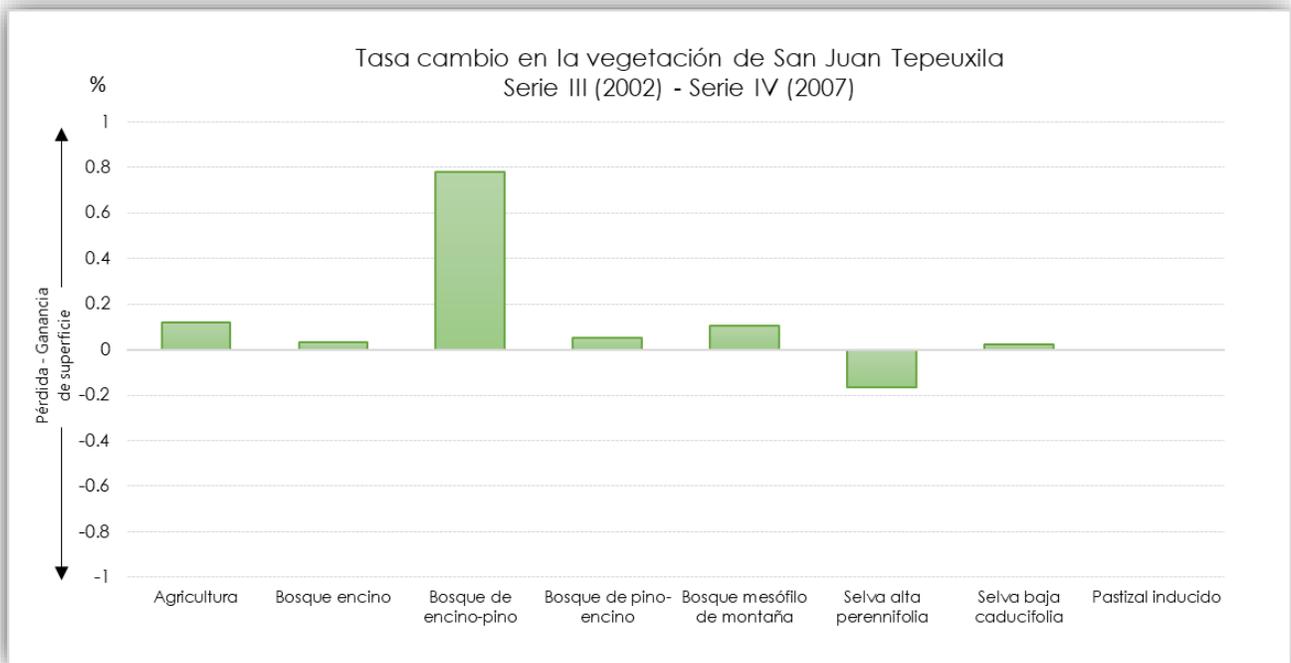


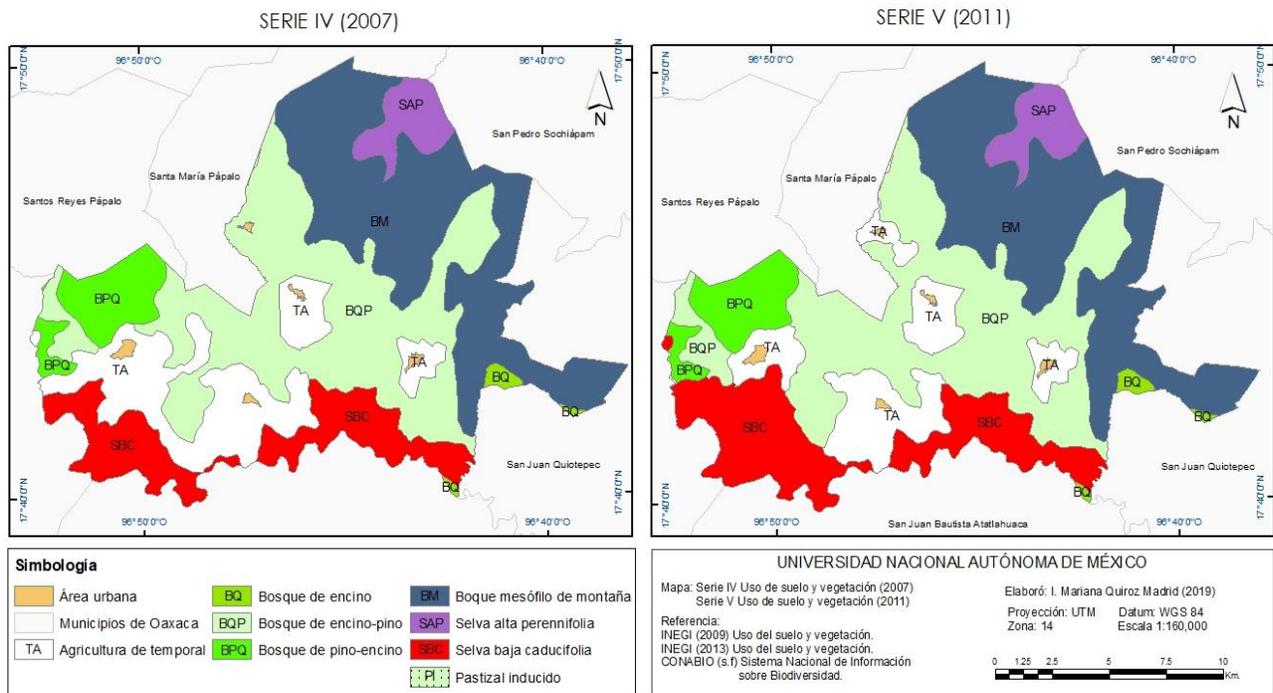
Gráfico 6. Tasa de cambio de la vegetación serie III (2002) y serie IV (2007).

3.2.4 Análisis de la cobertura vegetal de los años 2007-2011

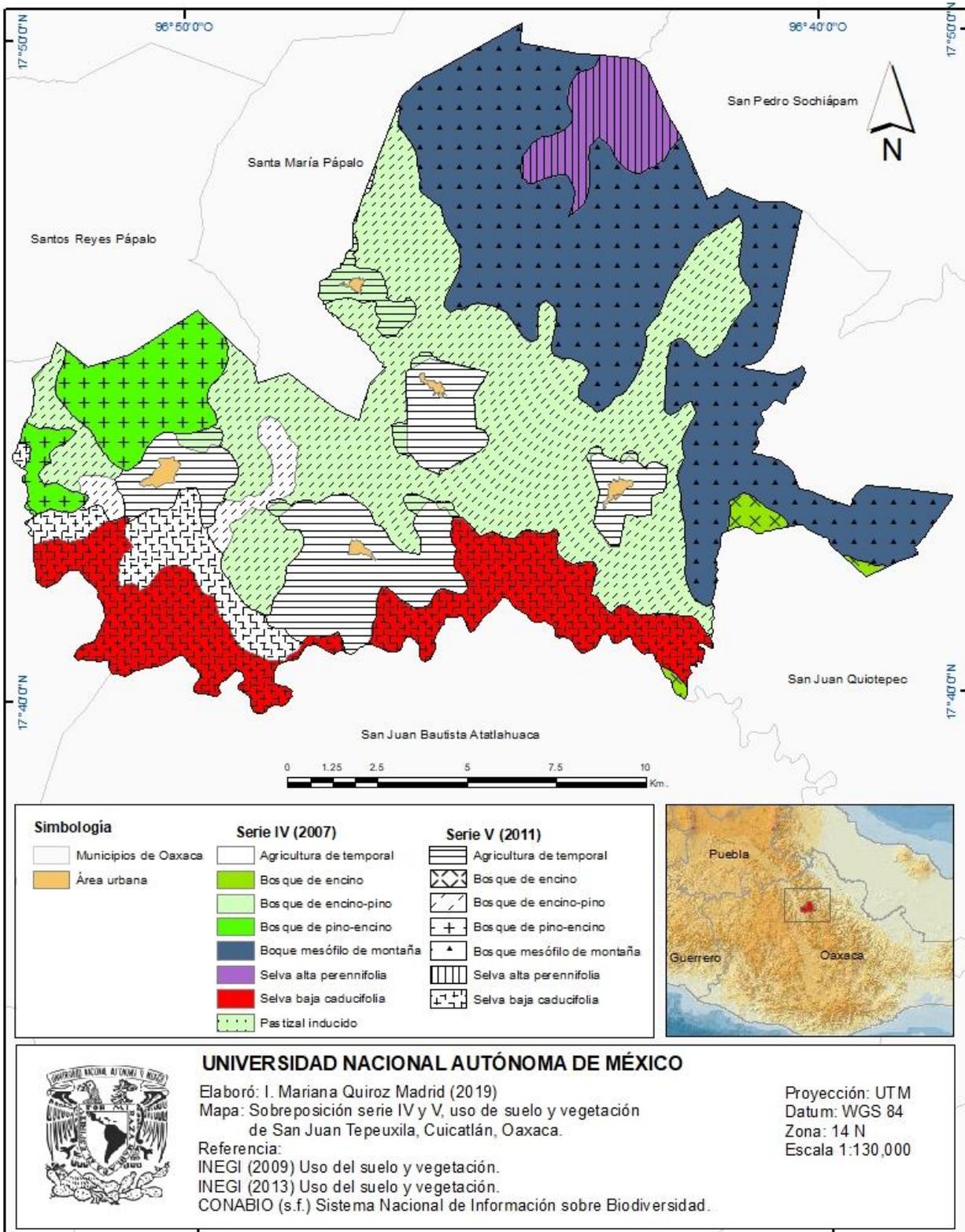
La tabla 9 contiene la extensión que abarcó la vegetación para los años 2007 y 2011; en ambos años la vegetación con mayor cantidad de hectáreas fue el bosque de encino-pino, seguido por el bosque mesófilo de montaña con más de 7 mil hectáreas; la agricultura de temporal se puede observar con una tendencia a la baja ya que de 16.33% se redujo a 12.92% de la superficie territorial.

	Serie IV (2007)		Serie V (2011)	
	Ha	%	Ha	%
Agricultura de temporal	4169.49	16.33	3297.73	12.92
Bosque encino	166.28	0.65	170.02	0.67
Bosque de encino-pino	8309.87	32.55	8260.71	32.36
Bosque de pino-encino	1435.42	5.62	1423.94	5.58
Bosque mesófilo de montaña	7465.63	29.25	7452.36	29.19
Selva alta perennifolia	927.22	3.63	923.84	3.62
Selva baja caducifolia	3053.54	11.96	3998.86	15.66
Pastizal inducido	0.00	0.00	0.00	0.00
Total	25527.45	100.00	25527.45	100.00

Tabla 9. Comparación vegetación de la Serie IV (2007) y Serie V (2011).



Mapa 20. Comparación de la Serie IV y Serie V de uso del suelo y vegetación de San Juan Tepeuxila



Mapa 21. Sobreposición de la serie IV y la serie V de San Juan Tepeuxila

Al observar la comparación de la cartográfica de los años 2007 y 2011 [Mapa 19. Comparación de la Serie IV y Serie V de uso del suelo y vegetación de San Juan Tepeuxila] se puede notar una diferencia en los polígonos de los distintos tipos de vegetación dispuestos en el municipio. Existe una modificación en la agricultura de temporal, así como en la selva baja caducifolia, que, para una mejor visualización, se realizó la sobreposición de ambas series, como se muestra en el mapa 20 [Sobreposición de la serie IV y la serie V de San Juan Tepeuxila]. Para identificar la variación la vegetación, la serie IV se dispuso en colores sólidos y en achurado negro a la serie V. En general se muestra a la selva baja caducifolia como la vegetación que se extendió y a la agricultura de temporal con una contracción en su extensión.

Al realizar el cálculo de la tasa de cambio de los años 2007 y 2011 [Gráfico 7], se puede notar una pérdida de casi toda la vegetación debido a la expansión agrícola hacia el norte del municipio, excepto en el bosque de encino y la selva baja caducifolia. Estas últimas presentaron ganancia. La selva baja caducifolia obtuvo una mayor ganancia en su extensión territorial sobre las zonas agrícolas. Por lo tanto, se puede atribuir que, durante el lapso de 4 años de la toma de datos, existió un paro en las labores agrícolas y dio lugar a la recuperación de la vegetación en la porción sur del municipio.

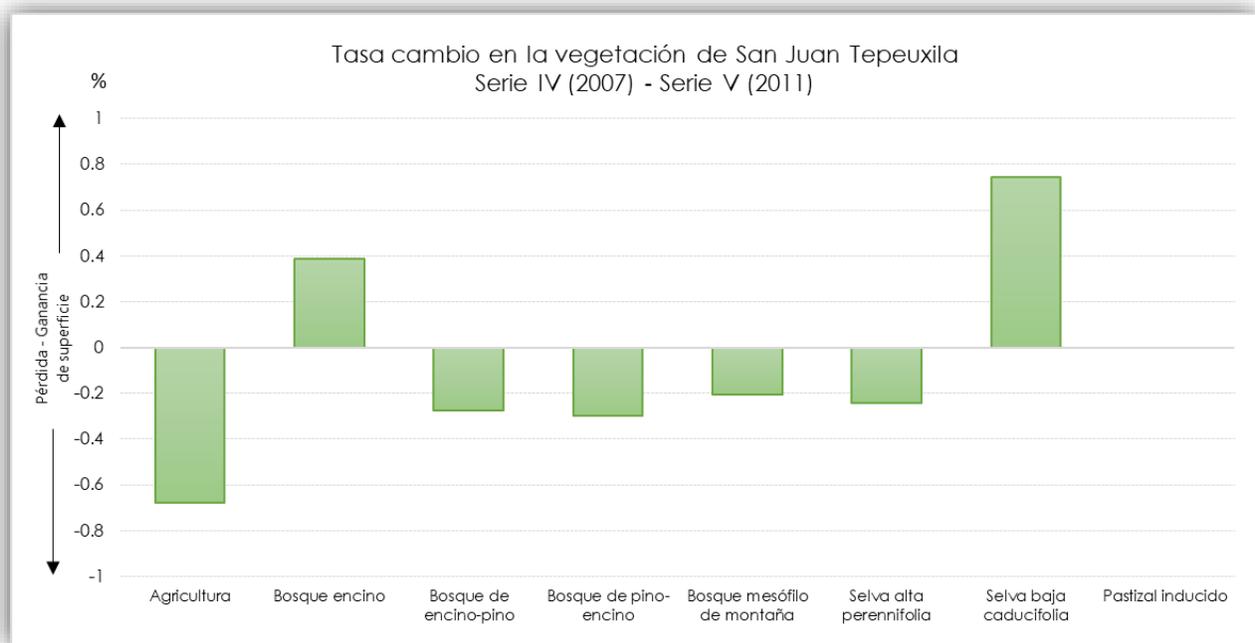


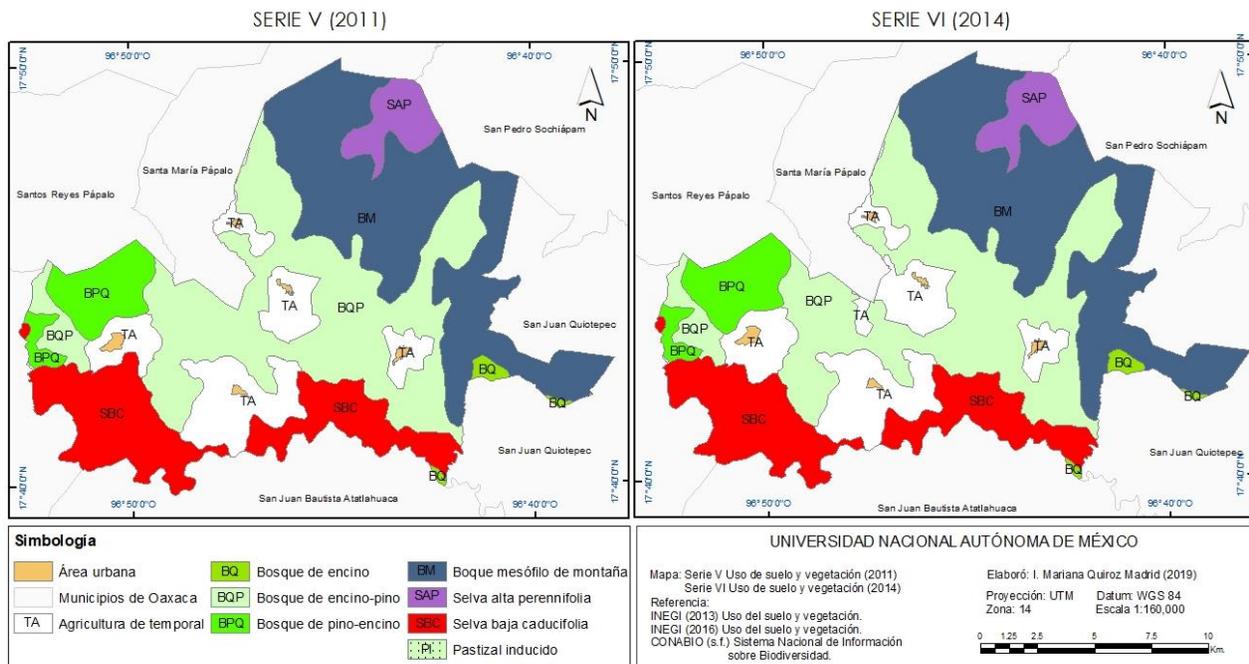
Gráfico 7. Tasa de cambio de la vegetación serie IV (2007) y serie V (2011).

3.2.5 Análisis de la cobertura vegetal de los años 2011-2014

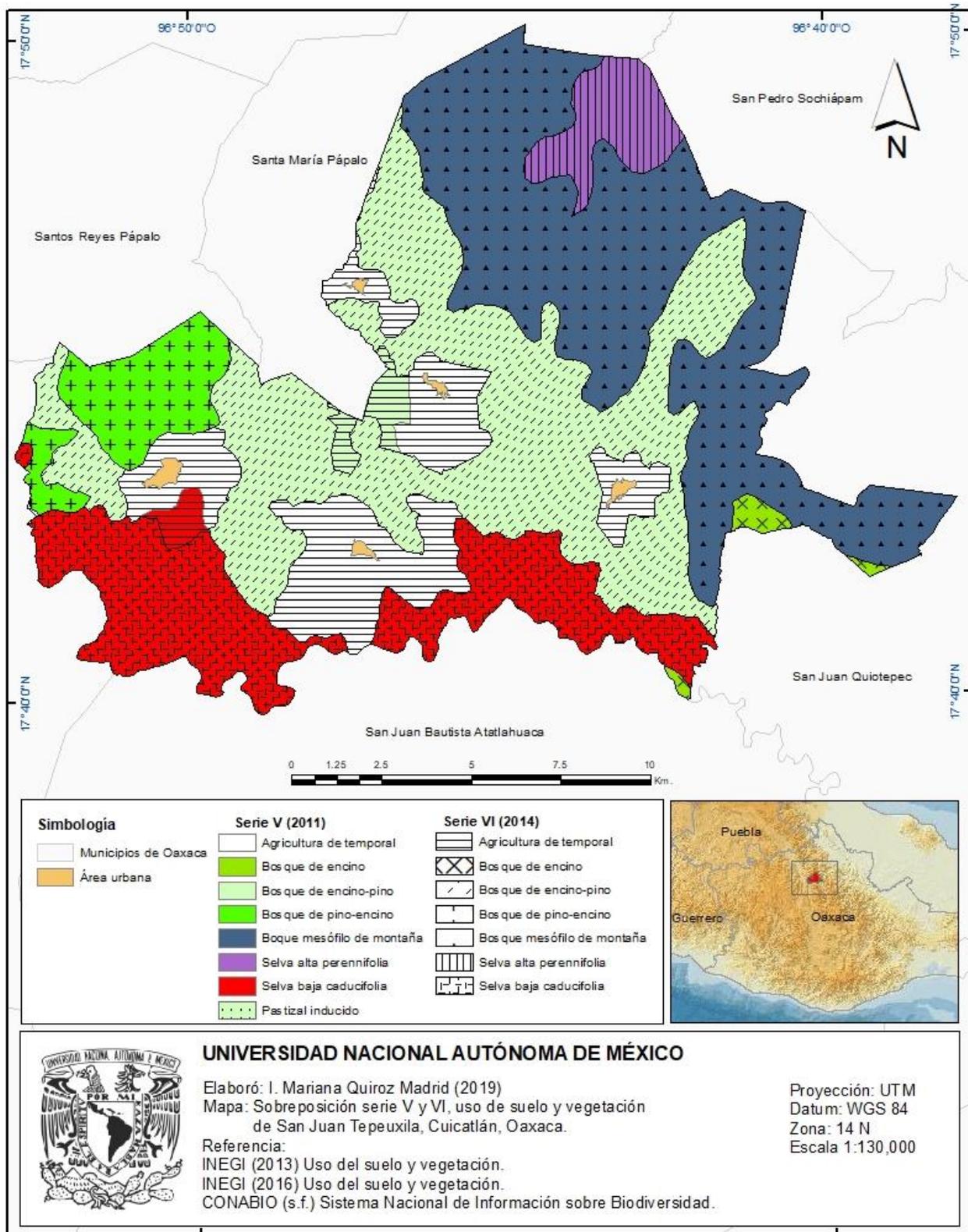
La vegetación para las series V y VI del municipio, visible en la tabla 10, muestra al bosque de encino-pino con mayor área abarcada y una estabilidad en el bosque mesófilo de montaña. La variación sobresaliente es en la agricultura de temporal, ya que de 12.92% incrementó su área a 14.71%.

	Serie V (2011)		Serie VI (2014)	
	Ha	%	Ha	%
Agricultura de temporal	3297.73	12.92	3756.01	14.71
Bosque encino	170.02	0.67	170.02	0.67
Bosque de encino-pino	8260.71	32.36	7965.15	31.20
Bosque de pino-encino	1423.94	5.58	1423.94	5.58
Bosque mesófilo de montaña	7452.36	29.19	7452.36	29.19
Selva alta perennifolia	923.84	3.62	923.84	3.62
Selva baja caducifolia	3998.86	15.66	3836.14	15.03
Pastizal inducido	0.00	0.00	0.00	0.00
Total	25527.45	100.00	25527.45	100.00

Tabla 10. Comparación vegetación de la Serie V (2011) y Serie VI (2013).



Mapa 22. Comparación de la Serie V y Serie VI de uso del suelo y vegetación de San Juan Tepeuxila



Mapa 23. Sobreposición de la serie V y la serie VI de San Juan Tepeuxila

En la sobreposición de la cartografía de las series V y VI [Mapa 22. Sobreposición de la serie V y la serie VI de San Juan Tepeuxila], se puede apreciar una estabilidad en la mayor parte de la vegetación con excepción de la agricultura de temporal, ya que en algunos de sus polígonos existió una expansión de sus áreas, igual que el bosque de pino-encino.

La información de la serie V y VI tienen una diferencia de 3 años (2011 al 2014). En sus datos, se muestra una estabilidad en la vegetación del municipio. Sin embargo, los cálculos realizados de la tasa de cambio muestran otro panorama [Gráfico 8]. En este sobresale la agricultura la cual gana superficie, mientras el bosque de encino-pino y la selva baja caducifolia se presentan como las principales afectadas al perder extensión territorial.

Con este periodo analizado, se puede observar una vez más que la agricultura continuó en desarrollo y en expansión directa sobre los tipos de vegetación que se encuentra en sus alrededores. En este caso su afectación fue directamente en la extensión de la selva baja caducifolia y bosque de encino-pino, mientras que la demás vegetación mantuvo una estabilidad. Por lo tanto, se logra confirmar que las actividades agrícolas afectan estrechamente en la conservación y equilibrio de la vegetación del municipio.

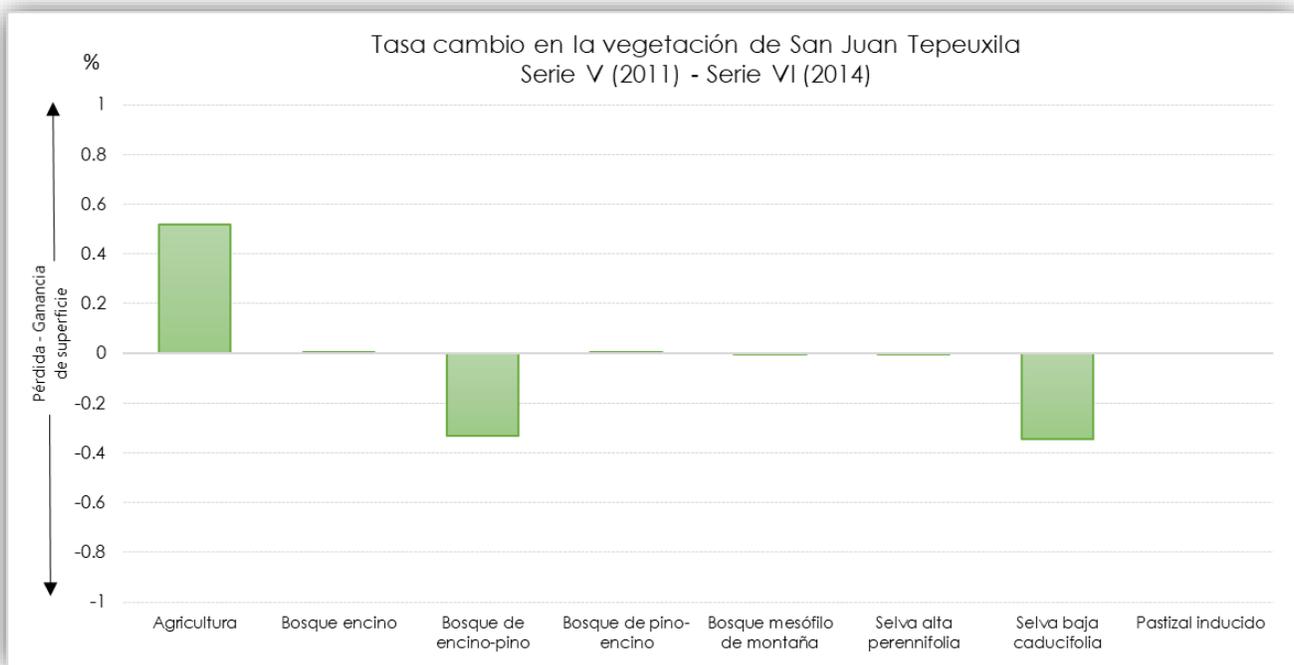


Gráfico 8. Tasa de cambio de la vegetación serie V (2011) y serie VI (2014).

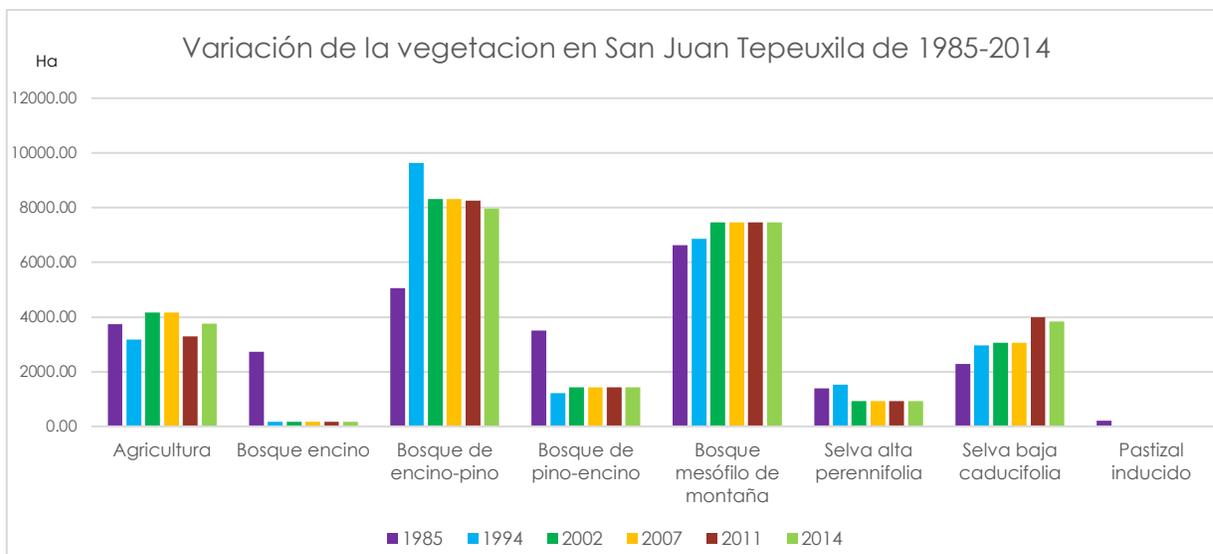


Gráfico 9. Variación de la vegetación en San Juan Tepeuxila de 1985-2014.

Entre los años 1984 al 2014 los cuales se analizaron previamente, existió una variación en la extensión de los bosques y selvas del municipio. Si bien, el cambio no llegó a una eliminación total de la vegetación municipal, la transformación es evidente, como es el caso del bosque de encino, que de acuerdo con los datos de 1984 existían más de dos mil km², que para los años siguientes disminuye su cantidad sin recuperación aparente.

La vegetación del municipio se ve afectada por múltiples actividades antrópicas como la ganadería y la tala de árboles. Sin embargo, su extensión se ve modificada en mayor proporción por la agricultura, ya que en los alrededores donde se desarrolla esta actividad, se puede apreciar la contracción y expansión de la vegetación natural municipal. En el gráfico 9 [Gráfico 9. Variación de la cobertura vegetal en San Juan Tepeuxila de 1985-2014] la vegetación en general comienza con un alta en su extensión, en los años consecutivos se nota una variación, que para el año 2014, la tendencia cambia a una ligera a reducción de la vegetación. Caso contrario de la agricultura, la cual mantiene tiene un alza en su extensión territorial.

Este último dato puede ser un indicativo para un monitoreo posterior, ya que refleja la tendencia que puede tomar la vegetación en caso de que la agricultura continúe en expansión dentro del municipio. Entretanto, deja ver un impacto negativo en la vegetación, ya que se encuentra propensa a reducir su área. Por lo tanto, es necesario continuar con la elaboración de un análisis posterior con datos recientes, identificar el estado actual e implementar o modificar, según su caso, estrategias para la conservación de la vegetación.

3.3 Índice de criticidad ambiental de San Juan Tepeuxila

La población que radica en el municipio de San Juan Tepeuxila realiza distintas actividades las cuales modifican su entorno. Sin embargo, no toda la vegetación en el municipio se ve afectada por esas labores; el estudio de la vegetación densa o intacta ayuda a conocer la presión ejercida por el ser humano sobre los ecosistemas. Por lo tanto, en este apartado, con base en la aplicación de los índices de criticidad ambiental (ICA), índice de vegetación remanente (IVR) e índice de presión demográfica (IPD), se analizó la vegetación del municipio que, con relación a la cantidad de población que habita en este, se pudo identificar el estado actual de la cobertura vegetal.

3.3.1 Índice de vegetación remanente (IVR) de San Juan Tepeuxila

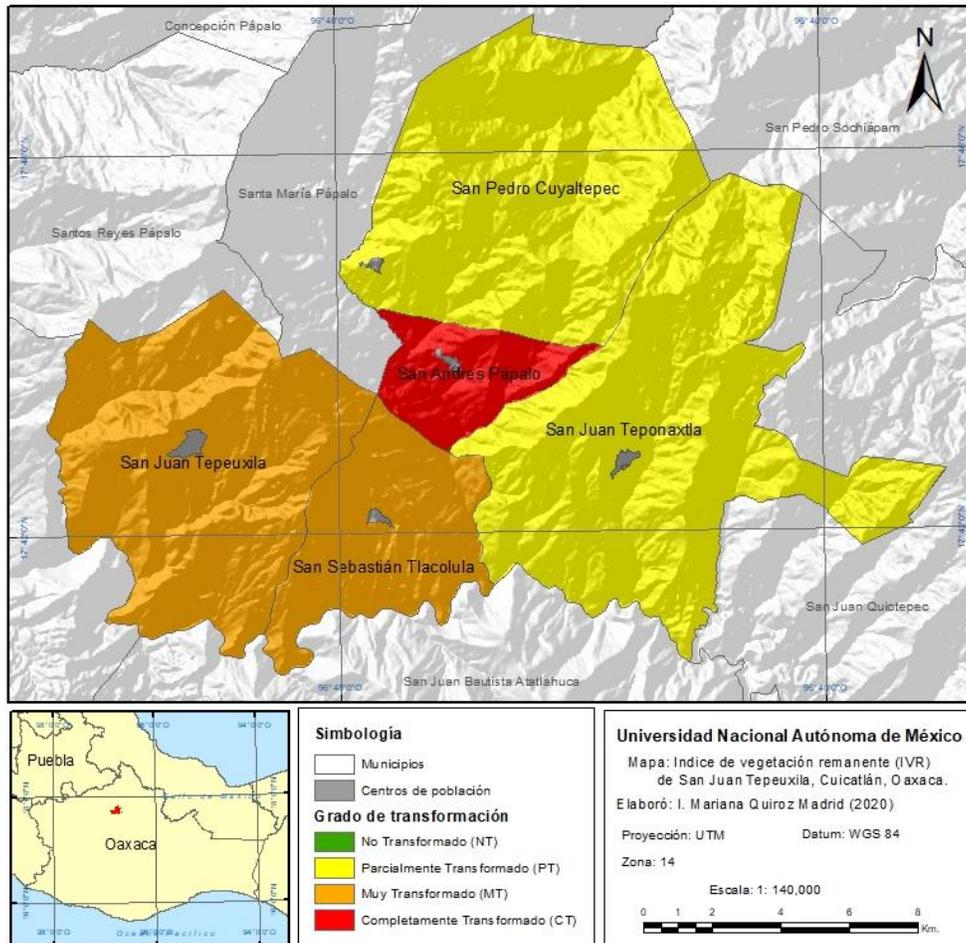
El municipio abarca cinco localidades con diferente cantidad tanto de población como de área superficial. La agencia de policía con mayor superficie es San Juan Teponaxtla. No obstante, San Pedro Cuyaltepec se posiciona como la localidad con mayor cantidad de vegetación primaria con 40.46 km². En menor extensión superficial como en cantidad de vegetación primaria, se encuentra la agencia de policía San Andrés Pápalo, como se muestra en la Tabla 11.

Índice de vegetación remanente (IVR)				
Localidad	Superficie	Vegetación primaria	IVR %	Grado de transformación
San Juan Tepeuxila	62.259 km ²	17.378 km ²	27.913	MT Muy transformado
San Sebastián Tlacolula	28.064 km ²	4.530 km ²	16.142	MT Muy transformado
San Juan Teponaxtla	82.098 km ²	27.969 km ²	34.068	PT Parcialmente transformado
San Andrés Pápalo	14.108 km ²	0.019 km ²	0.136	CT Completamente transformado
San Pedro Cuyaltepec	68.747 km ²	40.468 km ²	58.865	PT Parcialmente transformado

Tabla 11. Índice de vegetación remanente de San Juan Tepeuxila

La tabla anterior [Tabla 11. Índice de vegetación remanente de San Juan Tepeuxila] señala a San Pedro Cuyaltepec seguido por San Juan Teponaxtla y San Juan Tepeuxila con el mayor porcentaje del índice de vegetación remanente (IVR) dentro del municipio, que denota una persistencia de la vegetación natural. No obstante, arroja también a la

agencia de policía San Andrés Pápalo con menos del 1%, que lo coloca con el más bajo IVR entre las localidades, por lo tanto, indica a esta porción del municipio con prácticamente una inexistente de vegetación primaria.



Mapa 24. Grado de Transformación de San Juan Tepeuxila

El mapa 23 [Grado de Transformación de San Juan Tepeuxila] muestra el grado de transformación de la vegetación de cada localidad del municipio. De acuerdo con las escalas establecidas por INEGI (2017), las agencias de policía San Pedro Cuyaltepec y San Juan Teponaxtla se colocan en el grado de parcialmente transformado (PT), esto quiere decir que la vegetación se ha visto levemente dañada por las actividades antrópicas que se realizan dentro del municipio, sin embargo, su estructura natural permanece estable.

Para las localidades de San Juan Tepeuxila y San Sebastián Tlacolula el grado que presentan es muy transformado (MT). La estructura vegetal natural se nota fragmentada

por las actividades antrópicas que si bien, aún no se elimina por completo con la vegetación, la cantidad existente de vegetación es escasa.

En el caso San Andrés Pápalo, la localidad presenta el grado completamente transformado (CT), el cual hace referencia a una grave pérdida de la vegetación primaria, donde se rompió totalmente con la estructura natural de la vegetación por ejercer algún tipo de actividad antrópica en esta superficie.



Imagen 4. Zona agrícola en San Andrés Pápalo.

Fotografía:
I. Mariana Quiroz Madrid
Fecha: 17 abril 2019

Si bien en el municipio se desarrollan actividades como la ganadería, silvicultura y agricultura, esta última sobresale al afectar de manera notoria a la vegetación. En la imagen 4 [Zona agrícola en San Andrés Pápalo], se puede apreciar parte de la agencia de policía San Andrés Pápalo, donde existe una gran cantidad de extensión territorial abarcada por zonas agrícolas, que conforme al IVR, esta es la localidad con un grado de transformación total en su superficie.

Con la aplicación del IVR se pudo constatar que las localidades presentan distintos grados de perturbación en la vegetación. Al conocer estos grados de alteración, se debe actuar y tratar de frenar esa pérdida en donde aún existe vegetación sin alteración. En los casos donde la vegetación es prácticamente inexistente, se debe trabajar con la finalidad de restaurar aquellas áreas las cuales se han visto gravemente afectadas por la actividad humana.

3.3.2 Índice de presión demográfica (IPD) de San Juan Tepeuxila

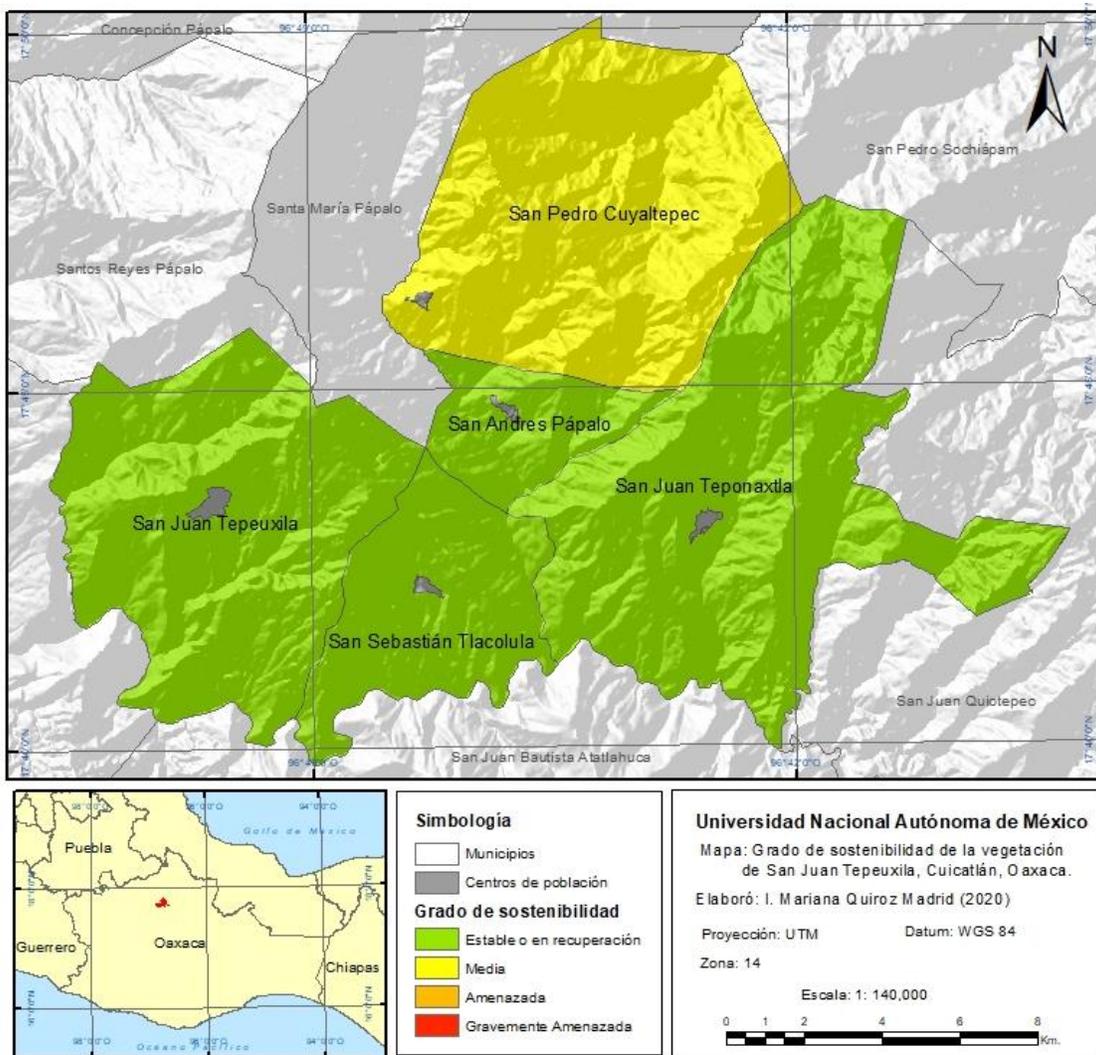
La población en el municipio de San Juan Tepeuxila ha mostrado un leve cambio con el transcurso del tiempo. En general, ha disminuido la población municipal. Para el año 2005 el municipio contaba con 2,914 habitantes que para el año 2010, redujo su población total a 2,773 habitantes. En la tabla 12 [Índice de presión demográfica de San Juan Tepeuxila], se observa la distribución de la población en cada una de las localidades. En el año 2005 la localidad con mayor cantidad de población era San Juan Teponaxtla con 737 habitantes, que disminuye para el año 2010 a 686 habitantes. Acorde con la dinámica poblacional en San Juan Tepeuxila, la tasa de crecimiento en general muestra una expulsión de población de todas las localidades del municipio con excepción de la agencia de policía San Pedro Cuyaltepec, que tiene una tendencia de crecimiento normal.

Conforme a la densidad de población de cada localidad, sobresale la agencia de policía San Andrés Pápalo como la más densa, ya que presenta 27.08 hab/km², inversamente con 7.79 hab/km² la cabecera municipal San Juan Tepeuxila posee la menor densidad de población en el municipio [Ver tabla 12. índice de presión demográfica de San Juan Tepeuxila].

Índice de presión demográfica						
Localidad	Población 2005	Población 2010	Densidad de población	Tasa de crecimiento	IPD	Grado de sostenibilidad
San Juan Tepeuxila	497	485	7.79 hab/km ²	-0.49 %	-3.80	Estable o en recuperación
San Sebastián Tlacolula	627	537	19.13 hab/km ²	-3.05 %	-58.39	Estable o en recuperación
San Juan Teponaxtla	737	686	8.36 hab/km ²	-1.42 %	-11.90	Estable o en recuperación
San Andrés Pápalo	397	382	27.08 hab/km ²	-0.77 %	-20.78	Estable o en recuperación
San Pedro Cuyaltepec	656	683	9.93 hab/km ²	0.81 %	8.05	Sostenibilidad media

Tabla 12. Índice de presión demográfica de San Juan Tepeuxila.

Conforme al índice de presión demográfica las localidades del municipio se encuentran en un grado estable y/o en recuperación. Ese estado predomina en mayoría de las agencias de policías, así como en la cabecera municipal. Esto se puede atribuir a la expulsión de la población, que cada vez es menor la densidad poblacional sobre la superficie. Si bien no es una cantidad exorbitante de habitantes que sale del municipio, es suficiente para que la vegetación se pueda fortalecer y en dado caso recuperar ante un daño efectuado.



Mapa 25. Grado de sostenibilidad de la vegetación de San Juan Tepeuxila

De acuerdo con las escalas establecidas por INEGI (2017) en general, el grado de sostenibilidad dentro del municipio es estable para la mayoría de sus localidades. Sin embargo, existe una excepción, la agencia de policía San Pedro Cuyaltepec que se posiciona en un nivel medio de acuerdo con el grado de sostenibilidad [Mapa 25. Grado de sostenibilidad de la vegetación de San Juan Tepeuxila]. Esto quiere decir que, a pesar del emplazamiento de actividades antrópicas sobre la vegetación nativa, la eliminación de la cobertura vegetal no ha sido del todo excesiva y puede garantizar las necesidades actuales de la población (tales como alimento, agua potable, regulación del clima) y el mantenimiento de la diversidad de dicha zona. Pero de no existir un límite, el grado puede cambiar hasta amenazar de manera grave a los ecosistemas y a la misma población.

3.3.3 Índice de Criticidad Ambiental (ICA) de San Juan Tepeuxila

La población que radica en el municipio se encuentra íntimamente ligada al uso de la vegetación, por lo tanto, identificar los niveles preservación, puede ayudar a la creación de estrategias de conservación o en su defecto, estrategias para la restauración.

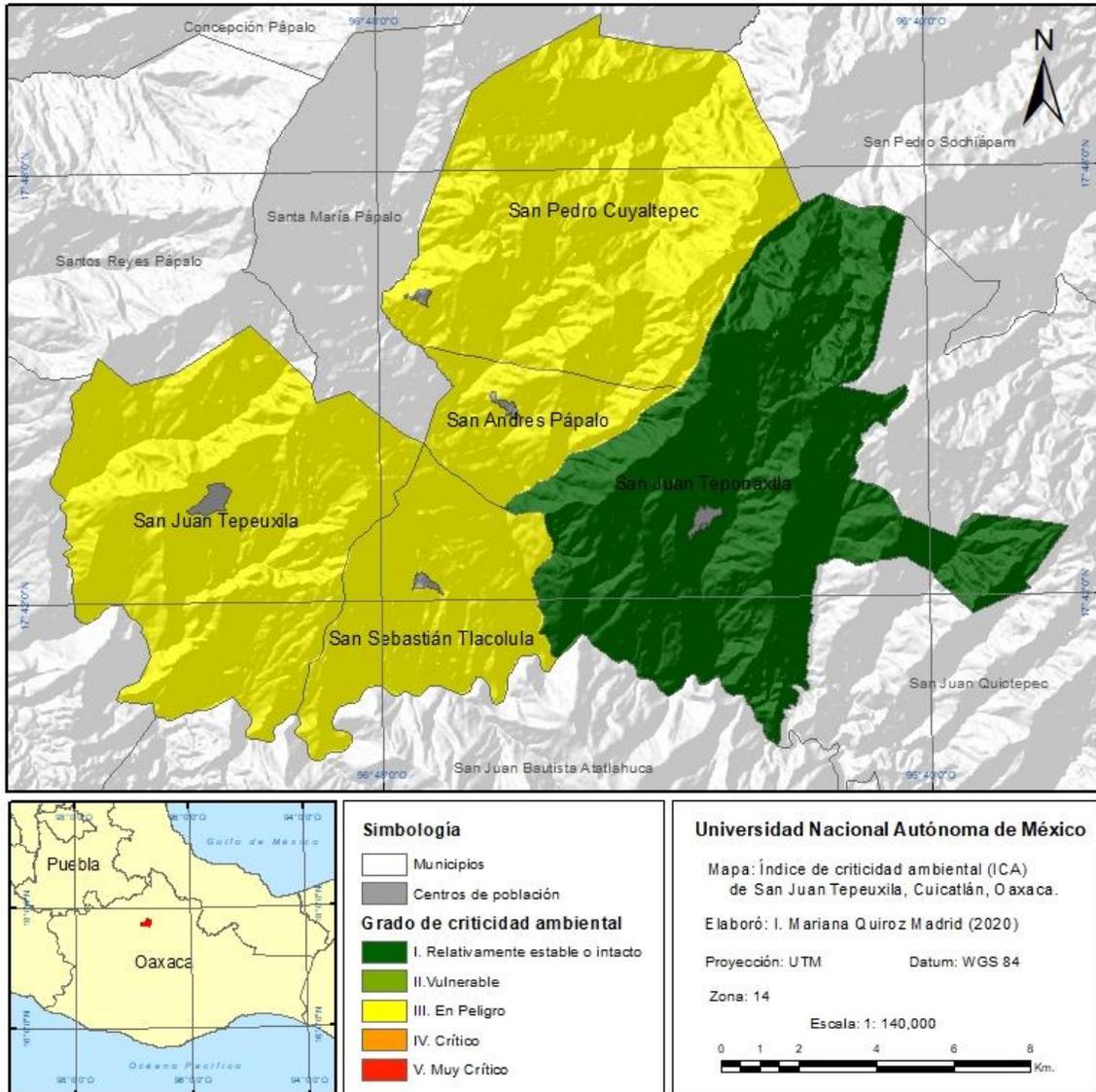
Con base al IPD y al IVR, se logró identificar el índice de criticidad ambiental (ICA) del municipio de San Juan Tepeuxila, el cual arrojó distintos niveles de estado-presión. De acuerdo con los rangos establecidos en el documento Cátedra INEGI (2017), se logró construir la tabla 13 [Índice de criticidad ambiental de San Juan Tepeuxila], que muestra tanto los resultados del IVR, así como los de IPD de cada localidad, que al relacionarlas resulta el índice de criticidad ambiental (ICA).

Dentro del municipio, el IPD indica que la mayoría las localidades expulsa población, mientras el IVR señala que la vegetación se mantiene estable o en recuperación. Sin embargo, para el ICA el 80% de las localidades se colocan en el grado de peligro. De acuerdo con INEGI (2017) y sus rangos establecidos, existe una baja conservación de la vegetación y una fuerte presión sobre los servicios ecosistémicos de la zona. Además, indica que la capacidad del ecosistema para cubrir las demandas de la población es de medias a bajas, y de continuar en esta categoría, únicamente podrá persistir y cubrirlas por los próximos 15 años.

No obstante, el panorama no incluye a todo el municipio, sólo una de las agencias de policía San Juan Teponaxtla, se posiciona en el grado de relativamente intacto o estable, donde su vegetación se encuentra conservada y sin amenazas inminentes, visible también en el mapa 24 [Grado de criticidad ambiental de San Juan Tepeuxila].

Índice de Criticidad Ambiental			
Localidad	Índice de Vegetación Remanente (IVR)	Índice de Presión Demográfica (IPD)	Índice de Criticidad Ambiental (ICA)
San Juan Tepeuxila	MT Muy transformado	IPD ≤ 1 Estable o en recuperación	III. En Peligro
San Sebastián Tlacolula	MT Muy transformado	IPD ≤ 1 Estable o en recuperación	III. En Peligro
San Juan Teponaxtla	PT Parcialmente transformado	IPD ≤ 1 Estable o en recuperación	I. Relativamente estable o intacto
San Andrés Pápalo	CT Completamente transformado	IPD ≤ 1 Estable o en recuperación	III. En Peligro
San Pedro Cuyaltepec	PT Parcialmente transformado	1 < IPD ≤ 10 Sostenibilidad media	III. En Peligro

Tabla 13. Índice de criticidad ambiental de San Juan Tepeuxila



Mapa 26. Grado de criticidad ambiental de San Juan Tepeuxila.

Es necesario recalcar que a pesar de que la localidad San Juan Teponaxtla se coloque en el grado de relativamente estable o intacto en su vegetación, no lo exenta de perder rápidamente la cobertura vegetal en caso de un uso inadecuado y/o constante.

Si bien no existe una tendencia espacial dentro del municipio con respecto al grado de criticidad ambiental, la cobertura vegetal se encuentra bajo una fuerte presión humana debido a las actividades antrópicas realizadas sobre su superficie, como es el caso de la agricultura, que de no tener estrategias de conservación así como de restauración, las probabilidades de mantener la vegetación pueden llegar a ser mínimas en un lapso de tiempo relativamente corto.

La relación hombre-vegetación están íntimamente ligadas, mientras que la expansión poblacional continúe, así como sus intensas actividades económicas, la afectación a la vegetación será cada vez mayor y su capacidad de proveer servicios ambientales se verá mayormente limitada.

En San Juan Tepeuxila la extensión de vegetación consolidada se encuentra en disminución debido a la implementación de zonas agrícolas que impactan a todo el municipio. De acuerdo con el IVR, existe una situación alarmante para la cabecera municipal, así como para las agencias de policía, ya que cada una expone un grado crítico de transformación en su vegetación, que al sumar a la población que habita en las distintas áreas, indica que la sostenibilidad logra cubrir las necesidades actuales de la población. Sin embargo, no por un largo periodo de años, lo cual se logra confirmar de acuerdo con el ICA de cada localidad. El 80% del municipio se encuentra en un estado de peligro y se da un rango de tiempo para dar bienestar a los habitantes. La conservación de la vegetación es baja y se está ejerciendo tal presión a los servicios ecosistémicos que no se logrará cubrir con las necesidades futuras de la población, por lo que la situación para el municipio se torna grave.

Es imprescindible actuar a tiempo e implementar estrategias de conservación y recuperación de la vegetación, de esa forma se puede continuar con el aprovechamiento consciente de aquellos servicios ambientales necesarios para la existencia de los seres vivos y permanencia poblacional en la zona.

3.3.4 Matriz de Leopold de San Juan Tepeuxila

La matriz de Leopold resultó del trabajo de campo realizado en el municipio de San Juan Tepeuxila, ya que de acuerdo con lo observado y al elaborar una comparación con los resultados del presente análisis, se pudo otorgar una clasificación en cuanto a la afectación notoria en la vegetación del municipio, además de observar otros componentes naturales que pueden encontrarse en riesgo debido a la presencia del hombre.

Se analizaron acciones, así como actividades que la población realiza y que afectan las condiciones naturales físicas tales como el cambio de la forma del relieve, la estabilidad, compactación del suelo, erosión, el escurrimiento superficial. Las biológicas en especial las realizadas a la vegetación, así como a la fauna característica de la región, sin dejar de lado a la afectación cultural y social que la actividad humana impacta asimismo de manera negativa. Mediante la percepción se pudo identificar las condiciones de cada una de ellas, así como un determinado estado de alteración, que, con base a un rango establecido, se pudo completar la tabla 14 [Matriz de Leopold de San Juan Tepeuxila].

Las variables físicas se ven afectadas en especial por la alteración en la vegetación, por la modificación del cauce de los ríos, construcciones y tala de árboles. Al recorrer el municipio es posible encontrar camiones con madera para su distribución, mangueras las cuales van de los ríos a la zona de sembradíos y hogares, así como zonas agrícolas dispuestas en las laderas de las montañas y viviendas dispersas que afectan a la superficie natural municipal.

La flora y la fauna pertenecen a las variables biológicas, las cuales se ven afectadas por las acciones humanas como la alteración del hábitat, introducción de especies no nativas, extracción de especies originarias, quema y tala de árboles, creación de nuevos caminos o senderos, construcciones de viviendas, que reducen la población de especies endémicas, las cuales fragmentan de tal manera su entorno, que para las especies originarias puede ser imposible reproducirse, adquirir alimento y cobijo.

Para las variables socioculturales, se debe incluir también los daños realizados a la misma población, como la afectación a su entorno en la vista escénica, salud y estilo de vida. Además, se puede agregar la quema de basura y humo de fogones como las acciones con más impacto a nivel del sistema fisiológico humano.

Afectaciones		Acciones		Modificación a la superficie natural														Emplazamiento antrópico		Explotación de recursos		Refinamiento y consumo humano		Mitigación de alteración		Movilidad humana		Residuos generados del hombre	
				Introducción flora y fauna	Alteración del hábitat	Alteración de la cobertura vegetal	Modificación cauce de ríos	Quema de bosques	Pavimentación	Ruidos y vibraciones vehiculares	Construcciones (viviendas, edificios)	Tuberías	Caminos y senderos	Líneas transmisión eléctrica	Rellenos y corte de cerros	Tala de arboles	Agricultura												
Físicas	Suelo	Material de construcción	3	4	3			4			4					3							21						
		Cambio forma del relieve	4	4	2			3			4					2							19						
	Agua	Escurrimiento superficial	3	2	4			2	1	3		4	3	4	3	4					2		36						
		Calidad de agua	4	1	5			3		2		3	2	4	5						2		41						
		Recarga acuífera	4	1	4			1		3			2	3	3						1		26						
	Atmósfera	Calidad de aire	1	2		4							2	1				4	3	4		4	25						
		Micro y macro clima	1	2		5					1		3	2				5	3	5		5	31						
		Temperatura	2	4		4	1			1			2	3	2			4					26						
	Procesos	Erosión	3	4	3	3	4				3	2	3	3	3	3			2	4			27						
		Compactación	1	2	3				3	2	3		4	3					4		2	4	22						
		Estabilidad (deslizamiento)	1	4	4	1	3			3	2		4	2				3			3		28						
		Deformación (sismos)	2	3	1	1	2			1			4	2				4			5	5	29						
Biológicas	Flora	Vegetación	4	3	5	1	5	3		3	2	3	3	3	3	4	4	4	4	4	5	3	57						
		Especies en peligro	5	5	5	1	5	3		2	3	3	3	3	3	4	4	4	4	4	2	3	57						
	Fauna	Aves	2	4	4		3				2	2	4	2	5	5	5	5	5	4	1	2	55						
		Animales terrestres	4	4	4	1	4	2	3	4	1	4	2	4	4	4	3	4	4	2	2	2	56						
		Especies en peligro	5	5	5	1	5	2	2	2	1	2	3	2	5	4	3	4	4	3	4	3	34						
		Bosques	4	4	5	1	4	3		4	3	4	4	3	3	4	3	5	5	3	3	3	54						
Sociales y culturales	Uso de la tierra	Vivienda	2	3		2	1	1	3	3						3				4	2	2	61						
		Comercios	1	3		2	4	1	1	3	3				2	1	3		2	3	4	4	65						
		Caminatas	2	1		1	1		3	3	3	1	2		2	4	3	3	4	3	3		24						
		Recreación	3	5		4	2		5	3	3	3	1	3	3	2		3	2	3			24						
	Interés humano Científico o estético	Calidad vida silvestre	4	4	5	3	3	3	5	2	3	2	4	2	4	4	3		4	2	3		25						
		Reservas forestales	5	5	5	3	5	4	2	5	3	3	2	2	4	3	4		5	2	2		24						
		Especies o ecosistemas únicos	5	5	5	3	5	4	1	4	2	2	2		3	3	4		5	3	3		23						
		Estilo de vida	1	4	3	4	2	1	1	1	3	3	2		3	3	3		3	3	4	3	28						
	Aspecto cultural	Salud	2	4		3		1		3				3				2	4	4	2	4	45						
		Seguridad	3	5		2		1		4				3				3	5	3	3	4	44						
		Empleo				2	1		3	2	4			5	2	1	2	2	2	4	4	2	55						
	Movilidad	Transporte			2		2	1	1	1	1	2	4				2		2	4	3	3	60						
			38	68	92	52	66	48	20	65	31	54	34	29	64	68	38	16	75	37	45	26	15						
			39	81	97	53	68	55	20	67	29	47	30	34	86	71	41	14	87	51	53	35	18						
			534														63	64	86	122		75	37	86	106				
			556														64		126		87	51							

Tabla 14. Matriz de Leopold de San Juan Tepeuxila

Si bien la cantidad de variables físicas, biológicas y sociales-culturales en el municipio son mayores a la cantidad de actividades realizadas por la población, el impacto causadas por estas últimas son severas. La afectación por actividades antrópicas como la alteración a la vegetación, tala de árboles y construcciones, impacta a más del 80% de los elementos que constituyen al municipio. Sin embargo, los elementos más impactados son el estilo de vida, reservas forestales y fauna, ya que más del 85% de las actividades antrópicas afectan de manera directa a esas variables.



Imagen 6. Extracción de madera en San Juan Tepeuxila.



Imagen 5. Vertedero de basura en San Juan Tepeuxila.

Fotografías: I. Mariana Quiroz Madrid Fecha: 17 abril 2019

A pesar de la variedad de actividades realizadas por el hombre que deterioran al entorno natural municipal, también se tomó en cuenta aquellas que tratan de preservar al mismo municipio. Algunas de ellas son la reforestación y la educación ambiental que influyen en lo físico, biológico y social-cultural de manera positiva. Sin embargo, son más acciones negativas las cuales orillan a la pérdida actual de la naturalidad del municipio, y colocan a la alteración de la cobertura vegetal como la más afectada ante las actividades antrópicas que contribuyen al irreversible deterioro ambiental.

Existen distintas actividades antrópicas que se desarrollan en la zona, sin embargo, la actividad económica que se realiza con mayor importancia en San Juan Tepeuxila es la agricultura. Esta destruye a la vegetación, al grado de situar a la cabecera municipal, así como a las agencias de policía en distintas categorías críticas en su estado de conservación. Desafortunadamente, el hombre realiza en su día a día actividades que profundizan el daño a su entorno, que en conjunto suman grandes impactos a la vegetación y aminora el tiempo estimado que la naturaleza puede soportar la presión ejercida por la población.

Si bien existen múltiples afectaciones tales como a la flora, fauna, atmosfera, al régimen hídrico y suelos, por mencionar algunos, la lista de actividades que el hombre realiza es larga. En San Juan Tepeuxila sobresale la ganadería, elaboración de caminos, tala de árboles y quema de residuos sólidos. Sin embargo, entre el vasto repertorio, la agricultura repercute, además de en la vegetación, en diversos elementos naturales con magnitudes distintas. Por lo tanto, se debe actuar sobre esta actividad para tratar de generar alternativas y reducir esa expansión agrícola con la finalidad de perjudicar lo menos posible al ecosistema del municipio.

Conclusiones

Los municipios dentro de la República Mexicana, en su mayoría, no cuentan con un análisis detallado dedicado a su cobertura vegetal. El interés de analizar al municipio San Juan Tepeuxila, es debido a la falta de estudios relacionados con la población y vegetación. Si bien el municipio aparenta una vegetación consolidada y estable, al recorrer su territorio no es así, la mano humana ha modificado áreas extensas que deja ver indicios de acciones negativas para la naturaleza.

El presente análisis tuvo enfoque que abarcó lo cualitativo además de lo cuantitativo que, junto a lo percibido, se logró identificar la situación actual del municipio la cual no es favorable, ya que tiene un nivel alarmante de peligro, improbable de asegurar el bienestar de la población por un lapso aproximado de 15 años, en caso de seguir explotando sus servicios ecosistémicos de la forma en que actualmente se aprovechan.

Entre las distintas actividades que el hombre realiza en San Juan Tepeuxila, la principal que afecta a la vegetación del municipio es la agricultura, que de acuerdo con el objetivo principal era necesario su identificación. En campo, se logró reconocer actividades como la explotación forestal y la ganadería. Sin embargo, no son significantes como es el caso de la agricultura, que destina al menos 15% de hectáreas de la superficie municipal únicamente a esta actividad, que fragmenta a vegetación natural consolidada.

Una vez identificada a la agricultura como la actividad antrópica con mayor impacto en el municipio, se desarrolló el primer objetivo secundario, donde se percibió el comportamiento espacial de los tipos de vegetación existentes en el municipio. Los cambios en la vegetación fueron constantes, la extensión ocupada por suelos agrícolas se vio íntimamente ligados a esos movimientos, ya que donde había reducción de vegetación natural con valores por debajo del número 0, como es el caso del bosque pino-encino con -0.77%, la agricultura ganaba extensión con 0.86% en la comparación de los años 1994 y 2002. El comportamiento de la vegetación en los 30 años analizados es muy similar, la agricultura presentó ganancia en su extensión territorial y muy rara vez la vegetación de los bosques y selvas aventajaban su extensión o simplemente se mantenían sobre el número 0, que indica una estabilidad, la cual se perdía después de elaborar un nuevo análisis y arrojar de nuevo la expansión de la actividad agrícola como el principal factor cambiante en la vegetación del municipio.

Así como la vegetación, la cantidad de población que habita en San Juan Tepeuxila no ha sido del todo estable. Con base en ello, se logró elaborar el segundo objetivo secundario, identificar el grado de presión que la población ejerce sobre la vegetación. De acuerdo con los indicadores utilizados, el panorama municipal no es bueno, ya que coloca al 80% del municipio en un grado de peligro, esto debido a que actualmente la población ejerce una presión constante y el estado de conservación de la vegetación es alarmante. Por lo tanto, en caso de no tener un uso racional de la vegetación, esta no tendrá la capacidad suficiente para sostener los servicios ecosistémicos requeridos por la población municipal.

Las actividades que el humano ejerce sobre la superficie y los daños ocasionados al entorno van en aumento sin importar el impacto realizado. Para el tercer objetivo secundario fue necesario identificar las afectaciones y acciones realizadas por la población, que, con base en el trabajo realizado en campo, se pudo constatar cada una de ellas e indicar elementos bajo riesgo. Las acciones que el hombre realiza y que alteran la cobertura vegetal impactan al 87% de la lista de elementos afectados, entre ellas al escurrimiento superficial, erosión del suelo, reservas forestales, calidad de vida, por hacer mención de algunas. Al identificar los elementos que alteran al entorno de San Juan Tepeuxila es necesario ocuparse en la elaboración de propuestas de manejo y conservación de la vegetación, con la finalidad de reducir el impacto realizado por las actividades antrópicas a la misma comunidad local y a los ecosistemas del municipio.

A pesar de que San Juan Tepeuxila no tiene estudios previos de tipo ambiental, las metodologías desarrolladas en el análisis fueron satisfactorias, ya que se logró desarrollar cada una de ellas. Es necesario mencionar que existieron algunas limitantes en cuanto a escalas, ya que las cartas de uso de suelo y vegetación elaboradas por Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) se encontraron a escala 1:250,000, por lo que la información espacial era muy general. Sin embargo, conforme más actualizada fue la información existió mayor precisión en las series, y la investigación comenzó a ser aún más precisa para identificar los cambios espaciales en la vegetación.

Al utilizar la metodología del Índice de Criticidad Ambiental (ICA) la cual fue totalmente cuantitativa, requirió del desarrollo de otros cálculos como el Índice de Vegetación Remanente (IVR), así como de indicadores demográficos. Los datos para el desarrollo de cada uno de ellos se encuentran disponibles para uso público en las plataformas del INEGI. La complicación surgió al extraer el número de población actual de San Juan Tepeuxila, ya que las encuestas intercensales contienen la población total municipal, mas no incluyen la cantidad de población de cada una de las localidades del municipio. Por lo tanto, se

necesitó encontrar aquellas encuestas censales que tuvieran el número poblacional de la división municipal y así aplicarlos en los distintos índices e indicadores. A pesar de esto, se logró encontrar los documentos censales los cuales permitieron desarrollar el contenido del documento sin mayor complicación.

La Matriz de Leopold es la metodología cualitativa que apoyó al trabajo de campo realizado en San Juan Tepeuxila, ya que por medio de la percepción del geógrafo se logró identificar las causas que cambian a la vegetación y sus impactos, donde los más importantes son el peligro que corren las especies endémicas y las reservas forestales del municipio. Si bien metodología es aplicada en distintas áreas, su utilidad en la parte ambiental es favorable para la identificación de acciones negativas al entorno, para el diseño de planes y estrategias, así como para mitigar las afectaciones por causas antrópicas.

La elaboración de este análisis pretende dar a conocer el estado actual de la vegetación del municipio de San Juan Tepeuxila, así como identificar el actor principal que lo altera, y para ayudar a elaborar planes para la preservación o restauración ante su alarmante estado de conservación. Por lo tanto, se hacen se hacen recomendaciones para preservar la diversidad que existe en el municipio. Es necesario la elaboración periódica de análisis de la vegetación para conocer su estado reciente. Un documento importante para conocer la dinámica de la cobertura vegetal son las cartas de uso de suelo y vegetación, así como los censos de población, por lo que se recomienda complementar este documento con las siguientes publicaciones de las cartas de uso de suelo y vegetación de INEGI, difundidas cada 5 años aproximadamente. La finalidad es seguir un monitoreo de la cobertura vegetal, que se ayude a la toma de decisiones, e identificar si las estrategias implementadas han sido las correctas, y dependiendo el caso, realizar cambios y/o mejorarlas.

Asimismo, intenta ser aprovechado como base para la aplicación de la misma metodología en distintas escalas, ya sea locales, municipales, estatales, que, con las adaptaciones necesarias, se puede obtener resultados precisos y de utilidad para la implementación de estrategias ambientales. Por lo que pretende ser de utilidad para las instancias gubernamentales, de uso público y privado, así como para la población interesada en conocer el estado de conservación de la vegetación en distintas áreas geográficas. Además, con base en los resultados permite enfatizar prioridades ambientales, elaborar estudios posteriores e implementar planes de trabajo para la recuperación de la cobertura vegetal.

Referencias

- Agrawal, A. (1995). ¿Es demasiado simplista la ecuación: presión demográfica= degradación forestal? *Unasylva Revista internacional de silvicultura e industrias forestales*, 46. Obtenido de <http://www.fao.org/3/v5200s/v5200s0b.htm#%C2%BFes%20demasiado%20simplista%20la%20ecuaci%C3%B3n:%20presi%C3%B3n%20demogr%C3%A1fi>
- Alanís Rodríguez, E., Jiménez Pérez, J., Aguirre Calderón, Ó., Treviño Garza, E., Jurado Ybarra, E., & González Tagle, M. (2008). Efecto del uso del suelo en la fitodiversidad del matorral espinoso tamaulipeco. *Ciencia UANL*, 56-62.
- Antolín Tomás, M. (2010). Hacia una gestión sostenible del planeta. En A. (. Quillermo Quintás, *Ciencias del Mundo contemporáneo. Reflexiones sobre los contenidos de las ciencias y sobre nuestra forma de vida*. España: Universitat de València. Obtenido de Universitat de València: https://www.uv.es/aprjuv/quaderns/1/3_Gestion_sostenible.pdf
- Argumedo Espinoza, J. (2017). *Seminario "Percepción Remota como Fuente de Información Geográfica y Estadística"*. Obtenido de Instituto Nacional de Estadística y Geografía: http://www.beta.inegi.org.mx/eventos/2017/remota/doc/p_JesusArgumedo.pdf
- Arriaga Cabrera, L. B. (2009). Implicaciones del cambio de uso de suelo en la biodiversidad de matorrales xerófilos: un enfoque multiescalar. *Investigación ambiental*, 6-16.
- Bertalanffy, L. v. (1989). *Teoría general de los sistemas*. (J. Almela, Trad.) Nueva York.
- Bertrand, C., & Bertrand, G. (2006). *Geografía del medio ambiente: el sistema GTP: geosistema, territorio y paisaje*. España: Universidad de Granada.
- Bocco, G., Mendoza, M., & Maserá, O. (2001). La dinámica del cambio del uso del suelo en Michoacán. Una propuesta metodológica para el estudio de los procesos de deforestación. *Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía, UNAM*, 18-38.
- Bonilla Moheno, M. (s.f.). *La influencia del cambio poblacional en el paisaje natural*. Obtenido de El instituto de Ecología : <https://www.inecol.mx/inecol/index.php/es/2013-06-05-10-34-10/17-ciencia-hoy/159-la-influencia-del-cambio-poblacional-en-el-paisaje-natural>

- Camacho Sanabria, J., Juan Pérez, J., Pineda Jaimes, N., Cadena Vargas, E., Bravo Peña, L., & Sánchez López, M. (2015). Cambios de cobertura/uso del suelo en una porción de la Zona de Transición Mexicana de Montaña. *Madera y bosques*, 21(1), 93-112. Obtenido de <http://www.scielo.org.mx/pdf/mb/v21n1/v21n1a8.pdf>
- Chackiel, J. (2004). *La dinámica demográfica en América Latina*. Santiago de Chile: CEPAL, Naciones Unidas. Obtenido de https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/7190/S045328_es.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- COFOSA. (2009). *Estudio regional forestal. Unidad de Manejo Forestal 2010 Región Cañada*. México: Consultoría Forestal y Servicios Agropecuarios, S.A. de C.V. Obtenido de http://www.conafor.gob.mx:8080/documentos/docs/9/1096ERF_UMAFOR2010.pdf
- CONABIO. (s.f.a). *Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad*. Obtenido de <http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/>
- CONABIO. (s.f.b). *Bosque nublado*. Obtenido de Biodiversidad Mexicana: <https://www.biodiversidad.gob.mx/ecosistemas/bosqueNublado.html>
- CONABIO. (s.f.c). *Selva seca*. Obtenido de Biodiversidad Mexicana: <https://www.biodiversidad.gob.mx/ecosistemas/selvaSeca.html>
- CONABIO. (s.f.d). *Selvas húmedas*. Obtenido de Biodiversidad Mexicana: <https://www.biodiversidad.gob.mx/ecosistemas/selvaHumeda.html>
- Consejo municipal de desarrollo rural sustentable. (2011-2013). *Diagnostico de desarrollo municipal de San Juan Tepeuxila*. San Juan Tepeuxila, Oaxaca: Consejo municipal de desarrollo rural sustentable. Recuperado el 16 de julio de 2018
- Consejo Municipal de Desarrollo Rural Sustentable. (2011-2013). *Diagnóstico y Plan de Desarrollo Municipal de San Juan Tepeuxila 2011-2013*. México: Ayuntamiento Constitucional San Juan Tepeuxila, Cuicatlán, Oaxaca.
- Coria, I. (2008). El estudio de impacto ambiental: características y metodologías. *Invenio*, 11(20), 125-135. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/877/87702010.pdf>
- CORPONARIÑO. (2018). *Elaboración del Plan de Ordenación y Maneno de la Cuenca Hidrográfica del Río Juanambú. 9-Síntesis ambiental*. Colombia: Corporación Autónoma Regional de Nariño. Obtenido de <http://corponarino.gov.co/wp-content/uploads/2018/08/9-Sintesis-ambiental.pdf>

- Cortina Villar, S., Mendoza, P. M., & Ogneva-Himmelberger, Y. (1999). Cambios en el uso del suelo y deforestación en el sur de los estados de Campeche y Quintana Roo, México. *Investigaciones geográficas*, 41-56.
- CORTOLIMA. (2014). *Pomca de la cuenca del Río Guali Capítulo VIII*. Colombia: Corporación Autónoma Regional del Tolima.
- CORTOLIMA. (s.f.). *Diagnóstico-POMCA Guarino*. Colombia: Corporación Autónoma Regional del Tolima. Obtenido de https://www.cortolima.gov.co/sites/default/files/images/stories/centro_documento_s/guarino/diagnostico/8.4.11_Cobertura_y_uso_de_la_tierra.pdf
- Cotán, S. (2007). *Valoración de impactos ambientales, Metodologías Valoración de Impacto Ambiental*. Sevilla: INERCO.
- Cuevas, M. L., Garrido, A., Pérez Damián, J. L., & Laura González, D. (2010). Procesos de cambio de uso de suelo y degradación de la vegetación natural. En H. Clotler Ávalos, *Las cuencas hidrográficas de México, diagnóstico y priorización* (págs. 96-103). México: Pluralia Ediciones e Impresiones S.A. de C.V.
- CURIHAM. (2007). Cuadernos del CURIHAM. *Revista sobre la cuestión hidroambiental*, 91.
- Del Castillo, A., Brito-Ballina, M., & Fraga Guerra, E. (2009). Análisis de criticidad personalizados. *Ingeniería Mecánica*, 12(3), 1-12. Obtenido de <http://www.ingenieriamecanica.cujae.edu.cu/index.php/revistaim/article/view/72/395>
- Díaz Concepción, A., Pérez Rodríguez, F., Castillo Serpa, A., & Brito Vallina, M. L. (2012). Propuesta de un modelo para el análisis de criticidad en plantas de productos biológicos. *Ingeniería Mecánica*.
- Duarte Verdugo, L., Robles Ibarra, J., Pico González, B., & Rosano Ortega, G. (2013). *La utilización de La matriz de Leopold para evaluar el impacto ambiental en plantas de beneficio de carbón mineral en la zona centro del estado de Sonora*. México: Sexto Coloquio Interdisciplinario de Doctorado 2013.
- Durán Medina, E., Mas, J., & Velázquez, A. (2007). Cambios en las coberturas de vegetación y usos del suelo en regiones con manejo forestal comunitario y áreas naturales protegidas de México. En M. P. Bray B., *Los Bosques Comunitarios de México. Manejo Sustentable de Paisajes Forestales* (págs. 267-299). México: Instituto Nacional de

Ecología, SEMARNAT. Obtenido de <https://micrositios.inecc.gob.mx/publicaciones/libros/532/cap10.pdf>

Escolano Utrilla, S. (2002). *Densidad de población y sustentabilidad en la ciudad de Zaragoza*. España: Universidad de Zaragoza.

Espinoza, G. (2007). *Gestión y Fundamentos de Impacto Ambiental*. Santiago: Banco Interamericano de Desarrollo y el Centro de Estudios para el Desarrollo.

Falcón, O. (2014). *Dinámica de cambio en la cobertura/uso del suelo, en la región del estado de Quintana Roo, México [Tesis de Maestría]*. Universidad Nacional Autónoma de México, México.

Flores Villela, O., & Gerez, P. (1994). *Biodiversidad y conservación en México: vertebrados, vegetación y uso del suelo*. México: Comisión nacional para el conocimiento y uso de la biodiversidad.

Galicia, L. (2 de Junio de 2014). *El cambio de uso del suelo: Consecuencias en el ciclo hidrológico y la disponibilidad del agua*. Obtenido de Revista de Educación y Cultura: <http://www.educacionyculturaaz.com/el-cambio-de-uso-de-suelo-consecuencias-en-el-ciclo-hidrologico-y-la-disponibilidad-del-agua/>

Galicia, L., García, A., Gómez-Mendoza, L., & Ramírez, M. (2007). Cambio de uso del suelo y degradación ambiental. *Revista de la Academia Mexicana de Ciencias*, 58(4). Obtenido de <https://www.amc.edu.mx/revistaciencia/index.php/ediciones-antteriores/135.html>

García Cuadrado, A. (1995). Notas sobre la teoría general de sistemas. *Revista General de Información y Documentación*, 197-214.

García, E. (1998). Clasificación de climas. México: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Recuperado el 16 de julio de 2018, de <http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/>

Gómez García, M. (2018). *Evaluación del cambio de uso de suelo ocasionado por actividades antrópicas en el área del programa de ordenamiento ecológico territorial de Bacalar, Quintana Roo [Tesis de Licenciatura]*. Universidad Nacional Autónoma de México., México.

- Gómez Piovano, J., & Mesa, A. (2017). Determinación de densidades urbanas sostenibles en base a metodología relativa al acceso solar: caso área metropolitana de Mendoza, Argentina. *Revista de urbanismo*(36), 131-145.
- Hernández Millán, A. (1996). El estudio del crecimiento de las poblaciones humanas. En *Papeles de la población* (págs. 17-20). México: Universidad Autónoma del Estado de México. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/112/11201002.pdf>
- INAFED. (s.f.). *Enciclopedia de los municipios y delegaciones de México*. Obtenido de Estado de Oaxaca, San Juan Tepeuxila: <http://www.inafed.gob.mx/work/enciclopedia/EMM20oaxaca/municipios/20220a.html>
- INEGI. (1980). *X Censo General de Población y Vivienda 1980*. México: Instituto Nacional de Estadística y Geografía.
- INEGI. (1990). *XI Censo General de Población y Vivienda 1990*. México: Instituto Nacional de Estadística y Geografía.
- INEGI. (1995). *Censo de Población y Vivienda 1995*. México: Instituto Nacional de Estadística y Geografía.
- INEGI. (2000). *XII Censo de Población y Vivienda 2000*. México: Instituto Nacional de Estadística y Geografía.
- INEGI. (2005). *II Conteo de Población y Vivienda 2005*. México: Instituto Nacional de Estadística y Geografía.
- INEGI. (2010, a). *Censo de Población y Vivienda 2010*. México: Instituto Nacional de Estadística y Geografía.
- INEGI. (2010, b). *Documento técnico descriptivo de la red hidrográfica escala 1:50 000*. México: Instituto Nacional de Estadística y Geografía.
- INEGI. (2014). Diccionario de datos de uso de suelo y vegetación Escala 1: 250,000. En I. N. Geografía. México.
- INEGI. (2015). *Encuesta Intercensal 2015*. México: INEGI.
- INEGI. (2016). *Actualización del Marco Censal Agropecuario 2016*. Obtenido de <https://www.inegi.org.mx/programas/amca/2016/default.html#Tabulados>
- INEGI. (2017). *Cátedra INEGI*. Guanajuato: Instituto Nacional de Estadística y Geografía.

- INEGI. (s.f.a). *Densidad de población*. Obtenido de Cuentame... Población:
<http://cuentame.inegi.org.mx/poblacion/densidad.aspx?tema=P>
- INEGI. (s.f.b). *Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos*. Recuperado el 16 de julio de 2018, de San Juan Tepeuxila, Oaxaca 20220:
http://www3.inegi.org.mx/contenidos/app/mexicocifras/datos_geograficos/20/2020.pdf
- INEGI. (s.f.c). *Censos y Conteos de Población y Vivienda*. México: Instituto Nacional de Estadística y geografía.
- INEGI. (s.f.d). *Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas (DENUE)*. México: Instituto Nacional de Estadística y Geografía.
- Jiménez Nava, F. (s.f.). *Indicadores ambientales. El caso del Sistema Nacional de Información Estadística y Geográfica*. México: Instituto Nacional de Estadística y Geografía.
- Lambin, E. F., Turner, B. L., Geist, H. J., Agbola, S. B., Angelsen, A., Bruce, J. W., ... Xu, J. (2001). The causes of land-use and land - cover change : moving beyond the myths. En *Global environmental change, Vol. 11 No. 4* (págs. pp. 261-269).
- Latham, M. (2002). *Nutrición humana en el mundo en desarrollo*. Roma: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Obtenido de <http://www.fao.org/3/w0073s/w0073s09.htm>
- León Castillo, L. (2015). *Análisis Económico de la Población. Demografía*. Perú. Obtenido de <https://web.ua.es/es/giecryal/documentos/demografia-peru.pdf>
- León Peláez, J. (s.f.). *Evaluación del Impacto Ambiental de Proyectos de Desarrollo*. (J. Correa, Ed.) Editorial Universitaria. Obtenido de <http://biblioteca.semarnat.gob.mx/janium/Documentos/Ciga/Libros2011/CD001413.pdf>
- López , M., & Peña, V. (2013). *Hoja metodológica del indicador. Tasa anual de cambio de la superficie cubierta por diferentes coberturas (TCDC)*. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales- IDEAM. Colombia: Sistema de Indicadores Ambientales de Colombia. .
- Lugo, & Córdova. (2007). Geomorfología. En Instituto de Geografía, *Nuevo Atlas Nacional de México*. México.

- Luna Salinas, A. (2006). *Geografía*. (L. Gaona Figueroa, Ed.) México: Pearson Educación.
- Márquez Calle, G. (2000). Vegetación, población y huella ecológica como indicadores de sostenibilidad en Colombia. *Gestión y ambiente*(5), 33-49. Obtenido de <http://www.idea.unal.edu.co/publica/docs/veg-pob-huella-eco.pdf>
- Mas, J.-F., Velazquez, A., & Couturier, S. (2009). La evaluación de los cambios de cobertura/ uso del suelo en la República Mexicana. *Investigación ambiental*, 23-39.
- Mora-Berrantes, J., Molina-León, O., & Sibaja-Brenes, J. (2016). Aplicación de un método para evaluar el impacto ambiental de proyectos de construcción de edificaciones universitarias. *Tecnología en Marcha*, 29(3), 132-145. Obtenido de <https://www.scielo.sa.cr/pdf/tem/v29n3/0379-3982-tem-29-03-00132.pdf>
- Najera González, O., Bojórquez Serrano, J., Cifuentes Lemus, J., & Marceleño Flores, S. (2010). Cambio de cobertura y uso del suelo en la cuenca del Río Mololoa, Nayarit. *Revista Biociencias*, 19-29.
- Ojeda Leal, C. (2001). *Estado del arte en las conceptualizaciones del paisaje y el paisaje urbano. Una revisión bibliográfica*. Chile: Universidad de Concepción.
- Osorio-Zuluaga, G., & Duque Méndez, N. (2014). *Definición de los indicadores de la línea base ambiental de Caldas*. Colombia: Universidad Nacional de Colombia.
- Otero, H. (2008). El crecimiento de la población y la transición demográfica. En S. T. (comp.), *Población y bienestar en la Argentina del primero al segundo Centenario. Una historia social del siglo XX* (págs. 339-367). Buenos Aires, Argentina: Dirección General de Estadística y Censos Argentina. Obtenido de <http://www.pdfhumanidades.com/sites/default/files/apuntes/20%20-%20Otero%20Hernan%20-%20El%20crecimiento%20de%20la%20poblacion...%2816%20copias%29.pdf>
- Palladino, A. (2010). *Introducción a la demografía*. Argentina: Universidad Nacional del Nordeste. Obtenido de <https://med.unne.edu.ar/sitio/multimedia/imagenes/ckfinder/files/files/aps/INTRODUCCION%20A%20LA%20DEMOGRAFIA%20APS.pdf>
- Pellegrino, A. (2003). *Caracterización demográfica del Uruguay*. Uruguay: Facultad de Ciencias Sociales. Universidad de la República. Obtenido de http://www.anep.edu.uy/historia/clases/clase20/cuadros/15_Pellegrino-Demo.pdf

- PROFEPA. (s.f.). *La ley al servicio de la naturaleza - Glosario*. Obtenido de http://www.profepa.gob.mx/innovaportal/v/766/1/mx/glosario.html?num_letra=20&num_letra_siguiete=21
- Reliability and Risk, M. (noviembre de 2016). Obtenido de Metodologías de Confiabilidad I. Análisis de Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (MCC): <https://www.carec.com.pe/biblioteca/biblio/4/81/Lectura.%20MV%20AC-MCC.pdf>
- Reliabilityweb. (s.f.). *Reliabilityweb.com*. Obtenido de El análisis de Criticidad, una Metodología para mejorar la Confiabilidad Operacional: <https://reliabilityweb.com/sp/articulos/entry/el-analisis-de-criticidad-una-metodologia-para-mejorar-la-confiabilidad-ope>
- Reyes Hernández, H., Aguilar Robledo, M., Aguirre Rivera, J. R., & Trejo Vázquez, I. (2006). Cambios en la cubierta vegetal y uso del suelo en el área del proyecto Pujal-Coy, San Luis Potosí, México, 1973-200. *Investigaciones geográficas*, 26-42.
- Reyes, R. (2008-2010). *Plan Municipal de Desarrollo rural sustentable de San Juan Tepeuxila, Distrito de Cuicatlán, Estado de Oaxaca*. San Juan Tepeuxila, Oaxaca.: Plan Municipal de Desarrollo Rural Sustentable de San Juan Tepeuxila. Recuperado el 16 de julio de 2018
- Rosete Vergés, F. A., Pérez Damián, J. L., & Bocco, G. (2009). Contribución al análisis del cambio de uso del suelo y vegetación (1978-2000) en la Península de Baja California, México. *Investigación Ambiental*, 70-82.
- Ruiz, V., Savé, R., & Herrera, A. (2013). Análisis multitemporal del cambio de uso del suelo, en el Paisaje Terrestre Protegido Mirafior Moropotente Nicaragua, 1993-2011. *Revista Científica de Ecología y Medio Ambiente*, 117-123.
- Rzedowski, J. (2006). *Vegetación de México*. México: 1a. Edición digital, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad.
- Sánchez-Cordero, V., & Figueroa, F. (2007). La efectividad de las reservas de la biosfera en México para contener procesos de cambio en el uso del suelo y la vegetación. En G. Halffter, S. Guevara, & A. Melic, *Hacia una cultura de conservación de la diversidad biológica* (pág. 360). España: Monografías Tercer milenio.
- SEDESOL. (2013). *Unidad de Microregiones. Cédulas de Información Municipal (SCIM) Municipios: Nacional. San Juan Tepeuxila*. México: Secretaría de Desarrollo Social.

- SEGOB. (1999). *DECRETO por el que se declara área natural protegida, con el carácter de reserva de la biosfera, la región denominada Tehuacán-Cuicatlán, ubicada en los estados de Oaxaca y Puebla. (Segunda publicación)*. Secretaría de gobernación. México: Diario Oficial de la Federación. Recuperado el 13 de octubre de 2018, de http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=4948942&fecha=28/05/1999
- SEMARNAT. (2002). *Informe de la situación del medio ambiente en México. Compendio de estadísticas ambientales 2002*. Obtenido de http://www.paot.org.mx/centro/ine-semarnat/informe02/estadisticas_2000/informe_2000/02_Vegetacion/2.1_Vegetacion/index.htm
- SEMARNAT. (2011). ¿Qué amenaza a la biodiversidad? En SEMARNAT, *Serie ¿Y el medio ambiente? Biodiversidad. Conocer para conservar* (pág. 189). México: Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales.
- SEMARNAT. (2013). *Informe de la situación del medio ambiente en México. Compendio de estadísticas ambientales indicadores clave y desempeño ambiental. Edición 2012*. México: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.
- SEMARNAT. (s.f.a). *Indicador clave1 Vegetación natural remanente*. México: Sistema Nacional de Información Ambiental y Recursos Naturales. Obtenido de <https://apps1.semarnat.gob.mx:8443/dgeia/indicadores14/conjuntob/clave/clave01.html>
- SEMARNAT. (s.f.b). *Vegetación remanente*. Obtenido de https://apps1.semarnat.gob.mx:8443/dgeia/compartidos/pdf/COM_MET_VEGREM ANENTE.pdf
- SIAC. (s.f.). *Monitoreo del cambio en la cubiera por bosque natural*. Obtenido de Sistema de Información Ambiental de Colombia: <http://www.siac.gov.co/monitoreodesforestacion>
- SIAEC. (2007). *Sistema Integral de Información Ambiental del Estado de Coahuila*. Obtenido de Subsecretaría de Recursos Naturales: <https://www.sema.gob.mx/SRN-SIAECC-USO-CAMBIO.php>
- SIAP. (2018. a). *Cierre de la producción agrícola 1980-2018*. México: Servicio de información Agroalimentaria y Pesquera.

- SIAP. (2018. b). *Producción, precio, valor, animales sacrificados y peso 2018*. México: Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera.
- SIAP. (s.f.). *Normatividad para la generación de estadística básica agropecuaria y pesquera*. México: Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Obtenido de http://infosiap.siap.gob.mx/opt/agricultura/normatividad_agropecuaria/Normatividad_TGEBAP.pdf
- SNIARN. (2010). *Compendio de Estadísticas Ambientales 2010*. Obtenido de http://aplicaciones.semarnat.gob.mx/estadisticas/compendio2010/10.100.13.5_8080/ibi_apps/WFServlet1bdcb.html
- Sochava, V. (2015). El objeto de la geografía física a la luz de la teoría sobre los geosistemas. *GEOgraphia*, 234-244.
- UNAH. (s.f.). *Tasa de crecimiento demográfico*. Obtenido de Código TDC: http://faces.unah.edu.hn/catedraot/images/stories/Documentos/OUOT/Indicador_Desarrollo_02.pdf
- Velázquez , A., Mas, J., Díaz Gallegos, J., Mayorga Saucedo, R., Alcántara, P., Castro, R., . . . Palacio, J. (2002). Patrones y tasas de cambio de uso del suelo en México. *Gaceta ecológica*(62), 21-37. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/539/53906202.pdf>
- Velázquez Uribe, M. (1996). Dinámica poblacional y medio ambiente. *Ciencias*(44), 56-63. Obtenido de <https://www.revistaciencias.unam.mx/en/193-revistas/revista-ciencias-44/1831-din%C3%A1mica-poblacional-y-medio-ambiente.html>
- Verd, J. (2000). Recursos para las CTMA: La matriz de Leopold, un instrumento para analizar noticias de prensa de temática ambiental. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, Vol.8.3, 239-246.