



UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLÁS DE HIDALGO

INSTITUTO DE INVESTIGACIONES METALÚRGICAS

**“ANÁLISIS DE LOS PROCESOS DE CAMBIO DE
COBERTURA Y USO DEL SUELO DE LA ZONA
URBANA Y PERIURBANA DE LA CIUDAD DE
TUXTLA GUTIÉRREZ, CHIAPAS (1996-2013)”**

TESIS

Que presenta

ING. AMB. JULIA RAFAELA MARTÍNEZ VILLAR

Como requisito para obtener el grado de:

**MAESTRA EN GEOCIENCIAS Y PLANIFICACIÓN DEL
TERRITORIO**

Director de tesis:

DIRECTORA DE TESIS

Doctora en Ciencias Erna López Granados

Morelia, Michoacán. Febrero 2015,.



Dedicatorias y agradecimientos

A mi Madre por el incondicional apoyo que me ha dado.

A mi futuro bebé.

A mi asesora la Dra. Erna, por su ayuda y apoyo.

A mi Padre.

A mi esposo Ricardo por estar aquí conmigo apoyándome.

A los Profesores de la Maestría por compartir sus conocimientos.

Y a todos los que participaron directa o indirectamente en la realización de este trabajo.

Índice

1. Resumen	7
2. Abstract	8
3. Introducción	9
4. Área de estudio	14
4.1. Aspectos físico-ambientales	15
4.1.1. Hipsometría	15
4.1.2. Pendientes	16
4.1.3. Geología	17
4.1.4. Edafología	19
4.1.5. Geomorfología	21
4.1.6. Hidrografía	22
4.2. Aspectos socioeconómicos	24
4.2.1. Municipio de Tuxtla Gutiérrez	24
4.2.2. Municipio de Chiapa de Corzo	25
4.2.3. Municipio de Berriozábal	25
4.2.4. Municipio de Suchiapa	26
5. Antecedentes de investigación	27
6. Materiales y métodos	29
6.1. Clasificación de las coberturas y uso de suelo	31
6.1.1. Georreferenciación	33
6.1.2. Interpretación	34
6.1.3. Tasas de cambio	35
5.2. Análisis del cambio de cobertura y uso del suelo	35
5.2.1. Matrices de Markov	36
5.2.2. Relación cobertura natural/cobertura antrópica	37
5.3. Geomorfología	37
5.3.1. Modelo digital de elevación	38
5.3.2. Mapa hipsométrico	38
5.3.3. Mapa de pendientes	39
5.3.4. Ordenes de corriente	39
5.4. Identificación de la mancha urbana y el periurbano	39

6. Resultados y discusión	42
6.1. Análisis del cambio de cobertura y uso del suelo.	61
6.1.1. Matriz de Markov.	61
6.1.2. Relación cobertura natural/cobertura antrópica.	64
6.2. Crecimiento de la zona urbana y dinámica de crecimiento de la zona periurbana de la Ciudad de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. 1996-2013.	65
7. Conclusiones	76
7. Referencias bibliográficas	78

Índice de cuadros.

Cuadro 1. Elevaciones de la zona de estudio.	15
Cuadro 2. Clasificación de pendientes (grados).....	16
Cuadro 3. Tipos de rocas en la zona de estudio.....	18
Cuadro 4. Edafología de la zona de estudio.....	20
Cuadro 5. Principales formas del relieve.....	21
Cuadro 6. Subcuencas y superficies de la cuenca del Rio Sabinal.....	24
Cuadro 7. Leyenda extensa para cobertura y uso del suelo.....	32
Cuadro 8. Agrupación de las coberturas generales en naturales y antrópicas.....	37
Cuadro 9. Unidades geomorfológicas.....	38
Cuadro 10. Rangos usados para la clasificación de las elevaciones en el mapa hipsométrico.....	38
Cuadro 11. Clasificación de pendientes (grados).	39
Cuadro 12. Cobertura y uso de terreno de 1996-2013.	42
Cuadro 13. Categorías específicas de selva baja caducifolia en 1996-2013.....	46
Cuadro 14. Áreas de categorías específicas de cultivos de 1996-2013.....	46
Cuadro 15. Áreas de coberturas específicas del matorral subtropical.	50
Cuadro 16. Áreas de coberturas específicas del asentamiento humano 1996-2013.....	51
Cuadro 17. Áreas de Tuxtla Gutiérrez en los años 1996-2013.....	51
Cuadro 18. Áreas de coberturas específicas del suelo sin cobertura aparente.....	58
Cuadro 19. Matriz de probabilidad.....	62
Cuadro 20. Áreas de la cobertura natural y antrópica entre los años 1996 y 2013.....	64
Cuadro 21. Incrementos de población y superficie.....	67
Cuadro 22. Coberturas de la mancha urbana de Tuxtla Gutiérrez, 1996-2013.	70
Cuadro 23. Coberturas del periurbano de Tuxtla Gutiérrez, 1996-2013.	73

Índice de ilustraciones.

Ilustración 1. Cobertura y uso del suelo: A) cobertura: selva y B) uso de la selva: recursos maderables.....	12
Ilustración 2. Ubicación de la zona de estudio.	14

Ilustración 3. Mapa altimétrico de la zona de estudio.....	16
Ilustración 4. Mapa de pendientes.....	17
Ilustración 5. Mapa de la geología de la zona de estudio.....	19
Ilustración 6. Mapa edafológico.	20
Ilustración 7. Mapa de geoformas.	22
Ilustración 8. Mapa Hidrográfico.	23
Ilustración 9. Gráfica de población del municipio de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas.	24
Ilustración 10. Gráfica de población del municipio de Chiapa de Corzo.	25
Ilustración 11. Gráfica de población del municipio de Berriozábal.....	26
Ilustración 12. Gráfica de población del municipio de Suchiapa.	26
Ilustración 13 Puntos de control en imagen SPOT pancromática.	34
Ilustración 14 El perímetro del polígono abarca más que la cobertura y uso.....	35
Ilustración 15 El perímetro del polígono queda dentro de la cobertura y uso.	35
Ilustración 16 El perímetro del polígono queda sobre el límite de la cobertura y uso. Esta es la forma correcta.	35
Ilustración 17 Ejemplo de matriz de Markov.	36
Ilustración 18. Delimitación de la mancha urbana, la línea verde determina zonas habitacionales.	40
Ilustración 19. Fragmentación del periurbano en la zona NW.	41
Ilustración 20. Polígonos interpretados. A) Interpretación de 1996. B) Interpretación de 2013.....	42
Ilustración 21. Mapa de cobertura y uso del suelo del año 1996.	43
Ilustración 22. Mapa de coberturas generales 2013.....	44
Ilustración 23. Mapa de cobertura de la selva baja caducifolia.	45
Ilustración 24. Mapa de cobertura de cultivos 1996-2013.	47
Ilustración 25. Mapa de cobertura de pastizales 1996-2013.....	49
Ilustración 26. Mapa de ubicación del matorral subtropical 1996-2013.....	50
Ilustración 27. Col. "La Libertad", Berriozábal, 26.5 Ha en proceso de regularización.	52
Ilustración 28. "San Jerónimo", Berriozábal.....	52
Ilustración 29. Pastizales y selva baja caducifolia sobre carretera del distribuidor vial "La Pochota".....	52
Ilustración 30. Especulación inmobiliaria. Berriozábal.	52
Ilustración 31. Mina a cielo abierto. "Gorsa" concretos.....	52
Ilustración 32. Mapa de comparación de la mancha urbana de Berriozábal 1996 y 2013.	53
Ilustración 33. Fraccionamiento "San Sebastián", Chiapa de Corzo.	54
Ilustración 34. Embarcadero de Chiapa de Corzo.	54
Ilustración 35. Colonia Francisco I. Madero, Chiapa de Corzo.....	54
Ilustración 36. Especulación inmobiliaria, Chiapa de Corzo.....	54
Ilustración 37. Mapa de comparación de la mancha urbana de Chiapa de Corzo en los años 1996 y 2013.....	55
Ilustración 38. Panorámica de Suchiapa.	56
Ilustración 39. Campus Politécnico. Suchiapa.....	56
Ilustración 40. Mapa de comparación de la mancha urbana de Suchiapa de los años 1996 y 2013.....	56

Ilustración 41. Mapa de ubicación de la vegetación riparia 1996-2013.....	57
Ilustración 42. Mapa de ubicación del suelo sin cobertura aparente 1996-2013.....	59
Ilustración 43. Mapa de ubicación de cuerpo de agua 1996-2013.....	60
Ilustración 44. Mapa de ubicación del suelo fraccionado 1996-2013.	61
Ilustración 45. Mapa de relación entre la cobertura natural y la cobertura antrópica de la zona de estudio.	65
Ilustración 46. Mapa comparativo del crecimiento de la mancha urbana de la ciudad de Tuxtla Gutiérrez en los años 1996-2013.....	66
Ilustración 47. Nuevas construcciones, A) Bonanza y Real del Bosque, B) Jardines del Grijalva, C) Campus UNACH y D) Aurrera.....	67
Ilustración 48. Mapa de crecimiento manchas urbanas 1996 2013.....	68
Ilustración 49 Zona Metropolitana de la Ciudad de Tuxtla Gutiérrez de acuerdo con SEDESOL.....	69
Ilustración 50. Mapa de cobertura y uso del suelo la mancha urbana de Tuxtla Gutiérrez.	72
Ilustración 51. Mapa de coberturas y uso del suelo del periurbano de Tuxtla Gutiérrez. ...	74
Ilustración 52 La mancha urbana de la ciudad de Tuxtla Gutiérrez está creciendo sobre lomeríos altos.....	75

1. Resumen

Los estudios sobre los cambios en la cobertura y uso del suelo ayudan a conocer la dinámica del cambio que ocurre en el paisaje y apoyan en la búsqueda de los factores que provocan que éstos ocurran, estas dinámicas de cambios son notorias en el periurbano, que es un espacio multifuncional en coberturas y usos de suelo y por estar sometido a transformaciones cuyo dinamismo está determinado desde la ciudad. En nuestro país la ocupación del suelo en las áreas periurbanas de las ciudades generalmente se realiza de una manera no planificada, constituyendo un espacio de gran heterogeneidad y crecimiento acelerado, donde pueden presentarse problemáticas sociales, ambientales y un mercado de suelo poco transparente. A pesar de la importancia de este tipo de estudios en México y Latinoamérica existen pocas investigaciones referentes a la zona periurbana en ciudades, en especial en las diferentes capitales de los estados de la República Mexicana, como es el caso de la Ciudad de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. El objetivo general de esta investigación es: estudiar los procesos de cambio de la cobertura y uso del suelo en la zona urbana y periurbana de la ciudad de Tuxtla Gutiérrez en los años de 1996 y 2013. Los insumos utilizados para estudiar los procesos de cambio y uso de suelo fueron las ortofotos de INEGI del año de 1996 e imágenes satelitales SPOT 2013. Para ambos años de estudio se identificó la cobertura y uso del suelo de la zona de estudio y se realizó una matriz de Markov para conocer los procesos de cambio existentes. La interpretación de la mancha urbana y el periurbano de la ciudad de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas se realizó de forma visual y manual, obteniendo un total de 25,233 polígonos interpretados de los cuales 11,957 corresponden al año de 1996 y 13,276 al año 2013; estos polígonos se agruparon en 9 categorías generales para analizar los procesos de cambio en la cobertura y uso. La superficie que cubría la Ciudad en el año 1996 fue de 6,121 ha y para el año 2013 la ciudad tenía una extensión de 8,299 ha, lo cual indica que la ciudad creció 1,687 ha en 17 años; las principales categorías que mantuvieron, aumentaron y disminuyeron su área fueron: zonas habitacionales en 1996 y 2013 ocupaban 68% del área, los predios baldíos en 1996 ocupaban 24% de la Ciudad pero en 2013 su área disminuyó a 19% y las zonas comerciales aumentaron su cobertura de 3% en 1996 a 5% en 2013. En el caso del periurbano el área que tenía en 1996 era de 13,296 ha y disminuyó su área a 7,808 ha en 2013. Son 9 categorías generales que se encuentran en el periurbano, de éstas las principales categorías son: selva baja caducifolia que ocupaba 42% del área en 1996 y disminuyó a 37% en 2013, el matorral subtropical ocupaba 18% del área en 1996 pero disminuyó 8% en 2013, los asentamientos humanos cubrían 37% del área en 1996 y disminuyó a 15% en 2013 y los también sufrieron una disminución en su área ya que en 1996 cubrían 20% del periurbano y en 2013 disminuyó a 7%.

2. Abstract

The studies on the changes in the coverage and use of the soil help to know the dynamics of the change that happens in the scenery and they support in the search of the factors that they provoke that these happen, these changes dynamics are well-known in the periurbano, which is a multifunctional space in coverages and uses of soil and for to be submitted to transformations which dynamism is determined from the city. In our country the occupation of the soil in the areas periurbanas of the cities generally is realized in not planned way, constituting a space of big heterogeneity and intensive growth, where they can present themselves problematic social, environmental and a market of slightly transparent soil. In spite of the importance of this type of studies in Mexico and Latin America few investigations regarding the area exist periurbana in cities, especially in the different capitals of the states of the Mexican Republic, as it is the case of the City of Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. The general target of this investigation is: to study the processes of change of the coverage and use of the soil in the urban area and periurbana of the city of Tuxtla Gutiérrez in the year 1996 and 2013. The inputs used to study the processes of change and use of soil were the ortofotos of INEGI of the year 1996 and images satelitales SPOT 2013. For both years of study there was identified the coverage and use of the soil of the area of study and a Markov counterfoil was realized to know the existing change processes. The interpretation of the urban spot and the periurbano of the city of Tuxtla Gutiérrez, Chiapas was carried out of visual and manual form, obtaining a whole of 25,233 interpreted polygons of which 11,957 correspond a year 1996 and 13,276 a year 2013; these polygons gathered together in 9 general categories to analyze the change processes in the coverage and use. The surface that was covering the City in the year 1996 was 6,121 there is and for the year 2013 the city had an extension of 8,299 there is, which indicates that the city grew 1,687 there is in 17 years; the main categories that they maintained, increased and diminished its area were: areas habitacionales in 1996 and 2013 they were occupying 68 % of the area, the uncultivated properties in 1996 were occupying 24 % of the City but in 2013 its area diminished 19 % and the commercial districts increased its coverage of 3 % in 1996 to 5 % in 2013. In case of the periurbano the area that it had in 1996 was 13,296 there is and it diminished its area to 7,808 there is in 2013. There are 9 general categories that are in the periurbano, give these the main categories they are: forest lowers caducifolia that 42 % of the area was occupying in 1996 and it diminished 37 % in 2013, the subtropical bush was occupying 18 % of the area in 1996 but it diminished 8 % in 2013, the human establishments were covering 37 % of the area in 1996 but it diminished 8 % in 2013, the subtropical scrub occupied 18% of the area in 1996 but decreased by 8% in 2013, the human settlements covering 37% in 2013 of the area in 1996 and decreased to 15% in 2013 and also suffered a decline in their area which in 1996 covered 20% of the urban fringe areas and in 2013 fell to 7 %.

3. Introducción

El mundo del siglo XXI es predominantemente urbano, de acuerdo a las Naciones Unidas, desde el año 2008 la mitad de la población mundial vivía en ciudades, y la proporción de población urbana llegará a 53% en 2015, liderada por América Latina, que llegará a un 81% (UNFPA, 2007). Esta situación se acentúa en países desarrollados y es aún más evidente en países en proceso de desarrollo altamente urbanizados (como México) que son los menos preparados para ofrecer servicios públicos y privados de calidad, como transporte, vivienda, agua potable, empleo, salud y educación (PNUD, 2007).

En nuestro país, se ha elegido desde hace décadas un modelo de desarrollo económico y social que privilegia el desarrollo de las ciudades sobre el campo, la población urbana (la que radica en asentamientos mayores de 15 mil habitantes) ha llegado a mediados del 2010 a 78.7 millones de personas, lo que equivale a 73% del total de la población nacional (Conapo, 2010).

En la periferia de las ciudades suceden cambios sociales, económicos o ambientales que se producen por el crecimiento de la mancha urbana, esta zona es llamada “periurbana” que es el área que rodea el borde de la ciudad, que se sitúa en sus límites y marca la transición entre el espacio urbano y rural (Argüelles y Vieyra, 2012). El periurbano es un territorio de transición rural-urbano, en permanente transformación o en expectativa de ser transformado, frágil y susceptible, con una gran heterogeneidad en los usos del suelo y en constante desplazamiento. Por su complejidad de estudio ha recibido diversas denominaciones periferia urbana, franja urbana, “ciudad difusa”, frontera campo-ciudad, “ciudad dispersa”, territorios de borde, borde urbano/periurbano, borde exterior de la ciudad, contorno de la ciudad, cinturón de especulación inmobiliaria, interfase o ecotono urbano-rural y huella ecológica de la urbe. Todos los conceptos que existen sobre una misma zona refuerzan la idea de que es un territorio difícil de conceptualizar y delimitar (Svetlitz, 2011).

En décadas anteriores el periurbano se caracterizaba por ser utilizado como zona habitacional para el establecimiento de tugurios¹ de las personas de escasos recursos que migraban hacia las ciudades. Actualmente se ha comenzado a usar para la instalación de actividades económicas, y la ubicación de zonas residenciales de estratos sociales medio/altos, y altos; dando pie a la segregación socio-espacial. Estas modificaciones en el uso del periurbano traen consigo cambios en el medio natural a través de la implantación de nuevas especies de flora que invaden el crecimiento y funcionamiento de las especies nativas, alteran los procesos ecosistémicos básicos como el ciclo del agua, la productividad biológica, los pulmones verdes; por tanto, entre más control o descontrol se tenga sobre el periurbano mayor o menor será el efecto que tenga esté en la provisión

¹ Según ONU-Hábitat, está constituido por un grupo de personas que viven bajo un mismo techo en una zona urbana y carecen uno o más de los siguientes elementos: residencia permanente, espacio suficiente para vivir, acceso a agua no contaminada, instalaciones de saneamiento y seguridad en la tenencia (UNFPA, 2011).

de energías y recursos a las ciudades. Los procesos de periurbanización se producen con un desarrollo discontinuo, la franja periurbana surge de manera irregular alrededor de la ciudad generando áreas de baja densidad poblacional; con un desarrollo radial al seguir las vías de acceso a esta, y con un desarrollo precario ya que funge como suelo urbano en medio de suelo de uso rural. La periurbanización ha propiciado, un aprovechamiento rápido y discontinuo del suelo favoreciendo los intereses de los urbanizadores, la especulación, las líneas de transporte público, las normas y políticas de urbanización que promueven el crecimiento de sectores específicos y, atienden a las estrategias de municipales y particulares para conseguir terrenos urbanizables (Martínez 2014).

Una de las principales características del periurbano es que posee la mayor complejidad de usos de suelos intercalados y sus procesos de cambio son intensos, por este motivo es importante analizar las transformaciones que ocurren en el uso de suelo y vegetación. Dichos cambios indican el impacto de las actividades económicas y el desarrollo de las comunidades humanas sobre el territorio y sus recursos, y permiten identificar problemas relativos a la sustentabilidad de las actividades humanas. (SEMARNAT, 2004.) La importancia de estudiar el cambio de la cobertura y uso del suelo radica en que a escala global, regional y local, los cambios están transformando las coberturas a un paso acelerado. La identificación espacial y la cuantificación de los cambios contribuyen a la caracterización del territorio y a la ubicación de áreas de atención prioritarias, así como al establecimiento de políticas correctivas y a la formulación de planes de acción respectivos para el mejor manejo de los recursos. (SEMARNAT, 2004.)

Para poder llevar a cabo la identificación espacial, analizar y cuantificar los cambios de cobertura y uso del suelo que sucede en la zona urbana y periurbana de la zona de estudio es necesario trabajar con Sistemas de Información Geográfica (SIG's) y Percepción Remota.

Los SIG's son una combinación de software, hardware y personal capacitado que trabajan en conjunto para capturar, almacenar, consultar, analizar, crear y representar datos geográficamente referenciados; con el propósito de identificar las relaciones espaciales de los fenómenos geográficos, tanto naturales como antropogénicos, que ocurren sobre la superficie terrestre (González, 2008). Los sistemas de información geográfica crean una representación de la superficie terrestre "modelos", los cuales pueden ser mapas, que son imágenes que representan la superficie terrestre y bases de datos que guardan información acerca de un tema específico. Estos modelos facilitan la observación de las relaciones espaciales que se presentan cuando un fenómeno geográfico ocurre. Los principales objetivos de un SIG, son (Vicente y Bhém, 2008) 1): consultar y analizar información a través de su representación espacial y sus atributos asociados, y 2) conocer el comportamiento espacial de los datos para resolver situaciones y problemas del mundo real. Una de las principales ventajas que tienen los SIG's es que pueden trabajar con diferentes tipos de información espacial. Debido a sus características y forma de trabajo son útiles en cualquier disciplina que necesite la combinación de planos cartográficos y bases de datos

como: ingeniería civil, diseño de carreteras, presas y embalses, estudios medioambientales, estudios socioeconómicos y demográficos, planificación de líneas de comunicación, ordenamiento territorial, estudios geológicos y geofísicos, así como prospección y explotación de minas, entre otros (Mehl y Peinado, 2000).

La percepción remota son los datos adquiridos mediante algún dispositivo que no está en contacto físico con dicho objeto (Martínez Muñoz y Díaz Ponce, 2005), los principales dispositivos usados para obtener estos datos son los satélites. Las principales fuentes básicas de información para la obtención de datos de cobertura y uso del suelo en la percepción remota son las imágenes satelitales y las ortofotos. Las imágenes satelitales son una matriz digital de puntos capturada por un sensor montado a bordo de un satélite que orbita alrededor de la Tierra. A medida que el satélite avanza en su órbita “barre” la superficie con un conjunto de detectores que registran la energía reflejada (Martínez Muñoz y Díaz Ponce, 2005). Las ortofotos son una representación fotográfica de una zona de la superficie terrestre, donde todos los elementos presentan la misma escala libre de errores y deformaciones, con la misma validez de un plano cartográfico (INEGI, 2014).

Entendemos por cobertura a todo aquello que cubre la superficie terrestre, las coberturas pueden ser de origen natural o antrópicas (cuerpos de agua, asentamientos humanos, bosques de coníferas, etc.); y el uso del suelo es la forma en la que los seres humanos utilizan la cobertura para satisfacer sus necesidades básicas y espirituales (Ilustración 1). Existen dos modalidades de cambio de cobertura: 1) las que ocurren de una categoría de cobertura a otra: de bosque a pastizal y 2) la modificación dentro de una misma categoría de cobertura: de cultivo de temporal a cultivo de riego. La conversión implica un cambio evidente y la modificación es un cambio más sutil entre las coberturas por lo que requiere de un gran nivel de detalle a escala espacial y temporal para ser detectada (Jansen y Di Gregorio 2002).

Al momento de clasificar las coberturas y los usos del suelo es necesario conocer la escala adecuada de trabajo; la cual se determina a partir de los objetivos de la investigación y la zona de estudio (escala temporal y espacial); los insumos con los cuales se trabajará (imágenes satelitales o fotografías aéreas) y la leyenda a utilizar. Tanto la cobertura como los usos del suelo son clasificados para su análisis, las coberturas pueden ser divididas a través de una leyenda en diversas categorías que pueden ser bosques, pastizales, áreas de cultivos, etc. dichas categorías pueden tener nuevas subdivisiones ya que podemos dividir la categoría de bosques en bosques de coníferas que a su vez pueden ser abiertos o cerrados. Otro ejemplo son la categoría de cultivos, ya que estos se pueden subdividir en cultivos de riego y secano. Una misma categoría puede tener diversos usos. Al crear las categorías en las cuales dividiremos la cobertura y los usos del suelo es necesario tomar en cuenta que deben ser jerárquicas y anidadas para que se pueda incrementar el nivel de detalle o generalizar las categorías utilizadas. Con los estudios de cobertura y uso del suelo se puede comprender la interacción y los cambios que se dan entre ellos.

Ilustración 1. Cobertura y uso del suelo: A) cobertura: selva y B) uso de la selva: recursos maderables.



A)



B)

Está claro que la delimitación del área periurbana es una tarea compleja, ya que los límites de lo periurbano son imprecisos, no sólo porque física o geográficamente sea difícil establecer con nitidez una separación clara entre la ciudad y sus territorios periurbanos próximos, o entre éstos y lo que se considera como rural, sino también porque en tales territorios suelen manifestarse formas de sociedad cuyas características sociales y económicas se encuentran a menudo en proceso de cambio y redefinición (Entrena, 2004).

A pesar de la importancia a nivel mundial de estudiar la zona periurbana y los cambios de cobertura y uso que en él se presentan; en México y Latinoamérica existe escasa literatura referente a este tema, así como tampoco existen estudios completos en ciudades; siendo un ejemplo de esto la Ciudad de Tuxtla Gutiérrez, capital de Chiapas, la cual es una ciudad media localizada al sureste de la República Mexicana que se encuentra en continuo crecimiento y desarrollo desde finales del siglo pasado. Es por este motivo que se realizó este trabajo, teniendo como objetivo general:

Estudiar el proceso de cambio de cobertura vegetal y uso de suelo que se presentan en la zona periurbana de la ciudad de Tuxtla Gutiérrez para los años de 1996 y 2013.

Para poder llevar a cabo el objetivo general, se realizaron los siguientes objetivos particulares:

- Delimitar la zona urbana y periurbana de la ciudad de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas en ambos años de estudio.
- Identificar y analizar la cobertura y uso del suelo en la zona urbana y periurbana de la ciudad de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas en ambos años de estudio.
- Identificar el desplazamiento de la zona urbana y periurbana de la zona de investigación en el periodo 1996-2013.
- Caracterización biofísica de la zona de estudio.

El presente trabajo se encuentra dividido en los siguientes apartados: área de estudio, antecedentes de investigación, materiales y métodos; y resultados y discusión.

En el área de estudio se describe la zona de estudio en sus aspectos físico-ambientales, como: hipsometría, pendientes, geología, edafología, hidrografía y la geomorfología; también se describen los aspectos socioeconómicos de las principales cabeceras municipales que se asientan en la zona, que son la ciudad de Tuxtla Gutiérrez, Berriozábal, Chiapa de Corzo y Suchiapa.

En los antecedentes de investigación se describen los trabajos que se han realizado en la zona de estudio, como son: tesis, libros o artículos.

En materiales y métodos se describen tanto el procedimiento como los insumos utilizados para llevar a cabo la investigación.

En la metodología se describe qué pasos se llevaron a cabo para la creación de la leyenda de la cobertura y uso del suelo, el estudio de uso de suelo y vegetación, la identificación del periurbano.

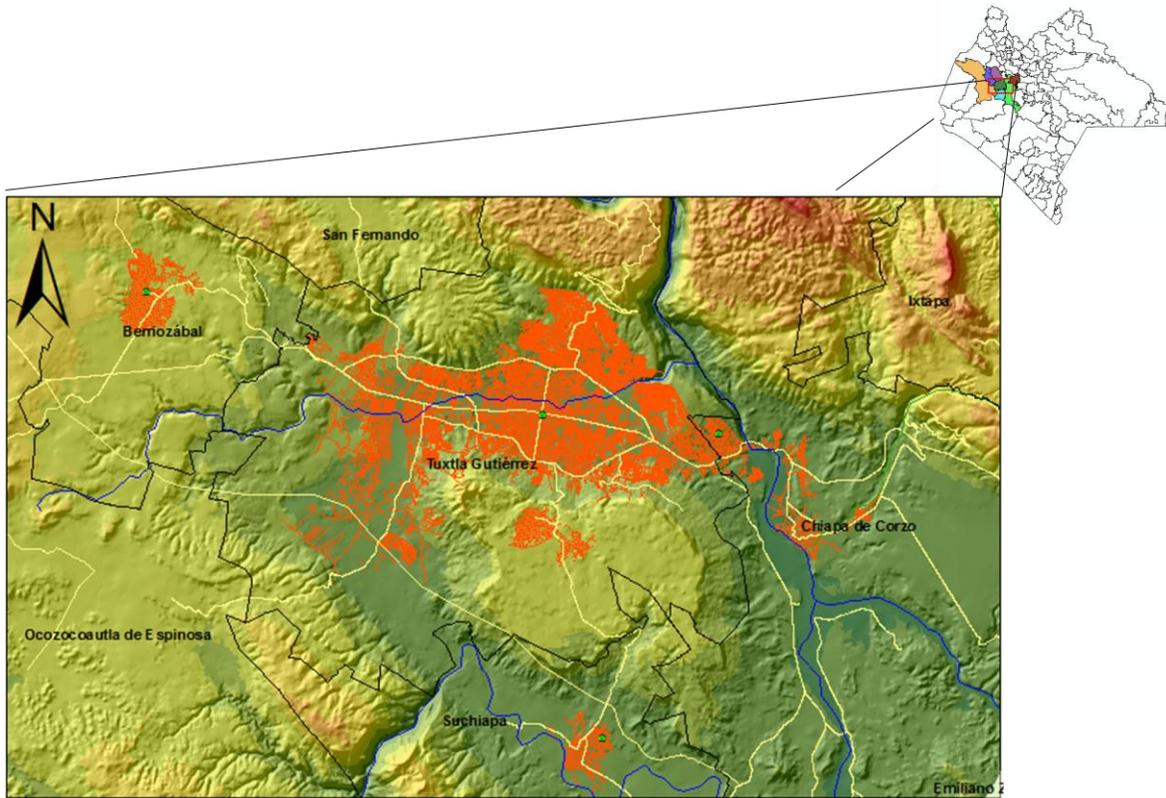
En el capítulo correspondiente a los resultados y discusión de los mismos se encuentran las estadísticas relacionadas con la interpretación de la zona de estudio, la identificación del periurbano de los años 1996 y 2013, el crecimiento del tamaño de la ciudad de Tuxtla Gutiérrez y ciudades cercanas en los dos años de estudio y su relación con el cambio de cobertura y uso del suelo.

Finamente las conclusiones enlistan los alcances y logros de la investigación en función de los objetivos y preguntas de investigación que dirigieron la el trabajo.

4. Área de estudio

El área de estudio tiene una extensión de 106,727 ha y abarca siete municipios: Tuxtla Gutiérrez, Berriozábal, Chiapa de Corzo, San Fernando, Ocozocoautla, Suchiapa e Ixtapa; de los municipios mencionados cuatro tienen su cabecera municipal dentro de la zona de estudio (Ilustración 2): Tuxtla Gutiérrez (capital del Estado de Chiapas), Chiapa de Corzo, Berriozábal, y Suchiapa.

Ilustración 2. Ubicación de la zona de estudio.



En los siguientes temas se describen los aspectos físico-ambientales de la zona de estudio y los aspectos socioeconómicos de las cabeceras municipales antes mencionadas.

4.1. Aspectos físico-ambientales

En este apartado los datos y mapas mostrados en los subtemas de: hipsometría, pendientes y geomorfología; son parte de los resultados obtenidos en la investigación pero se colocaron en este apartado para describir mejor el área de estudio.

4.1.1. Hipsometría

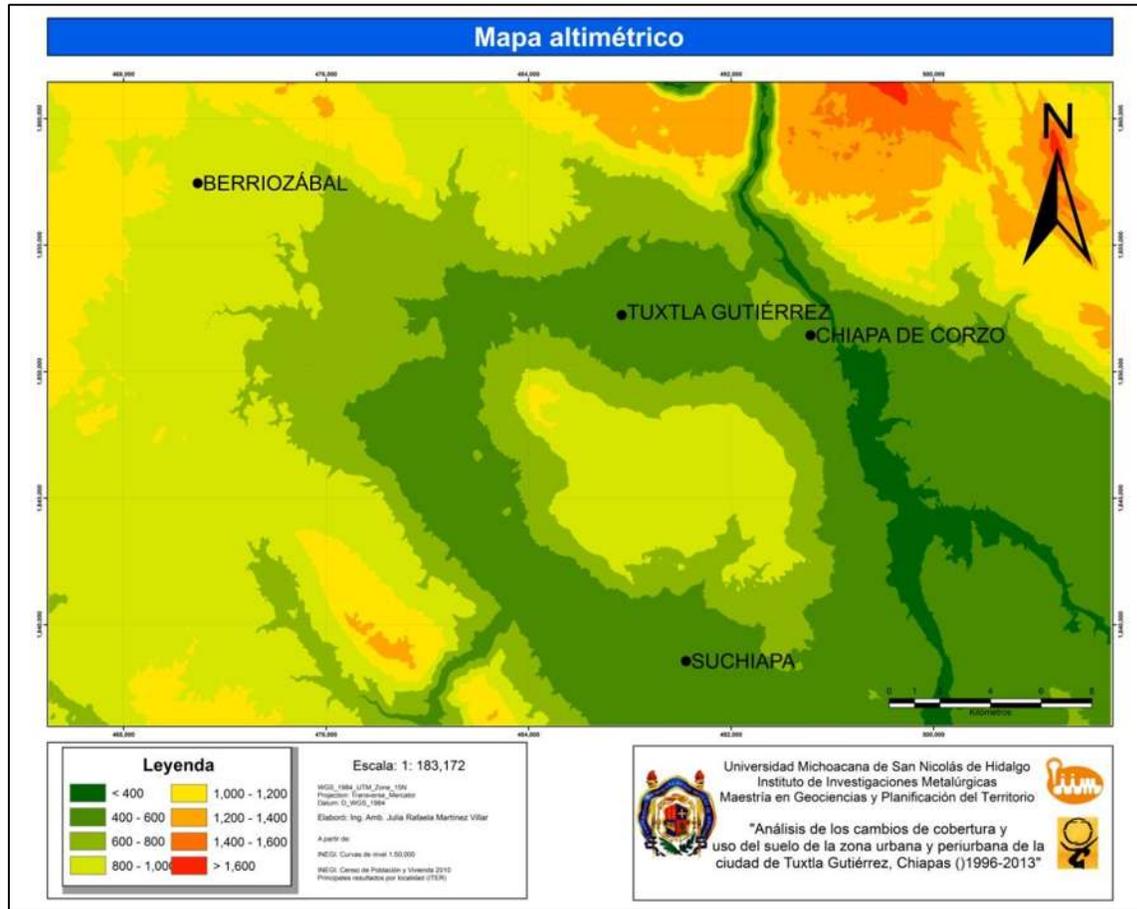
En la zona de estudio las altitudes son desde <400 m.s.n.m hasta >1,600 m.s.n.m (Cuadro 1), las elevaciones <400m.s.n.m ocupan el 3% de la zona de trabajo y corresponden al cauce del río Grijalva que atraviesa la falla geológica “Cañón del Sumidero” y del río Santo Domingo. Las elevaciones de 400-800 m.s.n.m ocupan 46% de la zona y se ubican al centro del área de trabajo que forma parte de la “Depresión Central de Chiapas” además que sobre estas elevaciones se encuentra ubicada las ciudades de: Tuxtla Gutiérrez, Chiapa de Corzo y Suchiapa; igualmente se encuentran ubicados los ríos: Grijalva, Suchiapa y Santo Domingo. Las altitudes de 800-1,200 m.s.n.m ocupan el 44% de la zona de trabajo, estas altitudes se ubican al norte, poniente, sur y en la zona central en la elevación “Meseta de Copoya” (Ilustración 3).

Cuadro 1. Elevaciones de la zona de estudio.

Elevación.	Area (Ha)	Area (%)
< 400	2,864	3
400- 600	31,192	29
600 – 800	18,562	17
800 – 1,000	33,435	31
1,000 – 1,200	13,544	13
1,200 – 1,400	5,844	5
1,400 – 1,600	1,153	1
> 1,600	128	0.12

Las elevaciones de 1,200-1,600 m.s.n.m ocupan el 6% del área y se encuentran principalmente hacia el norte de la zona de estudio donde se ubica la falla geológica “Cañón del Sumidero”. Las elevaciones >1,600 m.s.n.m sólo ocupan 0.12% de la zona de trabajo ubicándose en las partes más altas del falla antes mencionada.

Ilustración 3. Mapa altimétrico de la zona de estudio.



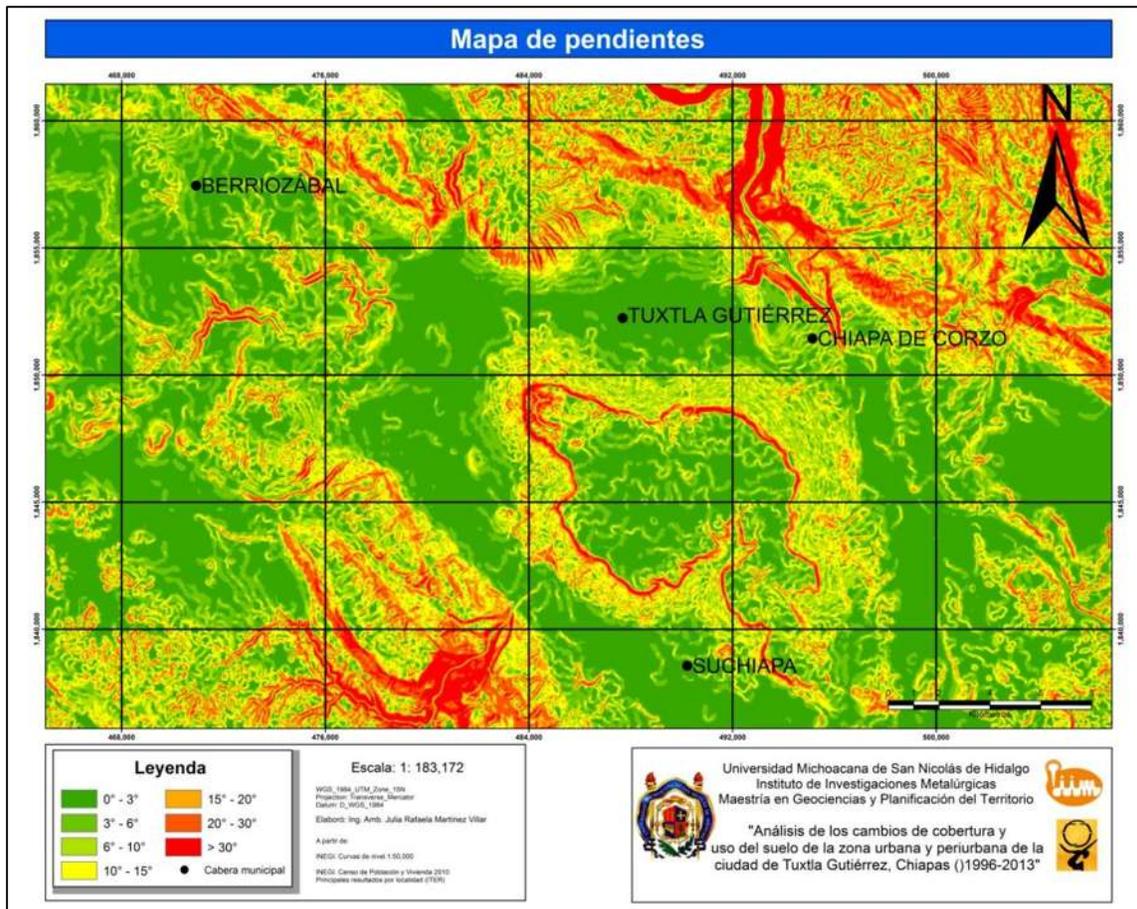
4.1.2. Pendientes

Las pendientes varían desde 0° hasta >30° (Cuadro 2), las principales pendientes van desde los 0° hasta los 10° ocupando el 66% de la zona de estudio, las pendientes de 10° a 20° ocupan el 23% de la zona y las pendientes mayores a 20° ocupan sólo el 11% y se ubican en laderas (Ilustración 4).

Cuadro 2. Clasificación de pendientes (grados).

Pendiente	Área (Ha)	Superficie (%)
0° - 3°	33,936	32
3° - 6°	19,517	18
6° - 10°	17,357	16
10° - 15°	14,848	14
15° - 20°	9,219	9
20° - 30°	8,351	8
>30°	3,494	3

Ilustración 4. Mapa de pendientes.



4.1.3. Geología

La zona de estudio se encuentra en la provincia geológica denominada "Cinturón Chiapaneco de pliegues y fallas", esta provincia es la más extensa de la entidad, cubre aproximadamente un 70% de la superficie del estado y está conformada principalmente por extensos afloramientos de rocas sedimentarias calcáreas y arcillo-calcáreas pertenecientes al grupo Sierra Madre de edad Mesozoica (Castro-Mora, 1999).

De acuerdo con la carta Geológico-minera Tuxtla Gutiérrez E1511, en la zona de estudio, las rocas más antiguas son del Cretácico inferior hasta el superior y están cubiertas por rocas terciarias.

Cuadro 3. Tipos de rocas en la zona de estudio.

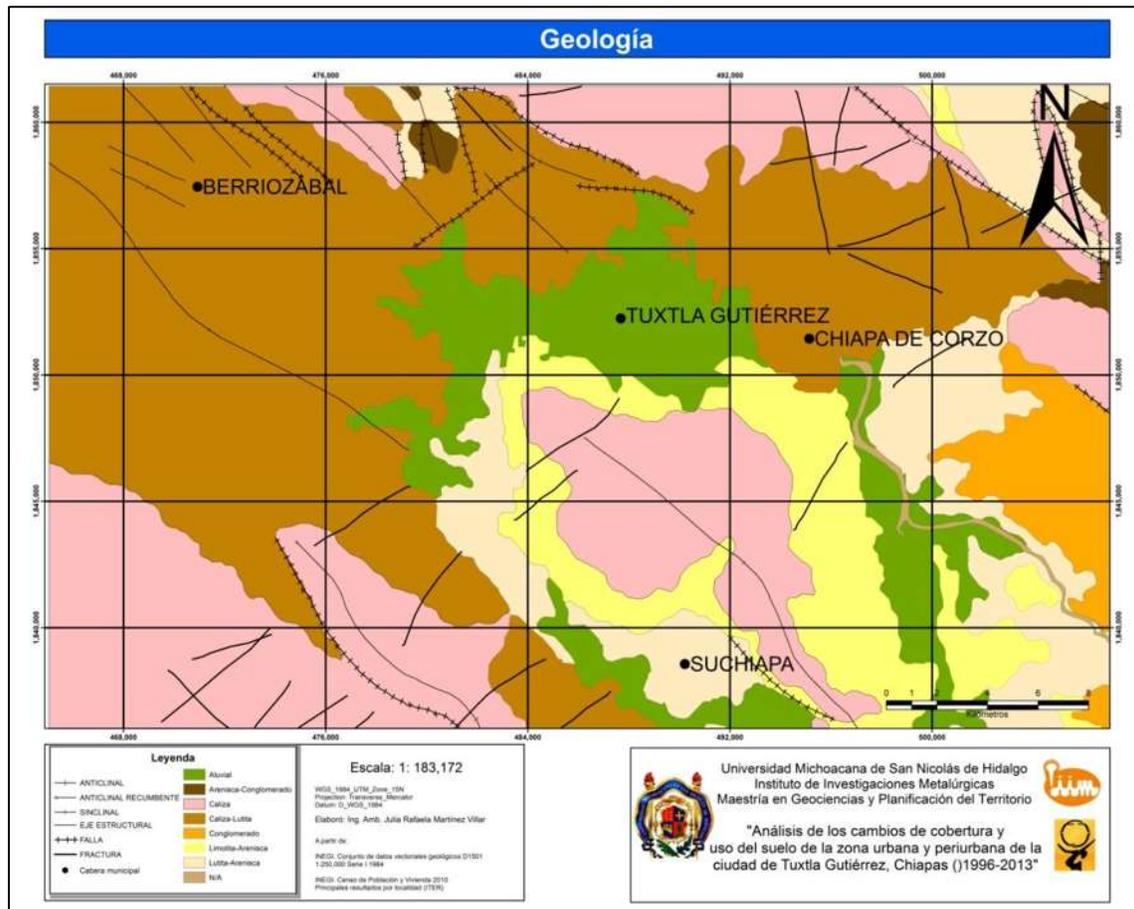
Rocas	Área (ha)	Área (%)
Caliza-lutita	40,973	38
Caliza	27,518	26
Lutita-arenisca	11,770	11
Aluvial	11,181	10
Limolita-arenisca	10,075	9
Conglomerado	3,628	3
Arenisca-conglomerado	1,051	1
N/A	373	0.35

Fuente: INEGI, 1984.

Se observan en la zona Norte y Sur anticlinales y sinclinales con orientación NW-SE, como: sinclinal Ocozocuautila, anticlinal el Sumidero, anticlinal Turipache, sinclinal Ixtapa, anticlinal Adolfo y anticlinal Suchiapa. En la parte norte de la zona de estudio se encuentran una serie de fallas transcurrentes de extensión regional que dan origen al sistema Malpaso-Grijalva y presentan una orientación E-W y NW-SE, en las que se encuentran: falla Malpaso-Aztlan, falla San Gabriel, falla Zapatilla y falla Zoquentic. Otras son: falla San Juan, falla Tuxtla, anticlinal la Unión y sinclinal Copoya (SGM, 1997).

Las principales rocas que se encuentran en la zona de estudio (Cuadro 3) de acuerdo al conjunto de datos geológicos vectoriales del INEGI, son: lutitas calcáreas que abarcan un área de 40,973 Ha y se encuentra ubicada en la parte central de la zona de estudio y se extiende de Poniente a Oriente. Las Calizas tienen un área de 27,518 Ha y se encuentran distribuidas en la zona Norte, Sur y en el centro de la zona de estudio, en esta última zona las calizas se encuentran conformando la Meseta de Copoya. Las unidades intercaladas de lutita-arenisca también comprenden la mayor extensión, estas rocas tienen un área de 11,770 Ha y se encuentran ubicadas en la zona Norte-Oriente, Sur y Sur-Oriente de la zona de estudio. Las intercalaciones de limonitas y arenisca abarcan un área de 11,075 Ha y se encuentra ubicada en el centro de la zona de estudio, rodeando casi en su totalidad a las rocas calizas que conforman a la "Meseta de Copoya".

Ilustración 5. Mapa de la geología de la zona de estudio.



4.1.4. Edafología

De acuerdo al Conjunto de Datos Vectoriales Edafológicos 1:250,000 del INEGI, son ocho tipos de suelo que se encuentran en la zona de estudio (Cuadro 4), el suelo más predominante en la zona es el vertisol que cubre 41% del área y se extiende desde el poniente a oriente en la zona de estudio (Ilustración 6), sobre este suelo se encuentran asentadas las ciudad de Tuxtla Gutiérrez y Chiapa de Corzo además de los causes de los ríos Grijalva, Suchiapa y Santo Domingo.

El segundo suelo con más extensión de área es el rendzina, cubre 32% de la superficie, y se localiza al sur, al norte y al centro de la zona de estudio. Sobre este suelo se encuentra asentada la ciudad de Berriozábal.

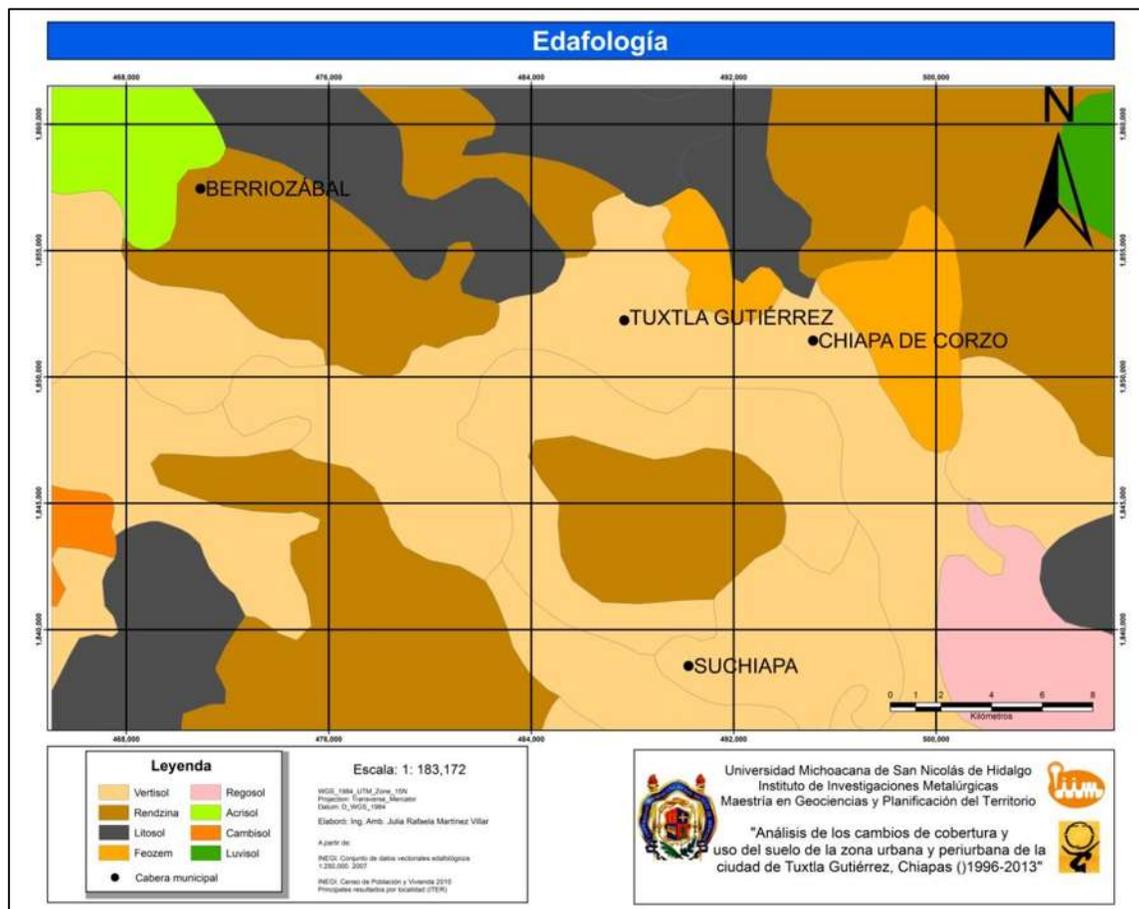
Cuadro 4. Edafología de la zona de estudio.

Suelos	Área (ha)	Área (%)
Vertisol	44,011	41
Rendzina	34,274	32
Litosol	15,474	14
Feozem	4,390	4
Regosol	4,124	4
Acrisol	2,987	3
Cambisol	650	1
Luvisol	1,062	1

Fuente: INEGI, 2007.

El suelo Litosol cubre 14% de la superficie de la zona de trabajo, se ubica al norte y al sur de zona de estudio. Otros suelos que se encuentran, en menor medida, son el Feozem (4%), el Regosol (4%), el acrisol (3%), cambisol (1%) y el luvisol (1%).

Ilustración 6. Mapa edafológico.



4.1.5. Geomorfología

Las principales geoformas que se encuentran en la zona de estudio son (Cuadro 5 e Ilustración 7):

- Valles: se localiza en la parte central del zona de estudio ocupando el 27% del área, el 83% de su superficie tienen pendientes entre los 0° hasta los 6°; está conformado por: suelo aluvial (32%), caliza-lutita (27%) y lutita-arenisca (16%). Sobre su superficie se desarrollan suelos como: vertisol (63%), rendzina (15%) y Litosol (12%).
- Piedemonte: sólo ocupa el 3% de la zona de estudio, tiene pendientes desde 0° hasta los 10° en el 86% de su superficie; el 56% del piedemonte está conformada por caliza-lutita, 31% por suelo aluvial y 12% por lutita-arenisca. Los suelos están conformados por: Vertisol (59%), Feozem (21%) y Litosol (18%).
- Altiplanicie: cubren el 18% de la zona de estudio y se encuentran ubicadas al oriente y en la parte central (Meseta de Copoya), el 47% de las altiplanicies tienen pendientes de 0° a 6° en su superficie cumbre, en sus laderas hay pendientes de 6° a 15° y la elevación Meseta de Copoya presenta pendientes >30° en sus laderas. Están conformadas por rocas calizas (37%), limolita-arenisca (34%) y conglomerados (17%); sobre las altiplanicies se desarrollan los siguientes suelos: Vertisol (68%) y rendzina (28%).
- Colinas: cubren el 2% de la zona de estudio, tiene pendientes de 0° a 10° en 72% de su área y pendientes de 10° a 15° en 17% de su área. Las colinas están formadas por rocas calizas (33%), lutita-arenisca (30%), limolita-arenisca (22%) y caliza-lutita (11%); los suelos que se desarrollan son: Vertisol (42%), cambisol (23%) y Regosol (18%).

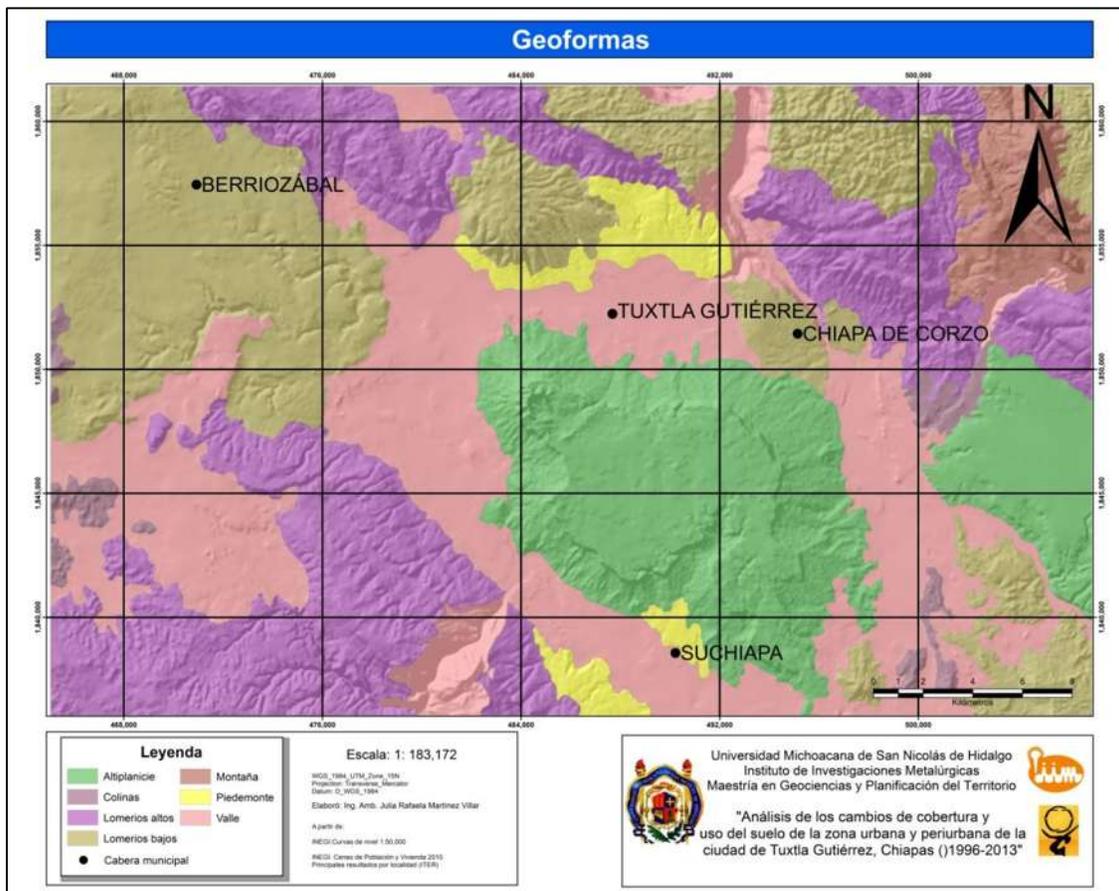
Cuadro 5. Principales formas del relieve.

Formas de relieve	Área (ha)	Área (%)
Valle	28,552	27
Piedemonte	3,031	3
Altiplanicie	19,488	18
Colinas	1,819	2
Lomeríos bajos	25,326	24
Lomeríos altos	25,056	23
Montaña	3,455	3

- Lomeríos bajos: ocupa el 24% de la zona de estudio, el 50% de su área presenta pendientes de 0° a 6° de inclinación y 34% tiene pendientes de 6° a 15° de inclinación. Esta geoforma está conformada por, en su mayoría, por: caliza-lutita (72%) y por caliza (13%); sobre esta elevación se desarrollan los suelos: rendzina (34%), Vertisol (29%), Litosol (13%) y acrisol (11%).

- Lomeríos altos: el 23% de la zona de estudio está cubierta por esta geoforma, 24% de su área tiene pendientes de 10° a 15° de inclinación; está conformado por rocas sedimentarias, en su mayoría son: lutita-arenisca (62%), caliza (22%) y caliza-lutita (10%). En los lomeríos altos se desarrollan suelos, como: rendzina (51%), Litosol (29%) y Vertisol (11%).
- Montañas: Esta elevación cubre sólo 3% del área de estudio, presentan pendientes >30° de inclinación; está conformada por rocas sedimentarias como son lutitas (44%), caliza-lutita (33%), caliza (19%) y arenisca-conglomerado (4%). Sobre esta elevación se desarrollan los suelos rendzina y luvisol.

Ilustración 7. Mapa de geoformas.



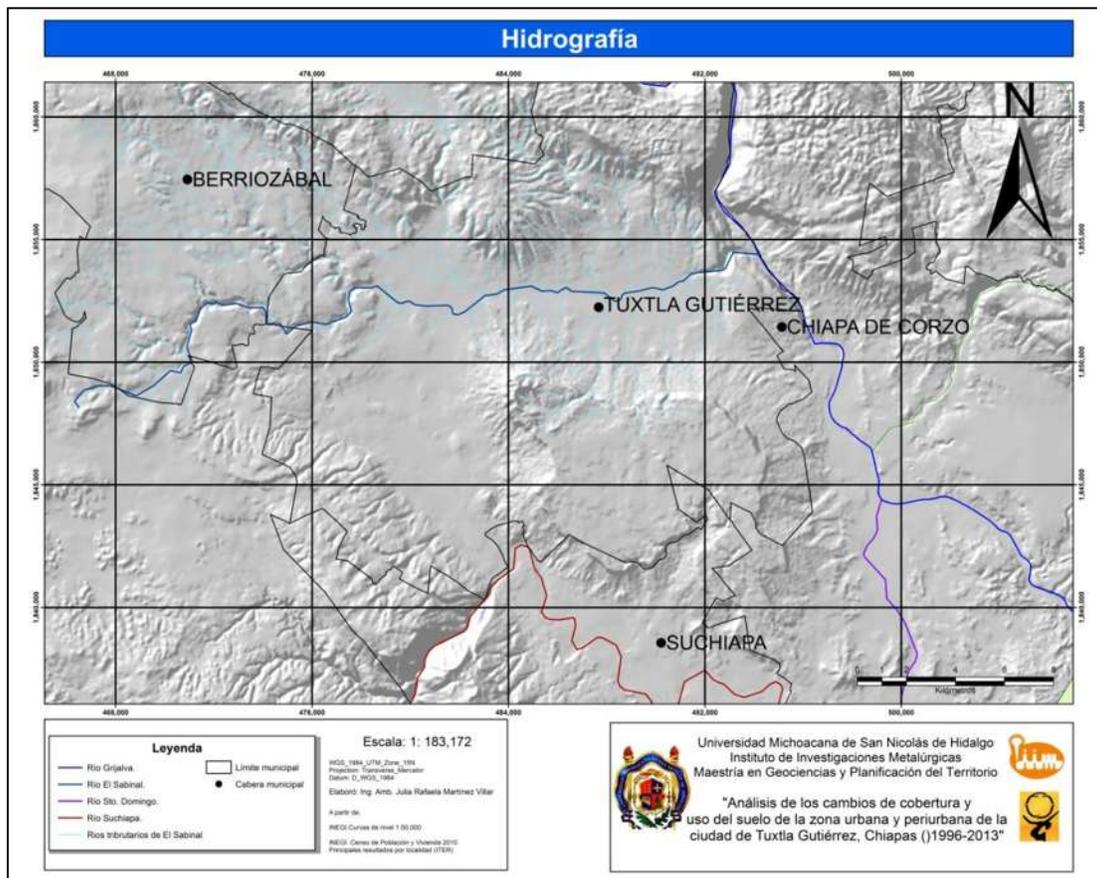
4.1.6. Hidrografía

La zona de estudio se encuentra dentro de la Región Hidrológica número 30 que corresponde a los ríos Grijalva-Usumacinta (INEGI, 2010), ésta región hidrológica es la más grande de Chiapas cubriendo el 86% de la superficie estatal,

está subdividida en seis subregiones hidrológicas: Grijalva-La Concordia, Grijalva-Tuxtla Gutiérrez, Grijalva-Villahermosa, Río Lacantún, Río Usumacinta y Laguna de Términos. El cauce principal de de estas subregiones es el Río Grijalva que tiene una longitud total de aproximadamente 700 Km (SEMARNAT, 2007).

La corriente del río Grijalva se nutre principalmente por los ríos Pichucalco, Almandro y Tulija en la cuenca Grijalva-Villahermosa; por los ríos Sta. Catarina-La Venta y Sto. Domingo en el caso de la cuenca Grijalva-Tuxtla Gutiérrez; mientras que los ríos Ningunilo y Jaltenango nutren la corriente del Grijalva en la cuenca Grijalva-La Concordia. En cambio la corriente del río Usumacinta, que se localiza al noroeste de Chiapas, delimita al estado con Tabasco y la frontera con la Republica de Guatemala, el Usumacinta es alimentado por los ríos Chinchil, Bushiná, Saquilá, Cuilco, Camoapa, Chacamax y Chancalá. (S.C.CH, 2012)

Ilustración 8. Mapa Hidrográfico.



Dentro de la Región Hidrológica No. 30 se encuentra la cuenca del Río Sabinal, que atraviesa la ciudad de Tuxtla Gutiérrez de Poniente a Oriente, está integrada por 15 corrientes tributarias (Cuadro 6): 24 de Junio, Arroyos centro sur, Cerro Huevo, Chacona, Potinaspak, Patria Nueva, Poc Poc, Pomarroza, San Agustín,

San Francisco, San José el Arenal, San Roque, Santa Ana, Berriozábal y Totoposte. El tamaño de la cuenca del Río Sabinal es de 407 km².(S.C.CH, 2012.).

Cuadro 6. Subcuencas y superficies de la cuenca del Río Sabinal.

Ríos tributarios.	Km ²	Ríos tributarios.	Km ²
San Francisco	56	San Roque	14
Berriozábal	88	Totoposte	12
San Agustín	31	Poc Poc	6
Chacona	87	24 de Junio	7
San José el Arenal	6	Santa Ana	5
Arroyos centro sur	19	Cerro Hueco	8
Pomarrosa	17	Patria Nueva y Otros.	20
El Poti	31		

Fuente: Secretaría de Hacienda de Chiapas. 2012.

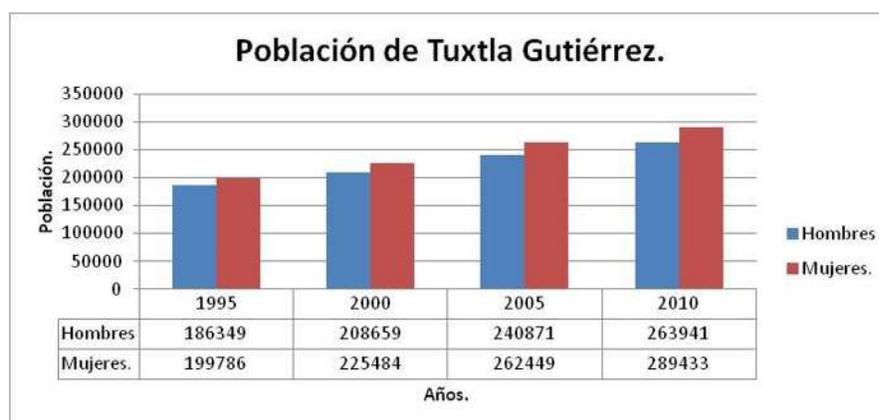
4.2. Aspectos socioeconómicos

4.2.1. Municipio de Tuxtla Gutiérrez

La ciudad de Tuxtla Gutiérrez Chiapas se ubica en las coordenadas geográficas 16°45'11" latitud Norte y 93°06'56" longitud Oeste (INEGI, 2010.), el municipio de Tuxtla Gutiérrez tiene una extensión territorial de 335 Km². El tamaño de la mancha urbana abarca 139 Km². (CEIEG, 2005) y limita al norte con el Parque Nacional del "Cañón del Sumidero" (218 Km²) y al sur con el Centro Ecológico Recreativo "El Zapotal" (2 Km²), la Reserva Estatal del Cerro Mactumatzá (6 Km²) y la Meseta de Copoya.

La población de Tuxtla Gutiérrez ha ido en aumento al paso de los años, con una tasa de crecimiento de 6 para los años de 1995 a 2000, de 7.67 entre los años 2000 a 2005 y de 5 para los años de 2005 a 2010.

Ilustración 9. Gráfica de población del municipio de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas.



Fuente: Censos y conteos de población y vivienda 1995, 2000, 2005 y 2010. INEGI.

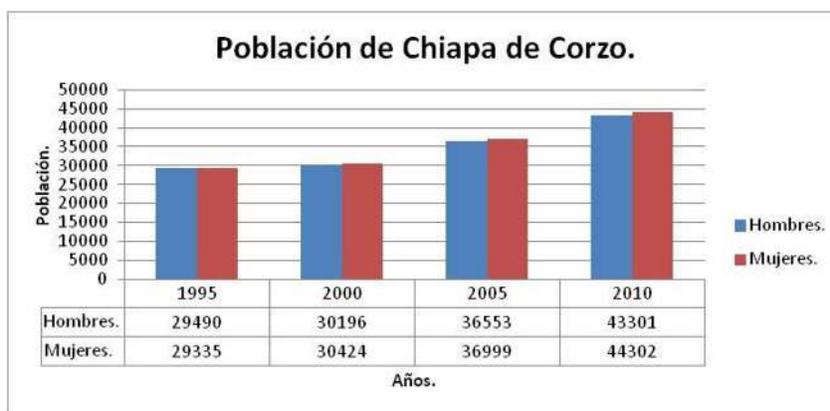
De acuerdo con el Censo Económico 2009, ascienden a poco más 25,473 establecimientos comerciales en Tuxtla Gutiérrez, y se dedican principalmente al comercio al por menor y mayor (53%). También son de importancia los establecimientos dedicados a los servicios de alojamiento temporal y de preparación de alimentos y bebidas (11%), así como diversos servicios distintos a los gubernamentales (13%), las industrias manufactureras (8%) y servicios de salud y de asistencia social (5%).

4.2.2. Municipio de Chiapa de Corzo

El municipio se encuentra las coordenadas 16°17' y 16°55' de latitud norte y 92°48' y 93°06' de longitud oeste. Colinda al norte con los municipios de Osumacinta, Soyaló e Ixtapa; al este con Ixtapa, Zinacantán, Acala y Venustiano Carranza; y al oeste con Villa corzo, Villaflores, Suchiapa, Tuxtla Gutiérrez y Osumacinta. Tiene una altitud de entre 200 y 1800 m.s.n.m.; ocupa el 11.86% de la superficie estatal, cuenta con 263 localidades (INEGI, 2008), una población total de 87,603 habitantes. (INEGI, 2010.)

La tasa de crecimiento ha sido de 2 para los años de 1995 a 2000, de 10.15 entre los años 2000 a 2005 y de 9 para los años de 2005 a 2010.

Ilustración 10. Gráfica de población del municipio de Chiapa de Corzo.



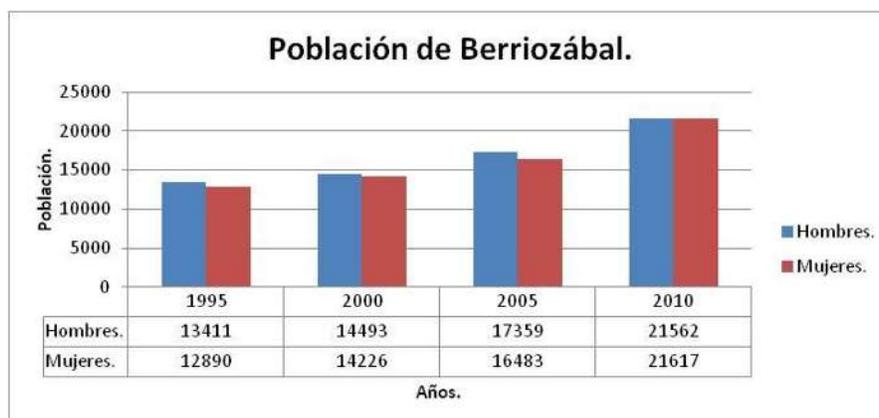
Fuente: Censos y conteos de población y vivienda 1995, 2000, 2005 y 2010. INEGI.

4.2.3. Municipio de Berriozábal

El municipio se encuentra entre las coordenadas 16°43' y 17°20' de latitud norte y 93°12' y 93°26' de longitud oeste. Colinda al norte con los municipios de Ocozocuahtla de Espinosa, Tecpatán, Copainalá, y San Fernando; al este con San Fernando y Tuxtla Gutiérrez; al sur con Tuxtla Gutiérrez y Ocozocuahtla de Espinosa; y al oeste con Ocozocuahtla de Espinosa. Tiene una altitud de entre 100 y 1300 m.s.n.m.; ocupa el 0.48% de la superficie del estado, cuenta con 299 localidades (INEGI, 2008) y una población de 43,179 habitantes. (INEGI, 2010).

La tasa de crecimiento, de acuerdo al gráfico 3, ha sido de 5 para los años de 1995 a 2000, de 9 entre los años 2000 a 2005 y de 12.96 para los años de 2005 a 2010.

Ilustración 11. Gráfica de población del municipio de Berriozábal.

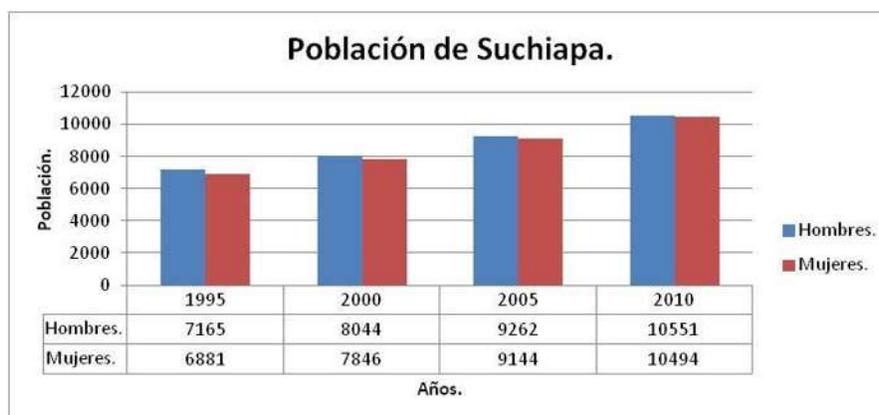


Fuente: Censo y conteo de población y vivienda 1995, 2000, 2005 y 2010. INEGI.

4.2.4. Municipio de Suchiapa

El municipio se ubica entre las coordenadas 16°29' y 16°42' latitud norte, 93°02' y 93°14' latitud oeste. Colinda al norte con los municipios de Tuxtla Gutiérrez, al este con Chiapa de Corzo, al sur con Chiapa de Corzo y Villaflores y al oeste con Villaflores y Ocozocuahtla. Tiene una altitud entre los 400 y 1400 m.s.n.m.; ocupa el 0.37% de superficie estatal, cuenta con 47 localidades (INEGI, 2008) y una población de 21,045 habitantes.

Ilustración 12. Gráfica de población del municipio de Suchiapa.



Fuente: Censo y conteo de población y vivienda 1995, 2000, 2005 y 2010. INEGI.

La tasa de crecimiento ha sido de 6 para los años de 1995 a 2000, de 8 entre los años 2000 a 2005 y de 7 para los años de 2005 a 2010.

5. Antecedentes de investigación

Existen trabajos de investigación sobre la ciudad de Tuxtla Gutiérrez que abarcan la historia de la ciudad desde su fundación, la arquitectura, el urbanismo y los peligros geológicos; cabe resaltar que todas estas investigaciones toman como base el crecimiento de la ciudad para fundamentarse y desarrollarse, en cambio mi investigación estudia el crecimiento de la mancha urbana de la ciudad y como el periurbano afecta este crecimiento, además de estudiar los cambios de la cobertura y el uso del terreno que ocurren por este crecimiento de la mancha urbana.

Dentro de la bibliografía consultada la información que más aporta a esta investigación son:

1. El capítulo de libro “Expansión urbana y fragmentación espacial en Tuxtla Gutiérrez, Chiapas” realizado por Beatriz Argüelles y José Antonio Vieyra en el 2012. La finalidad de este trabajo es la de analizar las condiciones del crecimiento de la ciudad de Tuxtla Gutiérrez en el sentido territorial, mediante las principales transformaciones acaecidas en las últimas décadas. (Argüelles León y Vieyra Medrano, 2012)
2. La Tesis de urbanismo “Elementos de configuración del paisaje urbano de la ciudad de Tuxtla Gutiérrez.”, realizada por el Arq. Jorge Humberto Aguilar Arzate en el año 2005. Esta Tesis tiene como principal objetivo analizar y reconstruir las secuencias de las transformaciones de la ciudad, con la intención de alcanzar un análisis de las condiciones presentes que no dependan exclusivamente de un estudio de naturaleza histórica, sino que reproduzca las condiciones fundamentales que unan al aspecto estructural con el aspecto morfológico de la ciudad contemporánea.
3. La Tesis en Ecología y Desarrollo Sustentable “Percepciones ambientales sobre una reserva ecológica urbana, El Zapotal, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas.”, realizada en el año 2010 por la Mtra. Yara Fernández Moreno. El objetivo de esta Tesis es la de contrastar las percepciones ambientales que sobre la reserva ecológica “El Zapotal” tienen los actores sociales locales, tomadores de decisiones y, en su caso, gestores involucrados de distintas formas con la reserva. Con la finalidad de elaborar recomendaciones que permitan mejorar las condiciones de la reserva ecológica y la interrelación entre los distintos actores sociales que comparten el espacio.
4. La Tesis en urbanismo “Movilidad laboral y fragmentación espacial en el municipio de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas.”, realizada en el año 2010 por la Mtra. Beatriz Eugenia Argüelles León. Esta Tesis se orienta en la identificación de las principales transformaciones suscitadas por el impacto del nuevo modelo económico mundial, reflejadas en la estructura

económica y organización territorial de una ciudad intermedia mexicana, estableciendo su interrelación y grado de afectación.

5. La Tesis en Ciencias en Desarrollo Sustentable "Laderas inestables y la construcción social del riesgo; tres casos en Tuxtla Gutiérrez, Chiapas.", realizada en el año 2012 por el Cart. Jorge Paz Tenorio tiene el objetivo de proponer el aspecto laderas inestables como elemento a considerar en los programas de desarrollo y regulación del uso del suelo en el sur de Tuxtla Gutiérrez, con el fin de atenuar la construcción social del riesgo y procurar el desarrollo sustentable.
6. El "Atlas de riesgo del municipio de Tuxtla Gutiérrez" realizado por el gobierno del Estado a través del Instituto de Protección Civil para el Manejo Integral de Riesgos de Desastre del Estado de Chiapas, en el año 2011; este trabajo presenta y describe procesos de generación de escenarios de peligros por fenómenos naturales de origen geológico e hidrometeorológico que por las condiciones de vulnerabilidad representa un grave riesgo para la población. (CEIEG, 2013)
7. El capítulo de libro "Cuando no florecen las ciudades: La urbanización tardía e insuficiente de Chiapas." Del año 2009, escrito por el Dr. Juan Pedro Viqueira. Donde el objetivo, en palabras del autor, no es solo analizar la urbanización en Chiapas, sino mostrar los problemas sociales que se generan cuando una región conoce un crecimiento demográfico considerable y las ciudades no logran ofrecer oportunidades de trabajo al número creciente de jóvenes que incorporan a la población económicamente activa.

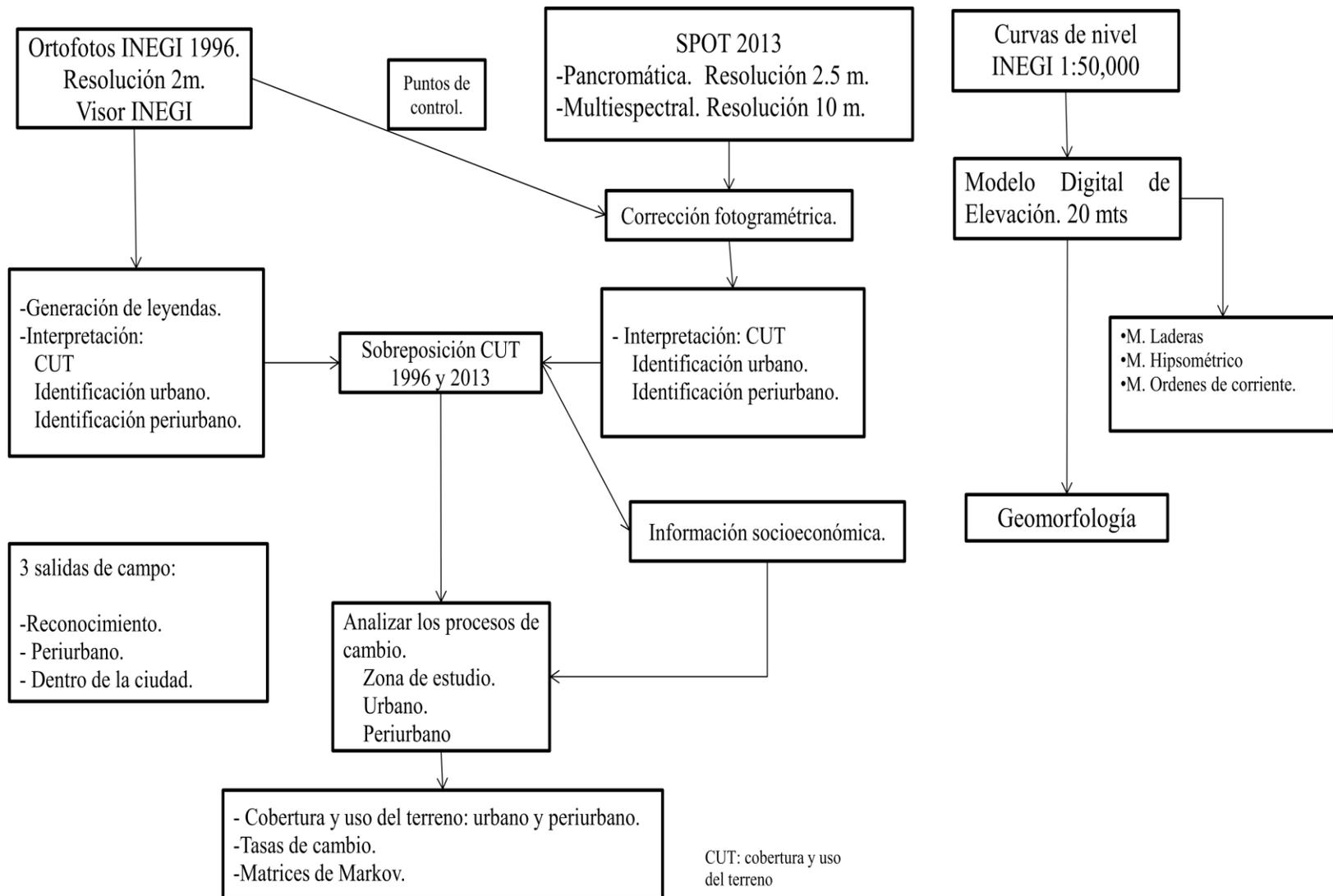
Aunque todas estas investigaciones, toman como base el crecimiento y desarrollo de la ciudad, no se concentran en los cambios de cobertura y uso del suelo que localiza y describe las causas del crecimiento urbano de la ciudad.

6. Materiales y métodos

Para realizar la caracterización espacial de la zona de estudio, la delimitación del área urbana y periurbana de la ciudad de Tuxtla Gutiérrez y realizar el análisis de cambio de cobertura y uso del suelo, se utilizaron los siguientes insumos y herramientas:

- Servidor México Orto de INEGI: este servidor de INEGI sirve para visualizar ortofotos de 1996 a escala 1:20,000 de toda la República Mexicana y trabajar sobre ellas para crear datos vectoriales en formato shape.
- Imágenes SPOT: Se utilizó una imagen spot con fecha del 2 de octubre del 2013 obtenida del satélite SPOT 5. Contiene una imagen multiespectral y otra pancromática. La imagen multiespectral tiene 7061 filas x 7585 columnas, tiene cuatro bandas espectrales y una resolución de 10 m por pixel. La imagen pancromática tiene 28132 filas x 30370 columnas, solo tiene una banda espectral y una resolución de 2.5 m por pixel. Estas imágenes son producidas por la compañía francesa SPOT (Système Probatoire d'Observation de la Terre).
- Sistemas de información geográfica: para el procesamiento y análisis de las ortofotos y las imágenes satelitales se utilizara el sistema ArcGis 10, con su extensión en ArcMap.
- Datos vectoriales con escala 1: 50,000 y 1: 20,000 obtenidas del INEGI: estos datos se encuentran en formato shape (shp) para un mejor manejo en los sistemas de información geográfica.

Para poder corroborar que la interpretación sobre la cobertura y el uso del terreno han sido realizadas de forma correcta se han realizado dos salidas de campo en la zona en los meses de junio y diciembre del 2014.



6.1. Clasificación de las coberturas y uso de suelo

Para crear la clasificación y la leyenda de la cobertura de la zona de estudio y de la ciudad de Tuxtla Gutiérrez se realizó una revisión bibliográfica de la vegetación del estado de Chiapas, las Leyes y los Reglamentos para construcción, planeación o desarrollo urbano para crear la clasificación del uso del suelo:

- Inventario nacional forestal, 2000.
- Vegetación de Chiapas de Miranda, 1998.
- Ley de Catastro para el Estado de Chiapas.
- Ley de fraccionamientos del Estado de Chiapas.
- Ley de Desarrollo Urbano.
- Programa de Desarrollo Urbano de la Ciudad de Tuxtla Gutiérrez.

De acuerdo a la revisión bibliográfica de la vegetación del Estado, se tienen las siguientes categorías para clasificar la cobertura y uso del suelo de la zona de estudio:

- Selva baja caducifolia (S.B.C).
- Matorral subtropical (M. Sub).
- Pastizal (P).
- Vegetación riparia (V.R).
- Cultivo (C).
- Suelo fraccionado (S.F).
- Cuerpo de agua (C.A).
- Suelo sin cobertura aparente (S.S.C.A).
- Asentamiento humano (A.H).

En base a las bibliografías consultadas y a las observaciones realizadas en las salidas de campo se creó una leyenda anidada (Cuadro 7), con la finalidad de tener un mayor orden en las coberturas para que sean fáciles de clasificar y buscar.

La leyenda anidada está compuesta por 9 clasificaciones generales y 82 clasificaciones detalladas, la categoría de "Asentamiento humano" se divide en "Intraurbano" que se refieren las cobertura y uso de suelo que hay exclusivamente dentro de la mancha urbana de Tuxtla Gutiérrez; y la categoría de "Extraurbano" se refieren a la cobertura y uso de suelo que se encuentran fuera de la mancha urbana de Tuxtla Gutiérrez, como son: asentamientos humanos, escuelas, zonas comerciales, etc.

Cuadro 7. Leyenda extensa para cobertura y uso del suelo.

Leyenda extensa para cobertura y uso del suelo.	
1. Selva baja caducifolia	
1.1. Selva cerrada.	
1.2. Selva semiabierta.	
1.3. Selva abierta.	
2. Matorral subtropical.	
2.1. Matorral cerrado.	
2.2. Material semiabierto.	
3. Pastizal.	
3.1. Pastizal cerrado.	
4. Vegetación riparia.	
4.1. Vegetación riparia.	
5. Cultivos.	
5.1. Riego.	
5.2. Temporal.	
6. Suelo fraccionado.	
6.1. Suelo fraccionado.	
7. Cuerpo de agua.	
7.1. Cuerpo de agua.	
7.2. Río.	
8. Suelo sin cobertura aparente.	
8.1. Suelo sin cobertura aparente.	
8.2. Vegetación quemada.	
9. Asentamiento humano.	
9.1. Intraurbano.	
9.1.1. Zonas habitacionales.	
9.1.1.1. Colonias.	
9.1.1.2. Fraccionamientos.	
9.1.2. Parques.	
9.1.2.1. Parque.	
9.1.2.2. Parque central.	
9.1.3. Escuelas.	
9.1.3.1. Primaria.	
9.1.3.2. Secundaria.	
9.1.3.3. Preparatoria.	
9.1.3.4. Universidad	
9.1.3.5. Ciudad universitaria.	
9.1.4. Zonas comerciales.	
9.1.4.1. Central de abasto.	
9.1.4.2. Mercados.	
9.1.4.3. Supermercados.	
9.1.4.4. Plazas comerciales.	
9.1.4.5. Bodegas.	
9.1.4.6. Hoteles.	
9.1.4.7. Oficinas de gobierno.	
9.1.4.8. Gasolineras.	
9.1.4.9. Área de feria y exposición.	
9.1.4.10. Arena metropolitana.	
9.1.5. Espacios deportivos.	
9.1.5.1. Estadio de futbol.	
9.1.5.2. Estadio de beisbol	
9.1.5.3. Cancha deportiva.	
9.1.5.4. Club de golf.	
9.1.5.5. Club deportivo.	
9.1.6. Predios baldíos.	
Leyenda extensa para cobertura y uso del suelo (Continuación).	
9.1.6.1. Predios baldíos.	

9.1.6.2. Suelo sin cobertura aparente.
9.1.7. Otros
9.1.7.1. Iglesias.
9.1.7.2. Hospitales.
9.1.7.3. Cementerios.
9.1.7.4. Deshuesaderos.
9.1.7.5. Transportes.
9.1.7.6. Planta de tratamiento de aguas residuales.
9.1.7.7. Mina a cielo abierto.
9.2. Extraurbano.
9.2.1. Zonas habitacionales.
9.2.1.1. Zonas habitacionales.
9.2.1.2. Colonias.
9.2.1.3. Fraccionamientos.
9.2.2. Parque.
9.2.2.1. Parque.
9.2.3. Escuela.
9.2.3.1. Ciudad universitaria.
9.2.4. Zonas comerciales.
9.2.4.1. Gasolineras.
9.2.4.2. Autódromo.
9.2.5. Cementerio.
9.2.5.1. Cementerio.
9.2.6. Espacios deportivos.
9.2.6.1. Canchas deportivas.
9.2.7. Suelos Fraccionados.
9.2.7.1. Suelos fraccionados.
9.2.8. Suelo sin cobertura aparente.
9.2.8.1. Suelo sin cobertura aparente.
9.2.8.2. Vegetación quemada.
9.2.9. Otros.
9.2.9.1. Transportes.
9.2.9.2. Deshuesaderos.
9.2.9.3. Plantas de tratamiento de aguas residuales.
9.2.9.4. Relleno sanitario.
9.2.9.5. Mina a cielo a cielo abierto.
9.2.9.6. Granja de pollos.

6.1.1. Georreferenciación

Para hacer la Georreferenciación de usaron los siguientes insumos: el servidor de ortofotos de INEGI y las imágenes SPOT 2013, también se usa el SIG ArcMap con la herramienta “Georreferencing”.

La corrección de las imágenes SPOT se realiza con la finalidad de reducir el desplazamiento de los polígonos entre las imágenes satelitales en los diferentes años de estudio.

Para realizar la Georreferenciación se usaron 30 puntos de control sobre las imágenes SPOT, los primeros cinco puntos se colocaron de la siguiente manera: cuatro puntos en las cuatro esquinas y el quinto punto al centro de la imagen, para no deformar la imagen, los otros puntos se distribuyen el resto de la imagen (Ilustración 13). Es importante colocar los puntos de control sobre cruces de

camino, calles u otros edificios que sean fácilmente identificables en ambas imágenes. No hay que tomar como puntos de control rasgos que pueden cambiar con el tiempo de manera rápida, como la vegetación por ejemplo.

Ilustración 13 Puntos de control en imagen SPOT pancromática.



Los puntos de control que se colocan sobre la imagen SPOT 2013 se pueden visualizar en “View link table” de la herramienta “Georreferencing”; además del error que se acumula cuando se agregan los puntos de control, este error no debe de pasar de 2.5.

5.1.2. Interpretación

La interpretación se realiza sobre las ortofotos de INEGI y las imágenes SPOT 2013, se usa la herramienta “Construction tools” del SIG ArcMap. La interpretación de la cobertura y uso del suelo se realiza de forma manual a una escala 1:10,000 con un área mínima cartografiable de 5mm.

Para comenzar con la interpretación hay que observar la cobertura de la imagen para poder identificar qué características tiene, como: tono, color, textura, etc.; una vez observadas estas características se realiza la interpretación. En ArcMap las bandas de la imagen SPOT, en la ventana “Layer properties”, se acomodan de forma ordenada (banda 1, banda 2 y banda 3) para obtener la vegetación en falso color y observar mejor la cobertura del suelo.

Cuando se digitaliza la cobertura y uso del suelo la línea del polígono debe pasar exactamente sobre el borde de la cobertura, como se muestra en las siguientes ilustraciones:

Ilustración 14 El perímetro del polígono abarca más que la cobertura y uso.



Ilustración 15 El perímetro del polígono queda dentro de la cobertura y uso.



Ilustración 16 El perímetro del polígono queda sobre el límite de la cobertura y uso. Esta es la forma correcta.



5.1.3. Tasas de cambio

Se usa para conocer la velocidad de los cambios que ocurren sobre la vegetación y uso del suelo. La fórmula que se utilizó es la siguiente:

$$C = \left(\left(\frac{T2}{T1} \right) * \left(\frac{1}{n - 1} \right) \right) * 100$$

Donde:

C: Tasa de cambio.

T1: Año de inicio.

T2: Año actual o más reciente.

n: Número de años entre T1 y T2.

Para medir la tasa de cambio de la mancha urbana, T1 es el tamaño de la mancha urbana de 1996 y T2 el del año 2013, “n” corresponde al intervalo de tiempo que se estudia que son 17 años.

5.2. Análisis del cambio de cobertura y uso del suelo

Para analizar los cambios de cobertura y uso del suelo se lleva a cabo el procedimiento de Interpretación Interdependiente (SEMARNAT, 2004). Para llevar a cabo esta interpretación se toma las dos imágenes del área de estudio, la de 1996 y la de 2013, estas imágenes ya deben de estar interpretadas y con las coberturas identificadas. Al cruzar estas imágenes se muestran las áreas de cambio en la cobertura y el uso del suelo.

Con esta sobreposición podemos observar las superficies de cada cobertura y los usos, además del porcentaje de cambio que han tenido en las dos fechas de estudio.

5.2.1. Matrices de Markov

Una vez realizada la interpretación de la cobertura y uso del suelo además de que ya se encuentran etiquetados los polígonos con las categorías mencionadas en el cuadro 8, procedemos a analizar y comprender los cambios de cobertura y uso del suelo con las matrices de Markov (Ilustración 17) que es una tabla con arreglos simétricos que contienen en el eje horizontal la cobertura y uso del suelo de nuestro primer año de estudio y en el eje vertical tenemos el segundo año de estudio con las mismas categorías que se tienen en el primer año. En una matriz de Markov la diagonal principal representa la superficie por tipo de cobertura y uso del terreno que permaneció en el tiempo y en los ejes horizontales se representan los cambios de una categoría a otra.

Ilustración 17 Ejemplo de matriz de Markov.

Las categorías de cobertura se acomodan de lo más natural a lo más perturbado. →

Coberturas para el segundo año de estudio.	Coberturas para el primer año de estudio.					Total
Tota l						

Además de la matriz de Markov se usa la matriz Estocástica o de Probabilidad, es una matriz en que todos sus elementos tienen un valor comprendido entre 0 y 1, la suma de los elementos de cada columna es igual a 1. Se deben de cumplir las dos condiciones y no basta con solo una. Esta matriz sirve para saber la probabilidad que una cobertura tiene para transformarse en otra. En este tipo de matrices la probabilidad condicional del uso del terreno a cualquier tiempo, depende en su mayor parte del uso reciente y no de los cambios anteriores (Bell e Hinojosa, 1997 en Lambin 1997).

5.2.2. Relación cobertura natural/cobertura antrópica

En base a las categorías usadas en las imágenes interpretadas de la zona de estudio, se agrupan los polígonos en dos grupos: Natural y Antrópica. La relación en superficie entre estas dos categorías representa el grado de antropización del territorio.

De acuerdo a las categorías usadas para la interpretación de este trabajo, la agrupación de los polígonos entre naturales y antrópicos se agrupa de la siguiente forma:

Cuadro 8. Agrupación de las coberturas generales en naturales y antrópicas.

Cobertura natural.	Cobertura antrópica.
Selva baja caducifolia.	Cultivos.
Matorral subtropical.	Suelo fraccionado.
Pastizal.	Suelo sin cobertura aparente.
Cuerpo de agua.	Asentamiento humano.
Vegetación riparia.	

5.3. Geomorfología

El principal insumo para realizar la interpretación geomorfológica son las curvas de nivel 1:50,000 de INEGI, a partir de las cuales se crean los siguientes productos: MDE de la zona de estudio, un mapa hipsométrico, un mapa de pendientes, un mapa de laderas y un mapa de órdenes de corrientes; usando el SIG ArcMap.

Para la clasificación e identificación de las unidades geomorfológicas se usan parámetros geomorfométricos (longitud, superficie, volumen, altura absoluta y relativa, pendiente, orientación de laderas). Los parámetros geomorfométricos para la clasificación de las geoformas usadas en la tesis se pueden observar en el cuadro 9, donde se describen siete unidades geomorfológicas: valle, planicie, altiplanicie, piedemonte, colinas, lomeríos bajos y lomeríos altos.

Cuadro 9. Unidades geomorfológicas.

	Pendiente.	Amplitud.	Génesis.
Valle.	< 3°	Varía de acuerdo a su extensión longitudinal.	Paisajes relativamente planos, resultado de las acción fluvial, delimitados por formas transicionales o positivas.
Planicie	< 3°	< 100 m. dependiendo de su magnitud.	Paisaje sin relieve, independiente de su génesis, pero excluyendo a la actividad fluvial.
Altiplanicie.	< 3°	Paisajes relativamente planos flanqueados por una ladera fuertemente inclinada, altura relativa a partir del rompimiento de la pendiente de la ladera < 100 m y pendiente < 6°.	
Piedemonte.	< 10°	Puede variar considerablemente de decena a centenas de metros.	Unidades transicionales entre el relieve positivo y la planicie de nivel de base local.
Colinas.	>3° y < 8°	Altura de 250 m.	
Lomeríos bajos.	Entre 6° y 20°	Altura > 250 m pero < 500 m.	
Lomeríos altos.	Entre 20° y 45°	Altura > 500m pero < 1,000 m.	

Zinck, 2002.

5.3.1. Modelo digital de elevación

Para obtener el Modelo Digital de Elevación (MDE) se usaron las curvas de nivel 1:50,000 del INEGI y el SIG ArcMap, en este programa se usaron las siguientes herramientas: “Feature vértice to point” y “Create TIN”.

5.3.2. Mapa hipsométrico

Para crear el mapa hipsométrico se usa el MDE donde se dividió la altura en 7 rangos (Cuadro 10) para reclasificarla, esta reclasificación se hace usando el SIG ArcMap con la herramienta “Reclassify” ubicada en la caja de herramientas “Reclass”.

Cuadro 10. Rangos usados para la clasificación de las elevaciones en el mapa hipsométrico.

Elevación.
< 400
400- 600
600 – 800
800 – 1,000
1,000 – 1,200
1,200 – 1,400
1,400 – 1,600
> 1,600

5.3.3. Mapa de pendientes

Para elaborar el mapa de pendientes se usa el MDE en donde las pendientes se clasifican en siete categorías, como se muestra en cuadro 11. Para realizar lo anterior se usa el SIG ArcMap y las siguientes herramientas: “Spatial Analyst Tools”, “Surface”, “Slope” y “Reclassify”.

Cuadro 11. Clasificación de pendientes (grados).

Pendiente
0° - 3°
3° - 6°
6° - 10°
10° - 15°
15° - 20°
20° - 30°
>30°

5.3.4. Ordenes de corriente

Para realizar el mapa de ordenes de corrientes se usa el MDE y el SIG ArcMap donde se usaron las siguientes herramientas: “Hydrology”, “Flow direction”, “Flow acumulatiion”, “Stream link” y “Stream order”; que se encuentran en la caja de herramientas de “Spatyal analyst”.

5.4. Identificación de la mancha urbana y el periurbano

Para poder hacer la identificación de la mancha urbana de Tuxtla Gutiérrez y de su periurbano se usó el servidor de ortofotos de INEGI y las imágenes SPOT 2013, además del SIG ArcMap con la herramienta “Construction tools”. La delimitación de la mancha y el periurbano se realiza de forma manual.

La identificación y delimitación espacial de la mancha urbana de Tuxtla Gutiérrez, en los años 1996 y 2013, se definió agrupando todas las coberturas y usos del suelo relacionadas con la Ciudad y utilizando las siguientes directrices de limitación:

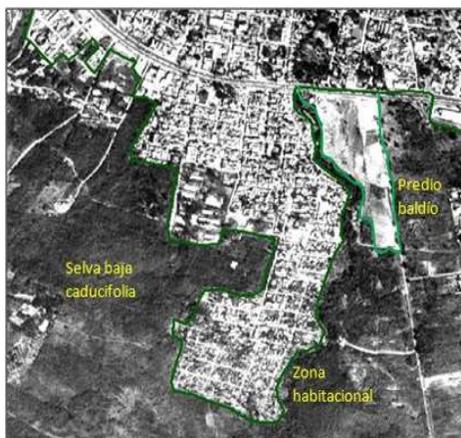
- La mancha urbana es una superficie continua de construcciones (casas, edificios (no importa su uso), industrias, etc.), que no estuvieran los polígonos de asentamientos humanos a más de 200 metros² del polígono principal. Los lotes baldíos ubicados en la orilla de la Ciudad no se

² Esta distancia se determinó después de analizar la influencia de la mancha urbana principal con respecto a los polígonos circundantes, este análisis consistió en el uso de buffers de diferencias radios de influencia (200, 250 y 300 metros) y analizando la información de forma espacial y visual entre investigadores de diferentes especialidades: ciencias de la tierra, ciencias biológicas e ingeniería ambiental. Concluyendo que después de 200 metros de separación los polígonos eran independientes a la mancha urbana principal.

consideraron como parte de la mancha urbana, al no poseer construcciones.

- Los polígonos caracterizados por usos del terreno son clasificados como urbanos (zonas habitacionales, zonas comerciales y de servicios, etc.).
- Las zonas que presentaban vegetación natural (selva baja caducifolia, matorral subtropical) en el límite de la Ciudad no fueron consideradas dentro de la mancha urbana.

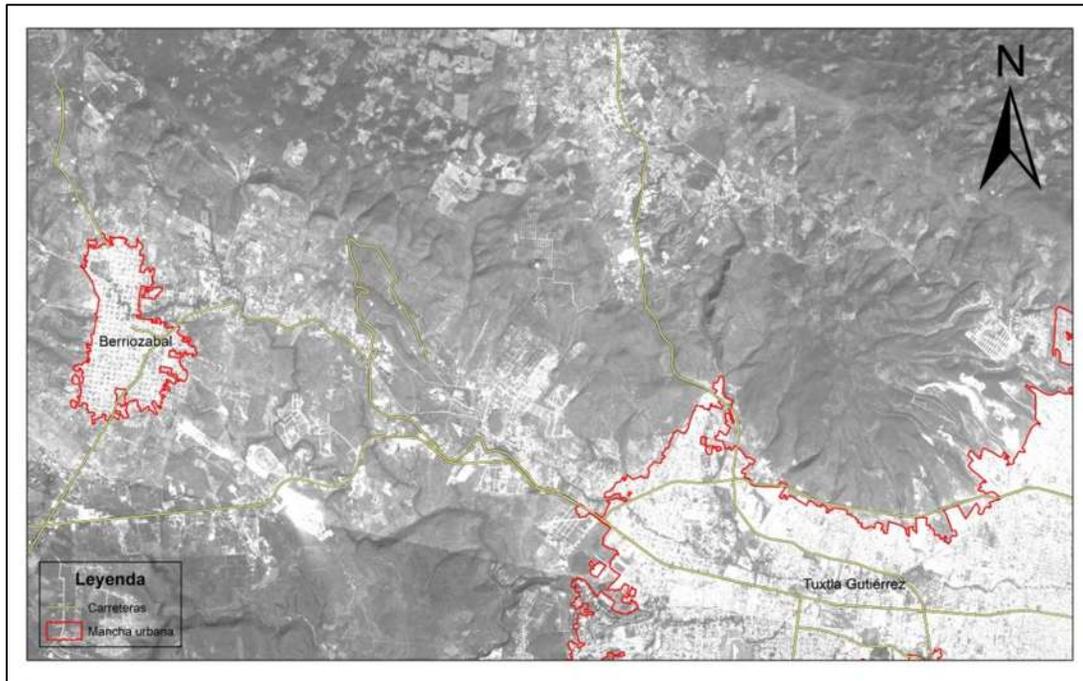
Ilustración 18. Delimitación de la mancha urbana, la línea verde determina zonas habitacionales.



La identificación y delimitación de la zona periurbana se basó en representar sus características espaciales dentro de la zona de estudio (Ilustración 19), la delimitación del periurbano se generó en los años 1996 y 2013 para conocer su ubicación en el tiempo. Para la limitación espacial del periurbano se siguieron las siguientes directrices de delimitación:

- Se presenta alrededor de la mancha urbana y tiende a formar una franja rural-urbana con límites cada vez más difusos entre estas dos realidades.
- Hay fragmentación de las unidades la cobertura y uso del suelo.
- Desconcentración de las actividades urbanas hacia este espacio.
- Las vías de comunicación favorecen la fragmentación de la cobertura y uso del suelo.

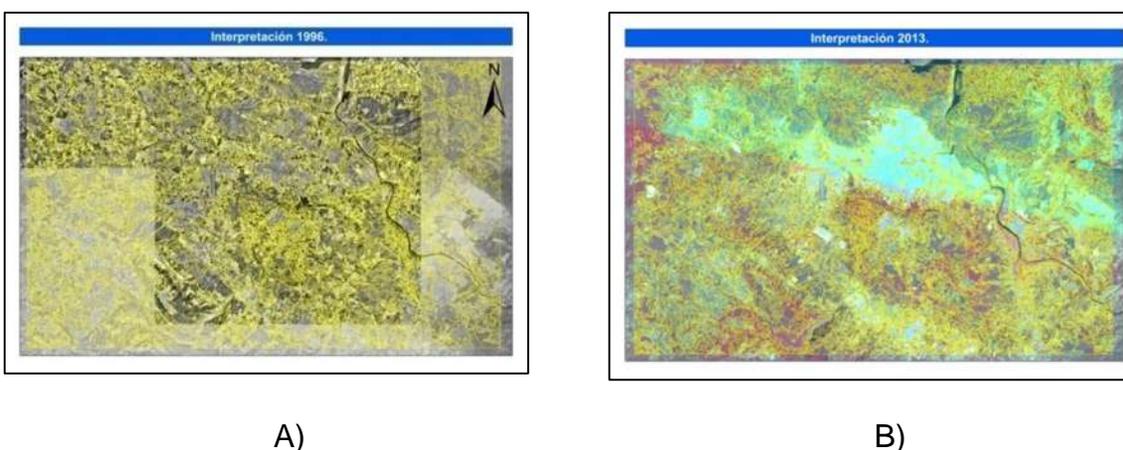
Ilustración 19. Fragmentación del periurbano en la zona NW.



6. Resultados y discusión

La zona de estudio tiene una superficie total de 106,727 ha y se interpretaron un total de 25,233 polígonos en ambos años de estudio, estos polígonos se agruparon en 9 categorías generales y 82 detalladas de cobertura y uso del terreno. Del total de polígonos de ambos años de estudio 11,957 polígonos corresponden al año 1996 y 13,276 polígonos corresponden al año 2013 (Ilustración 20, Cuadro 12). Ambos años se interpretaron a la misma escala (1:10,000) por lo que el aumento de los polígonos se debe al aumento en la fragmentación del paisaje.

Ilustración 20. Polígonos interpretados. A) Interpretación de 1996. B) Interpretación de 2013



Se interpretaron 9 categorías generales de cobertura, en donde predomina la selva baja caducifolia, el pastizal, matorral subtropical, cultivos y asentamientos humanos (Ilustraciones 21 y 22, Cuadro 12).

Cuadro 12. Cobertura y uso de terreno de 1996-2013.

CATEGORÍAS	1996		2013	
	No. Polígonos	Área (Ha)	No. Polígonos	Área (Ha)
Selva baja caducifolia	4,764	51,078	4,970	51,050
Cultivos	926	15,788	875	11,051
Pastizal	2,730	13,855	3,396	18,493
Matorral subtropical	1,896	12,693	1,222	7,310
Asentamientos humanos	992	9,047	1,586	12,943
Vegetación riparia	350	1,736	365	1,642
Suelo sin cobertura aparente	270	1,195	736	1,928
Cuerpo de agua	3	1,020	30	932
Suelo fraccionado	26	316	96	1,225

Ilustración 21. Mapa de cobertura y uso del suelo del año 1996.

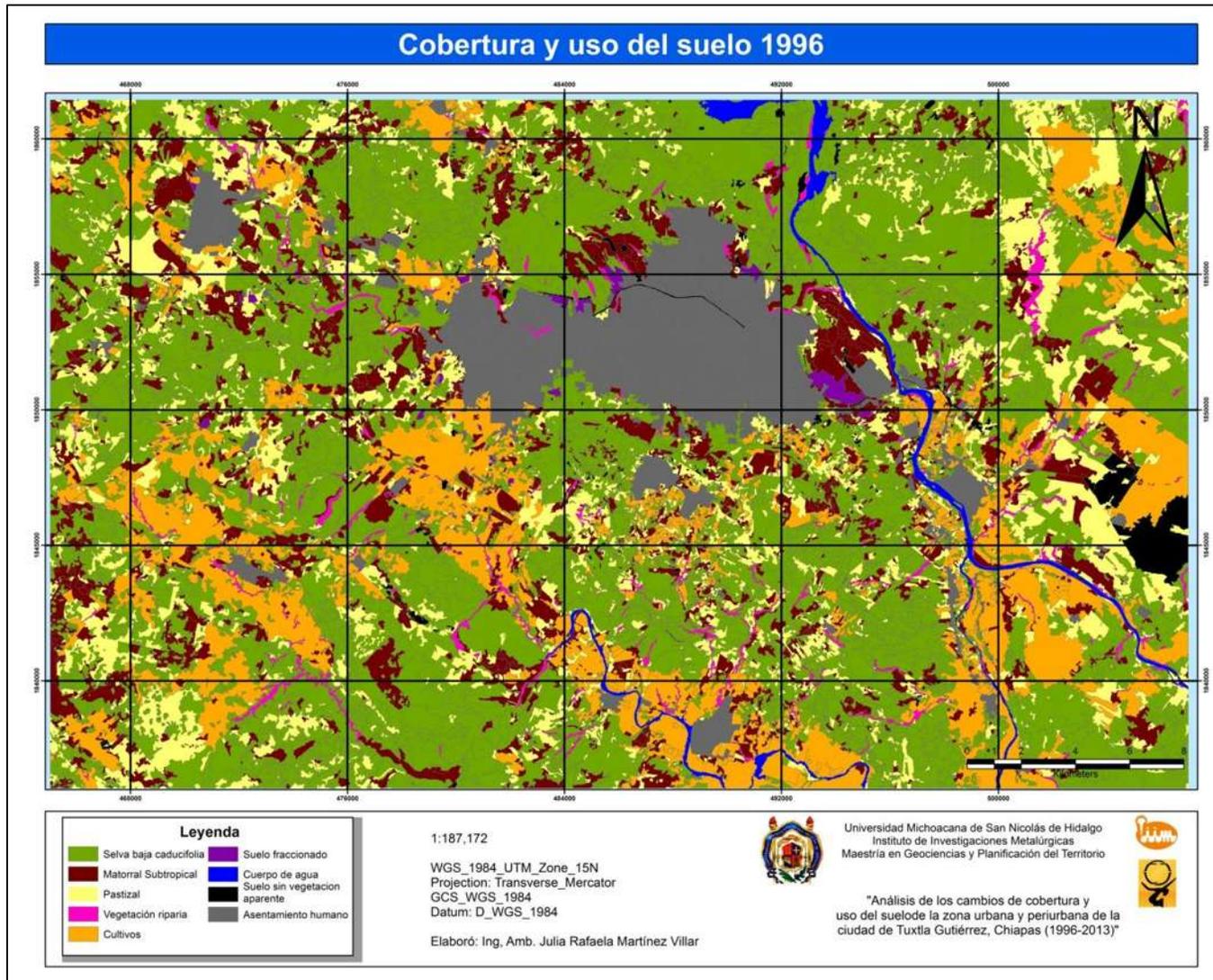
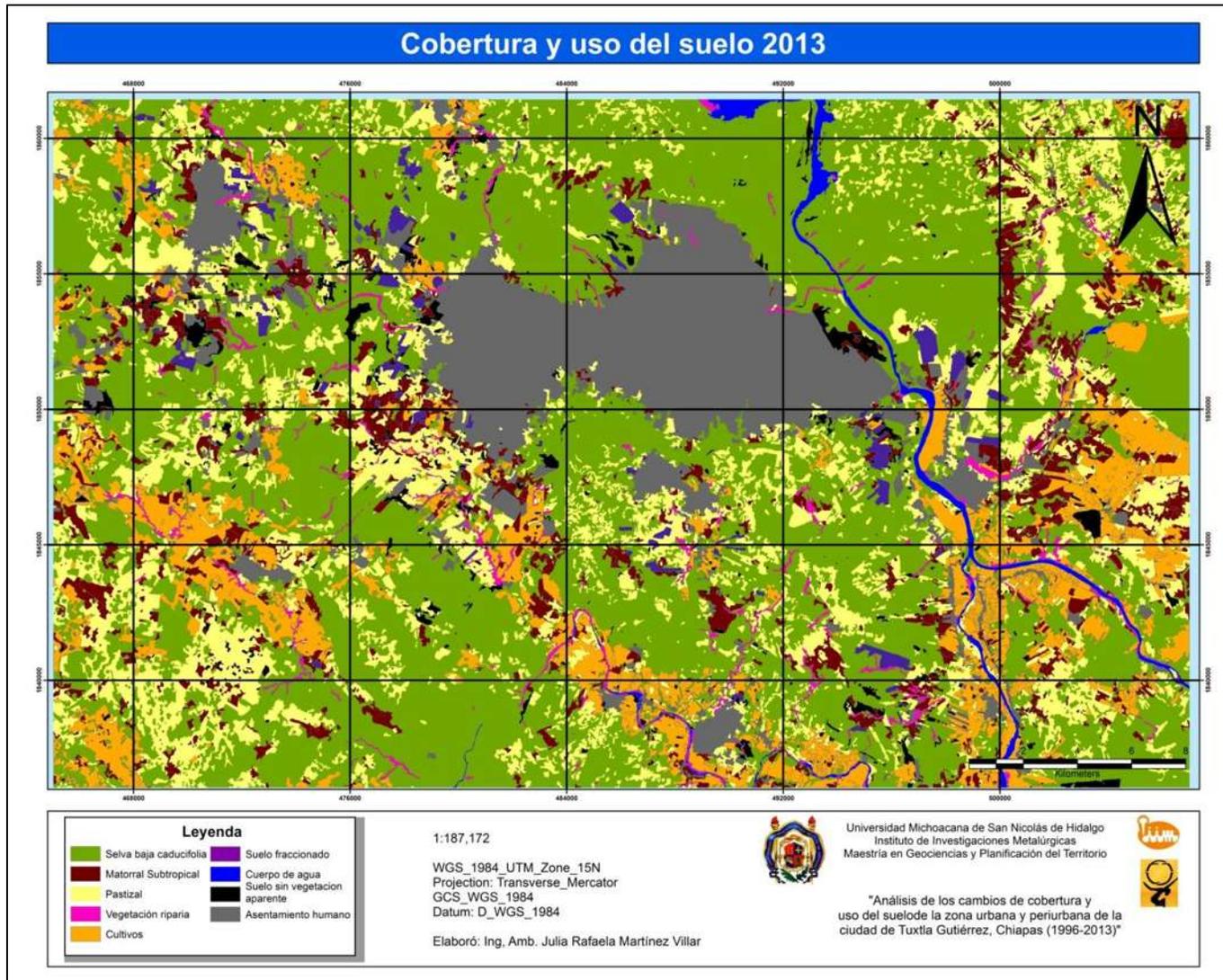
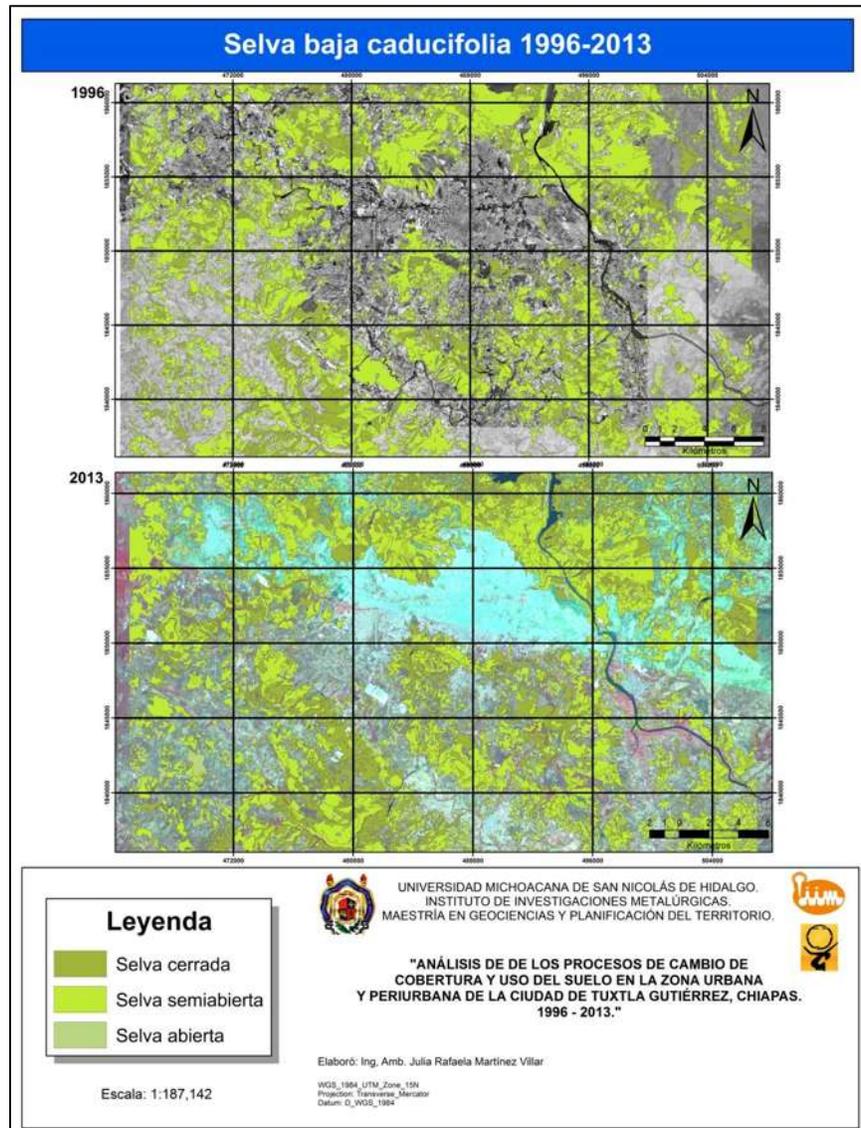


Ilustración 22. Mapa de coberturas generales 2013.



La selva baja caducifolia o bosque tropical caducifolio representa al ecosistema natural que debe de existir en la zona, la selva ocupó la mayor superficie del área de estudio y entre ambos años sólo disminuyó el uno por ciento (48% - 47%) (Cuadro 13, Ilustración 23).

Ilustración 23. Mapa de cobertura de la selva baja caducifolia.



Cuadro 13. Categorías específicas de selva baja caducifolia en 1996-2013.

CATEGORÍA		1996			2013		
		No. Polígonos	Área (ha)	Área (%)	No. Polígonos	Área (ha)	Área (%)
S.B.C	S.B.C abierta	564	3,514	7	478	3,273	6
	S.B.C semiabierta	2420	35,064	24	2630	34,289	26
	S.B.C cerrada	1780	12,500	69	1862	13,487	67

S.B.C.: selva baja caducifolia.

La selva baja caducifolia está conformada por tres subcategorías (Cuadro 13), siendo la predominante la selva semiabierta (67% del área de esta cobertura). La selva baja caducifolia es el segundo ecosistema predominante en la República Mexicana y es considerado para su protección debido a su grado de pérdida de cobertura y fragmentación ocasionada por la utilización que se hace por parte del ser humano, como es la ganadería extensiva, la extracción de madera como leña, madera para la construcción rural, poste para cercos, artesanías, alimentos, medicinas, estas zonas son desmontadas para la agricultura, así como los incendios forestales (Boyás Delgado, 1994; Moreno-Casasola y Paradowska, 2009). En la zona de trabajo existen 3 áreas naturales protegidas importantes (Reserva Estatal Cerro Mactumatzá, Centro Ecológico y Recreativo “El Zapotal”, la zona Protectora Forestal Vedada “Villa de Allende” y el Parque Nacional Cañón del Sumidero) que apoyan la conservación de este ecosistema (SMAHN, 2013). Desde el punto de vista antropológico esta comunidad forestal tiene una marcada importancia en nuestro país, ya que en su área de distribución se han establecido distintos grupos étnicos desde la época prehispánica, de los 56 grupos indígenas de México, 24 de ellos se encuentran inmersos dentro del área de influencia de la selva baja caducifolia (Boyás Delgado, 1994).

Los cultivos es la segunda categoría con mayor extensión en la zona de trabajo (Cuadro 12), cubriendo el 15% y el 10% en cada año de estudio (1996 - 2013). Dentro de la categoría cultivos se interpretaron cultivos de temporal y cultivos de riego, mientras los primeros disminuyeron su superficie en 44%, los cultivos de riego la aumentaron en 216% (Cuadro 14).

Cuadro 14. Áreas de categorías específicas de cultivos de 1996-2013.

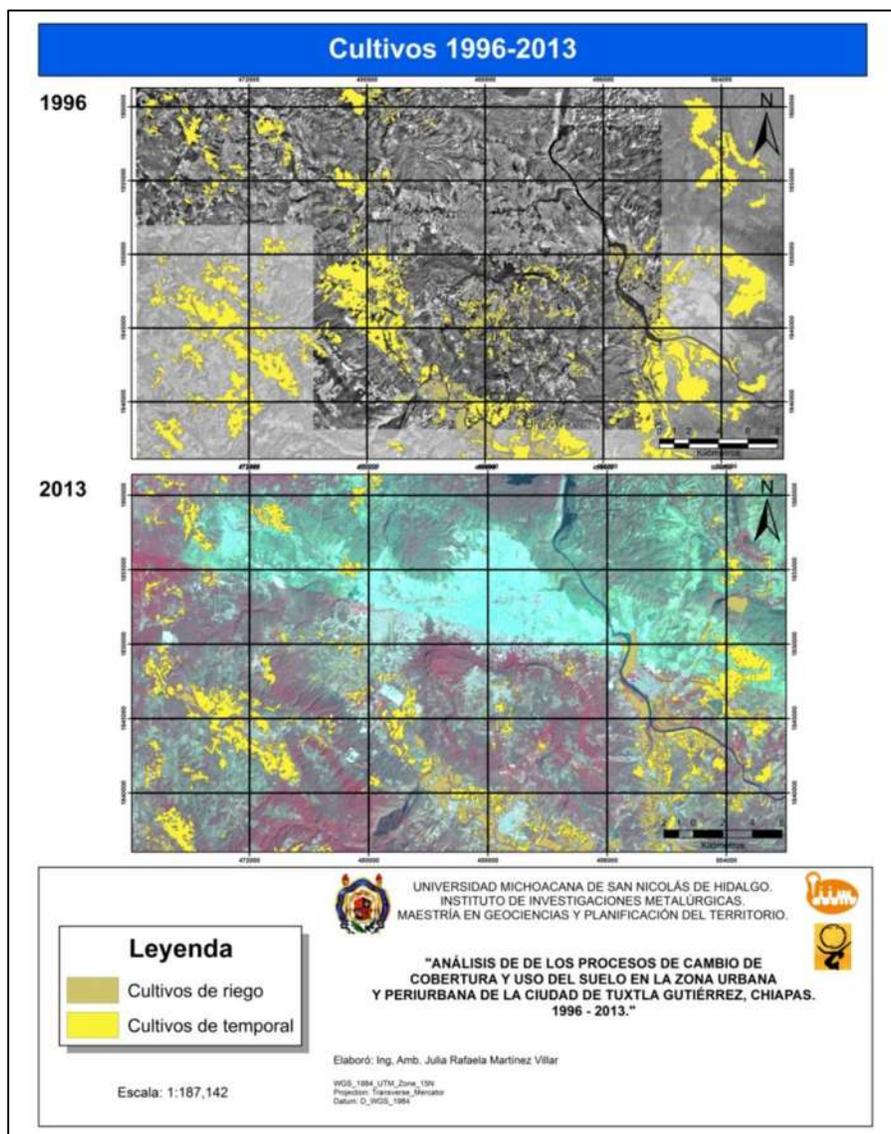
CATEGORIAS		1,996			2013		
		No. Polígonos	Área (ha)	Área (%)	No. Polígonos	Área (ha)	Área (%)
C	Temporal	702	14,384	91	666	8,010	72
	Riego	224	1,403	9	209	3,042	27

C: cultivos

La disminución de las tierras de cultivo de temporal es un patrón presente en todo el campo mexicano, proceso que comenzó hace cincuenta años y que se ha agudizado en los últimos quince (Hernández Ruíz, *et al.*, 2014). En 1950, la participación del Producto Interno Bruto (PIB) primario en el PIB nacional era de 16.1% y en el 2012 era del 3.4%, en el campo mexicano existe un segmento comercial altamente competitivo, y en contraste, la gran mayoría de unidades

económicas rurales, son de subsistencia o autoconsumo, lo que ocurre en la zona de estudio en donde los cultivos que se están perdiendo son en conjunto los de maíz, frijol y calabaza (INEGI, 2011). El 72% de la superficie del cultivo de temporal se encuentra por debajo del porcentaje a nivel nacional que es del 72%, es decir, en la zona la pérdida de estos cultivos es ligeramente menor que existe a nivel nacional, considerando que el grado de marginación de la zona de estudio va de bajo a alto (CONAPO, 2010). La crisis del campo mexicano ocasiona la pobreza, desigualdad y atraso que padece el 61% de la población rural en el país y que de no cambiar nuestra política alimentaria en el 2030 tendremos que importar el 80% de nuestros alimentos (Martínez, 2014).

Ilustración 24. Mapa de cobertura de cultivos 1996-2013.

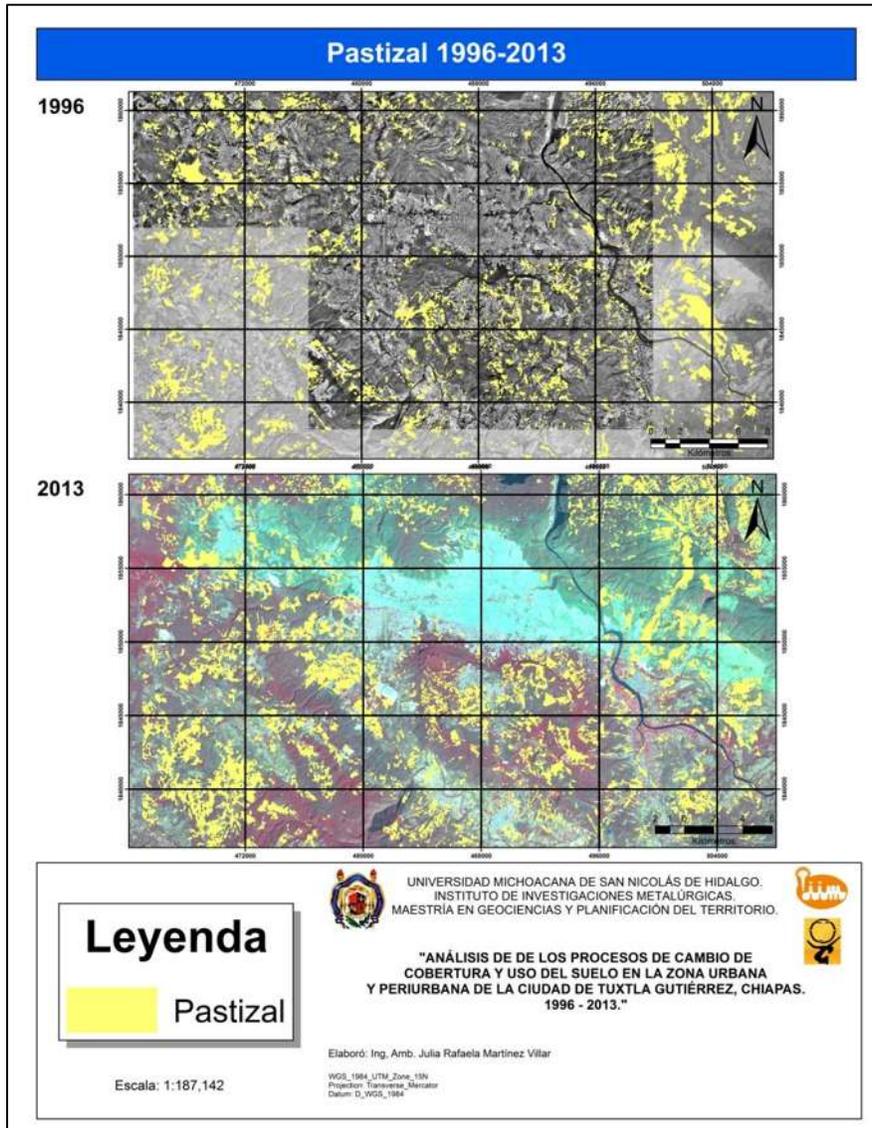


Los cultivos de riego aumentaron del 9% al 27% en la zona de estudio, esta categoría considera también a las huertas, en donde se siembra principalmente: jícama, sandía, maíz, mango y jocote (ciruela amarilla) (INEGI, 2011), los polígonos de esta categoría aumentaron hacia la zona sur y sur-oriente de la ciudad en la cabecera municipal de Suchiapa y mayormente sobre los márgenes de los ríos Suchiapa, Grijalva y Santo Domingo (Ilustración 24).

La categoría de pastizales es la tercera con más extensión de área dentro de la zona de trabajo en ambos años de estudio, en 1996 tenía un área de 13,855 ha y para 2013 aumento su área en 4,655 ha. El aumento de los pastizales se puede observar en toda la zona de estudio (Ilustración 25) especialmente en la zona oriente y sur de la Ciudad de Tuxtla Gutiérrez, estas zonas corresponden a los límites del periurbano. El área de los pastizales aumentó en su mayoría en zonas donde antes el uso del terreno era cultivos (ver sección de matrices de Markov).

El área de los pastizales aumentó en zonas donde antes el uso del terreno era cultivos (ver sección de matrices de Markov). El proceso de cambio de cobertura y uso de suelo integrado por: campos de cultivo→pastizales→terrenos baldíos→zona urbana, es un proceso característico del crecimiento de ciudades en América Latina. Los pastizales son predecesores del crecimiento de la Ciudad (Martínez Rivera y Monroy-Ortíz, 2009), es necesario su seguimiento para conocer las directrices futuras del aumento futuro de las manchas urbanas.

Ilustración 25. Mapa de cobertura de pastizales 1996-2013.



El matorral subtropical es la cuarta categoría con más extensión de área en la zona de estudio, 12% en 1996 y 7% en 2013 (Cuadro 15). Esta categoría se subdivide en matorral cerrado y matorral semiabierto, siendo el matorral semiabierto el de mayor extensión de área en ambos años de estudio además de ser la cobertura más fragmentada por su número de polígonos

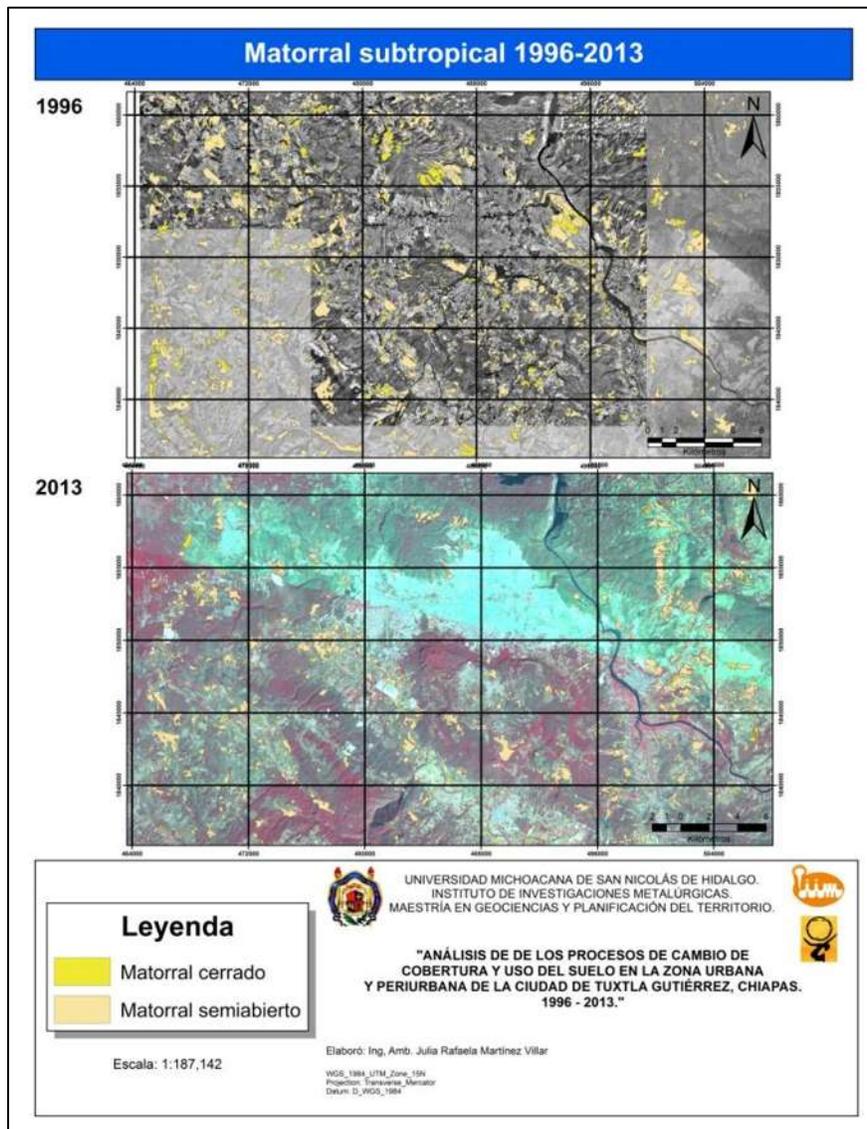
Cuadro 15. Áreas de coberturas específicas del matorral subtropical.

CATEGORÍAS		1996			2013		
		No. polígonos	Área (ha)	Área (%)	No. polígonos	Área (ha)	Área (%)
M. Sub	Matorral cerrado	566	2,531	20	83	315	4
	Matorral semiabierto	1330	10,162	80	1139	6,996	95

M. Sub: Matorral subtropical.

La disminución del matorral subtropical en ambas subcategorías se observó en toda la zona de estudio (Ilustración 26) esta disminución se debió a que la categoría se convirtió a selva baja caducifolia y pastizales.

Ilustración 26. Mapa de ubicación del matorral subtropical 1996-2013.



La categoría de asentamiento humano se encuentra dividida en dos subcategorías: intraurbano y extraurbano (Cuadro 16), el primero se refiere únicamente a la mancha urbana de la Ciudad de Tuxtla Gutiérrez, en cambio el extraurbano son todos los asentamientos que están fuera de la mancha urbana de la Ciudad. En esta sección se analizara la subcategoría extraurbano, ya que el análisis del crecimiento de la ciudad de Tuxtla Gutiérrez y su periurbano se lleva a cabo más adelante.

Cuadro 16. Áreas de coberturas específicas del asentamiento humano 1996-2013.

CUT		1996			2013		
		No. polígonos	Área (ha)	Área (%)	No. polígonos	Área (ha)	Área (%)
A.H	Intraurbano	667	6,320	70	979	8,507	66
	Extraurbano	325	2,727	30	607	4,436	34

A.H.: Asentamiento humano.

Además de la ciudad de Tuxtla Gutiérrez, en la zona de estudio se encuentra tres cabeceras municipales: Berriozábal, Chiapa de Corzo y Suchiapa (Cuadro 17); estas cabeceras municipales influyen en el crecimiento de la mancha urbana de Tuxtla Gutiérrez y de su periurbano.

Cuadro 17. Áreas de Tuxtla Gutiérrez en los años 1996-2013.

CUT	1996	2013
	Área (Ha)	Área (Ha)
Tuxtla Gutiérrez	6,326	8,498
Berriozábal	238	375
Chiapa de Corzo	170	205
Suchiapa	166	205

La mancha urbana de Berriozábal creció 137 ha entre 1996 y 2013, su crecimiento es de norte a sur y hacia su lado oriente se encuentra la carretera Panamericana (Ilustración 32), la cual comunica esta localidad con la ciudad de Tuxtla Gutiérrez; también se construyó en 2009 el distribuidor vial llamado “La Pochota”. En ambas carreteras se pueden observar diversos usos de suelo, como: minas a cielo abierto, granjas de cultivo de pollo, construcciones militares y colonias irregulares, por mencionar algunos.

En el caso de las colonias se pueden observar diferentes tipos de construcciones, desde casas construidas con madera, en obra negra hasta casas ostentosas. Un ejemplo es la colonia “San Jerónimo” (Ilustración 28) la mayor parte de las casas de esta colonia se encuentran construidas en obra negra pero en el interior se pueden observar casas que son utilizadas como casas de descanso, de esta

forma se puede observar casas ostentosas y frente a ellas una casa con animales de patio (gallinas, patos, conejos, etc).



Ilustración 27. Col. "La Libertad", Berriozábal, 26.5 Ha en proceso de regularización.



Ilustración 28. "San Jerónimo", Berriozábal.



Ilustración 29. Pastizales y selva baja caducifolia sobre carretera del distribuidor vial "La Pochota".

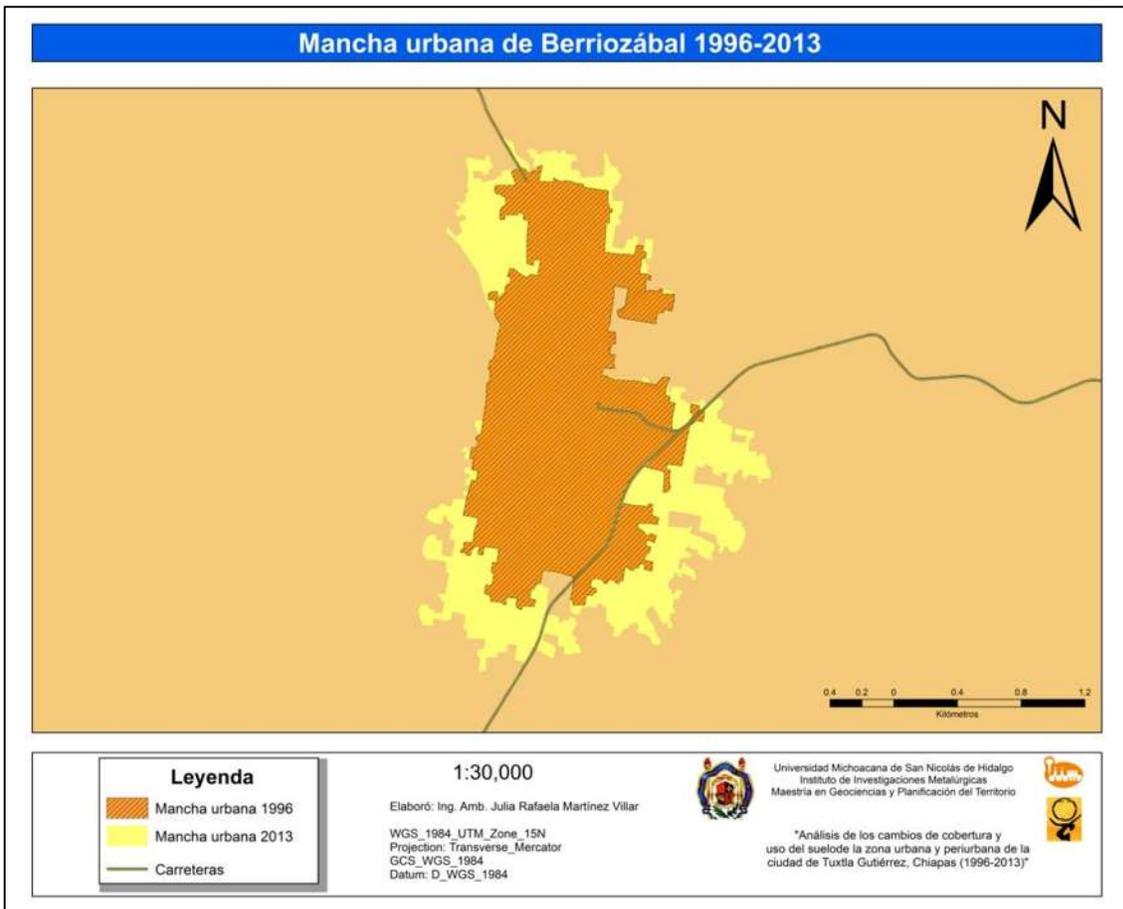


Ilustración 30. Especulación inmobiliaria. Berriozábal.



Ilustración 31. Mina a cielo abierto. "Gorsa" concretos.

Ilustración 32. Mapa de comparación de la mancha urbana de Berriozábal 1996 y 2013.



El tamaño de la mancha urbana de Chiapa de Corzo creció 35 Ha entre 1996 y 2013. Se ubica en los márgenes del Río Grijalva (Ilustración 37), crece del norponiente a suroriente y es atravesada por la carretera federal 190. El crecimiento de la mancha urbana se observa sobre dicha carretera y conserva la misma dirección de crecimiento, en el año 2013 se observa que la mancha urbana se une con la colonia Francisco I Madero de lado oriente (Ilustración 35) y con Ampliación Covadonga de lado poniente.



Ilustración 33. Fraccionamiento "San Sebastián", Chiapa de Corzo.



Ilustración 34. Embarcadero de Chiapa de Corzo.

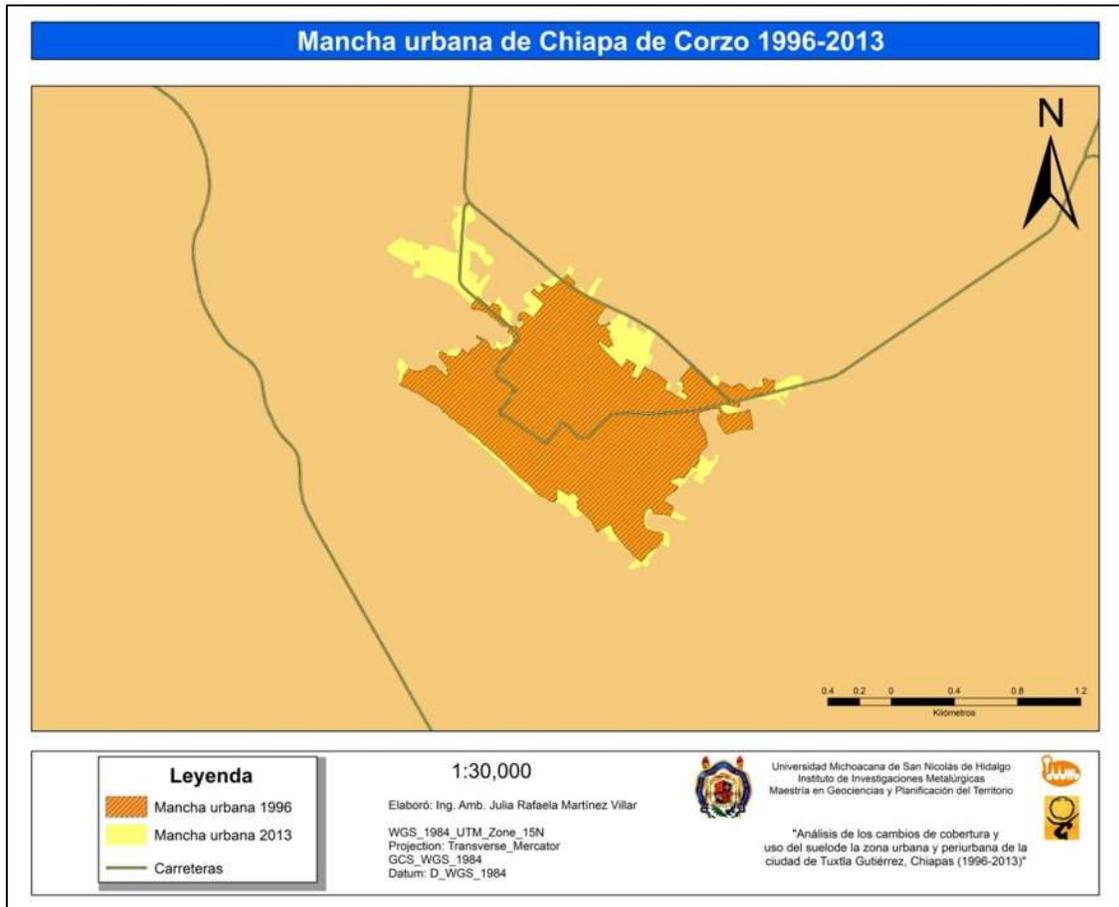


Ilustración 35. Colonia Francisco I. Madero, Chiapa de Corzo.



Ilustración 36. Especulación inmobiliaria, Chiapa de Corzo.

Ilustración 37. Mapa de comparación de la mancha urbana de Chiapa de Corzo en los años 1996 y 2013.



La mancha urbana de Suchiapa creció 39 ha entre 1996 y 2013, aumentó a 127 ha, esto es que en 17 años la mancha urbana creció 38.912 ha (Ilustración 40). La mancha urbana se encuentra asentada al margen derecho del Río Suchiapa y crece de norte a sur, en el año 2013 la mancha urbana está creciendo hacia el lado oriente y en menor medida hacia el norte, el motivo es la construcción del Campus del Instituto Politécnico Nacional en el lado Oriente (Ilustración 46).

El crecimiento de la mancha urbana está siendo contenida de lado norte por campos de cultivo que se han estado manteniendo desde el año 1996, pero aun así ya se está observando cambios en la cobertura y uso del suelo, de cultivos o pastizales a asentamientos humanos.



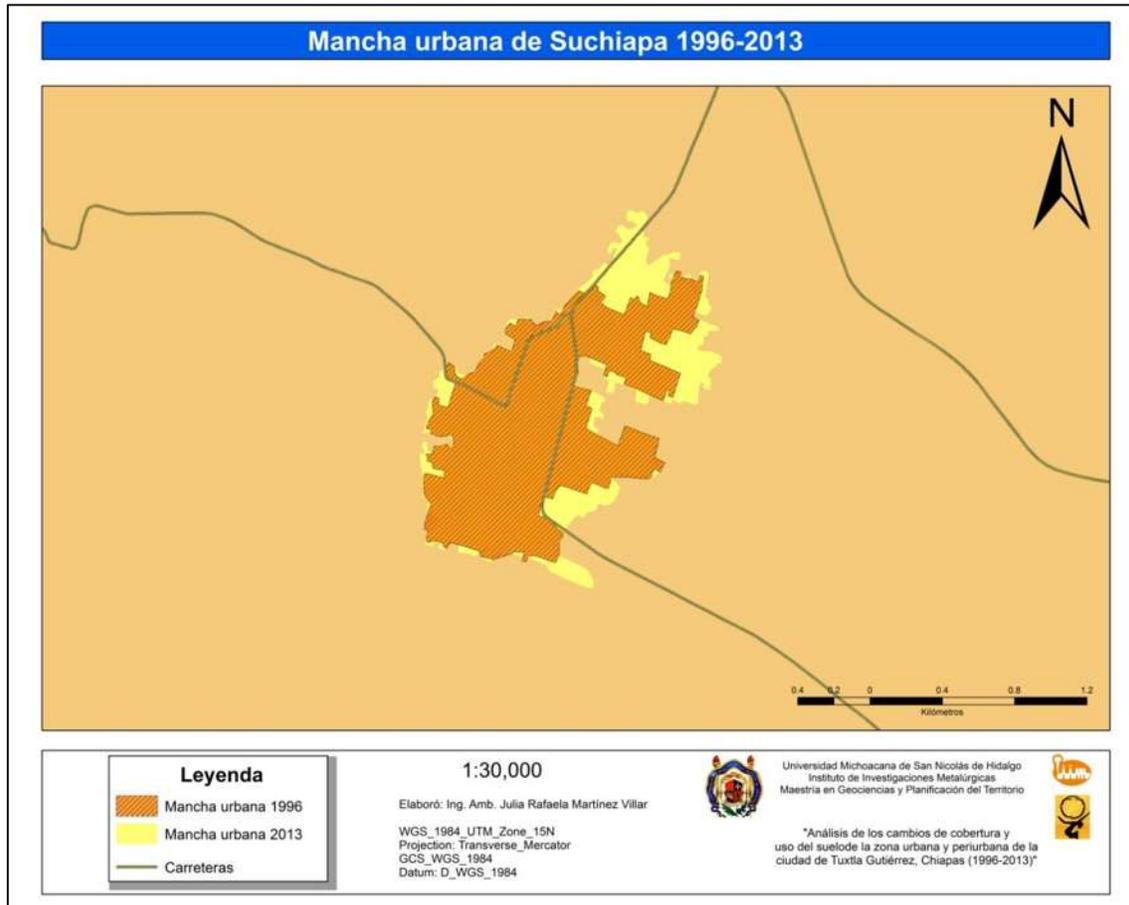
Ilustración 38. Panorámica de Suchiapa.



Ilustración 39. Campus Politécnico. Suchiapa.

Fuente: Propia y H. A. Suchiapa.

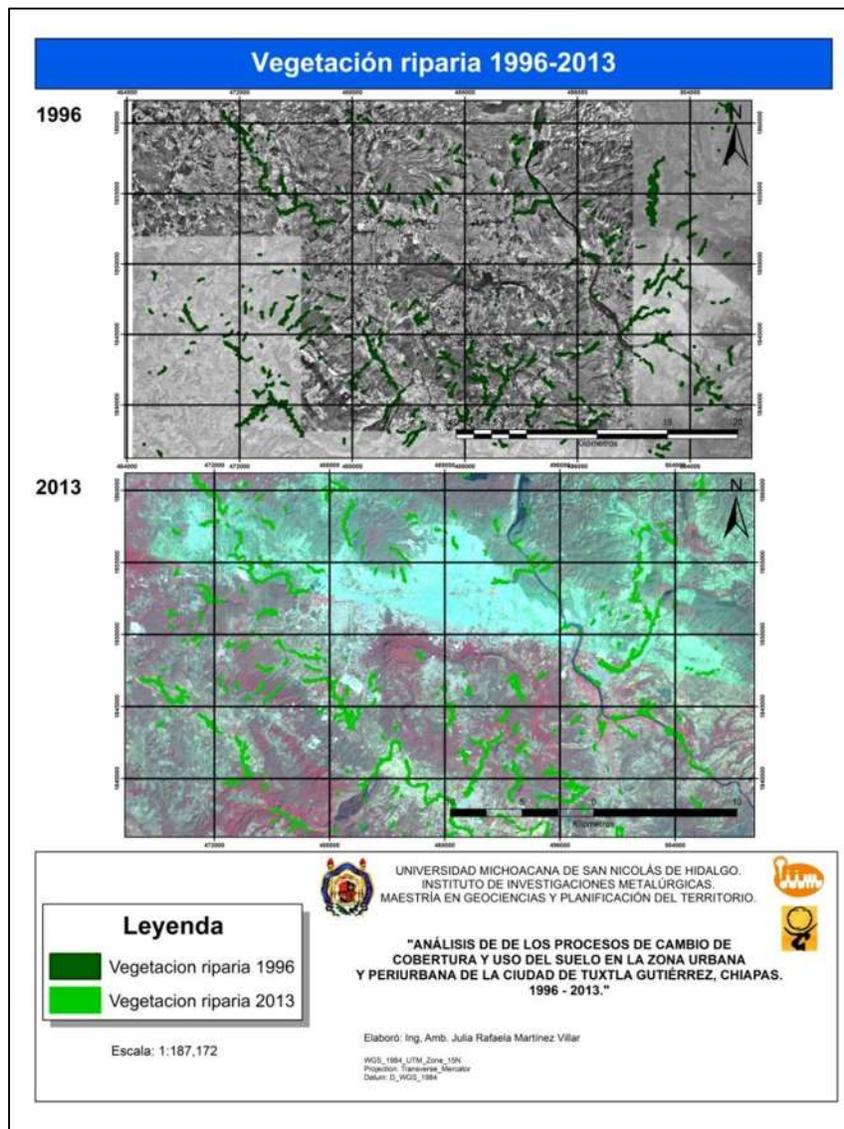
Ilustración 40. Mapa de comparación de la mancha urbana de Suchiapa de los años 1996 y 2013.



La categoría de vegetación riparia correspondo a toda aquella que se encuentra fuera del polígono de la Ciudad de Tuxtla Gutiérrez, la vegetación riparia que se encuentra dentro de dicho polígono ya se analizó en el apartado de intraurbano de la categoría asentamientos humanos.

La vegetación riparia se localiza sobre los márgenes de los siguientes ríos: Grijalva, Santo Domingo y Suchiapa; además de que se presenta en zonas de escurrimientos de las geoformas (Ilustración 41). En el año 1996 tenía un área de 1,736 ha y para el año 2013 redujo su área a 1, 689 ha; esta reducción se debe a que el hombre ejerce una influencia intensa sobre una gran parte de la vegetación acuática, esta influencia se ha dejado sentir en función del adelanto técnico, de la industrialización y del crecimiento de las ciudades (Rzendowski, 2006).

Ilustración 41. Mapa de ubicación de la vegetación riparia 1996-2013.



La categoría de suelo sin cobertura aparente ocupa el 1% y el 2% de área en la zona de estudio en los años 1996 y 2013, respectivamente (Cuadro 18). Esta cobertura se subdivide en dos subcategorías: suelo sin cobertura aparente y vegetación quemada.

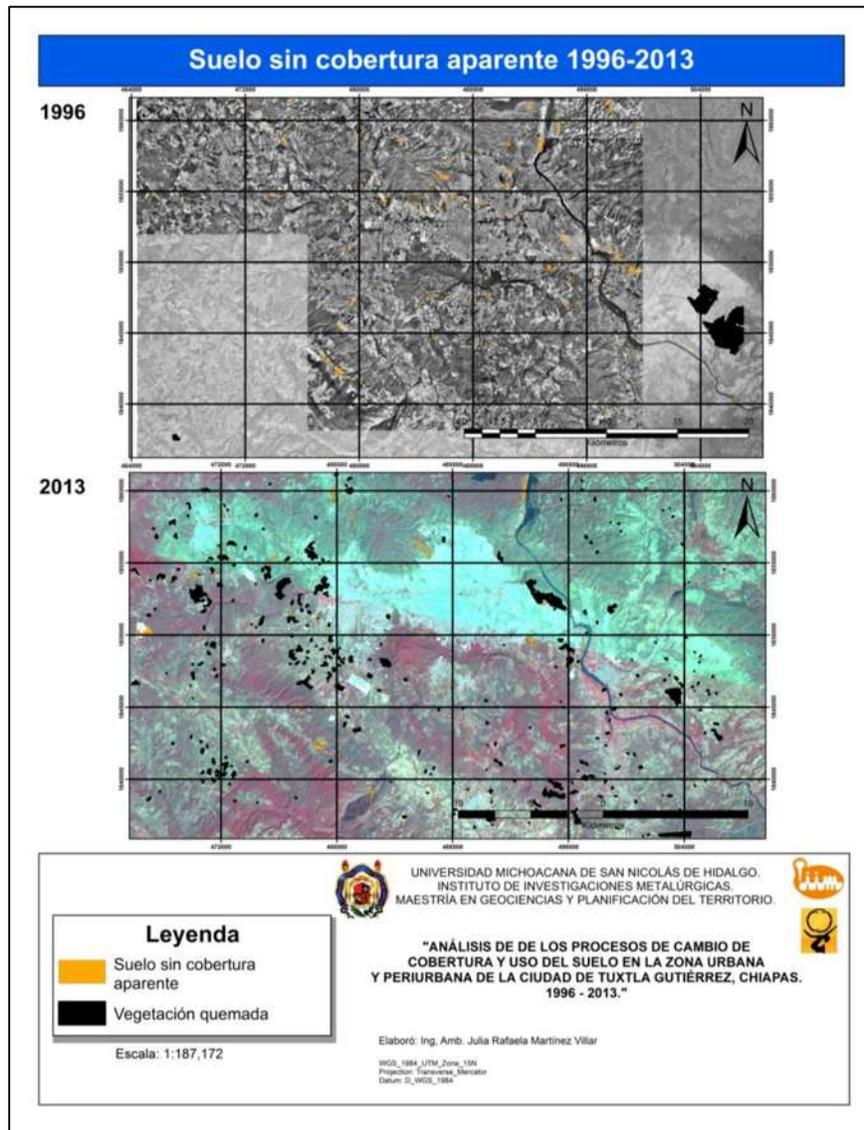
La subcategoría de suelo sin cobertura aparente ocupaba un área de 494 Ha en 1996 y 667 Ha en 2013 (Cuadro 18) y es la categoría con mayor fragmentación.

Cuadro 18. Áreas de coberturas específicas del suelo sin cobertura aparente.

CUT		1996			2013		
		No. polígonos	Área (ha)	Área (%)	No. polígonos	Área (ha)	Área (%)
S.S.C.A	Suelo sin cobertura aparente	260	494	41	407	667	34
	Vegetación quemada	10	701	59	329	1,261	65

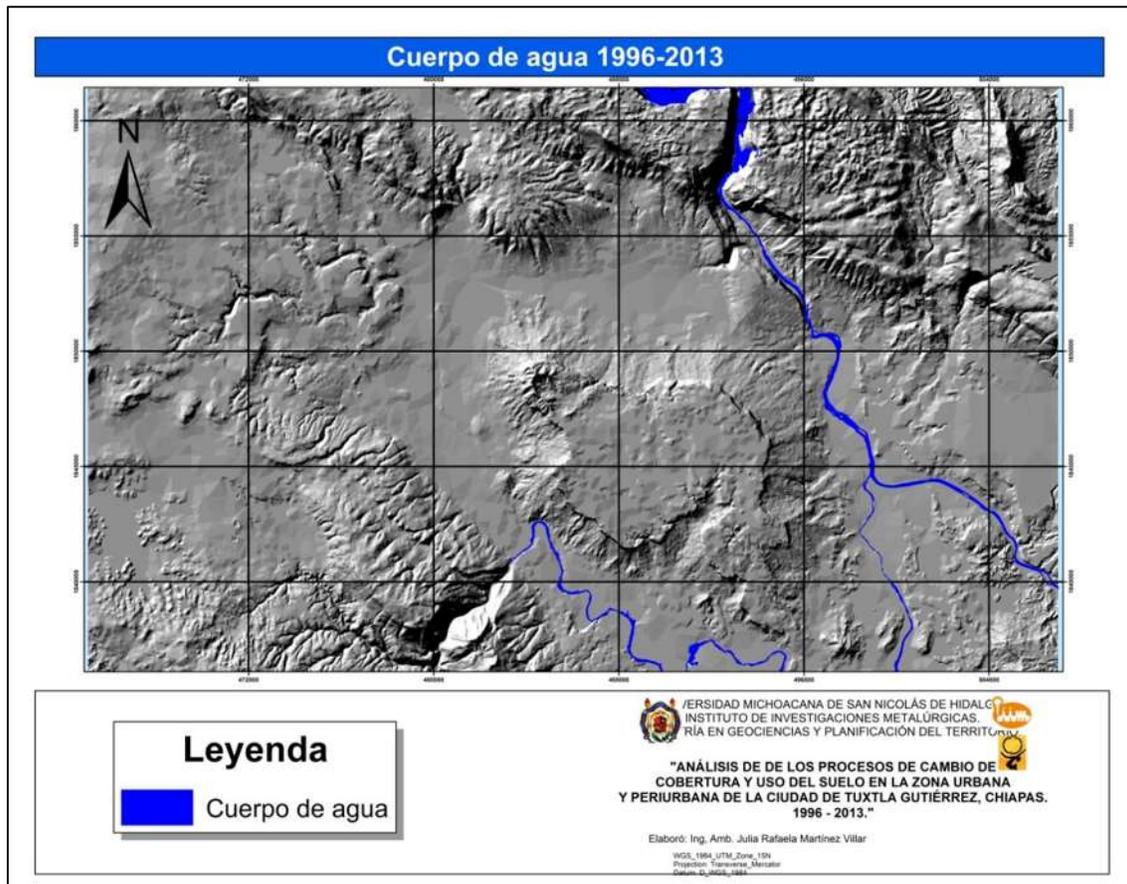
La subcategoría de vegetación quemada en 1996 tenía un área de 701 ha y se pueden identificar claramente tres polígonos en la ilustración 42, estos polígonos se encuentran al sur y al oriente de la zona de estudio. Esta cobertura en el año 2013 aumentó su área a 1,261 ha y con esto también aumento su fragmentación, observándose en toda la zona de estudio (Ilustración 42); esto se debe a que para el 2013 en Chiapas aumentó el número de incendios acumulados con 421 incendios afectando 20,322 ha en toda la entidad (CONAFOR, 2013), la vegetación que fue más afectada por los incendios forestales fue la herbácea con 17,004 ha.

Ilustración 42. Mapa de ubicación del suelo sin cobertura aparente 1996-2013.



La categoría de cuerpo de agua ocupaba 1,020.19 ha en 1996 y en el año 2013 el área era de 949.36 ha, esta categoría corresponde a los cauces de los ríos Grijalva, Santo Domingo y Suchiapa que se localizan dentro de la zona de estudio.

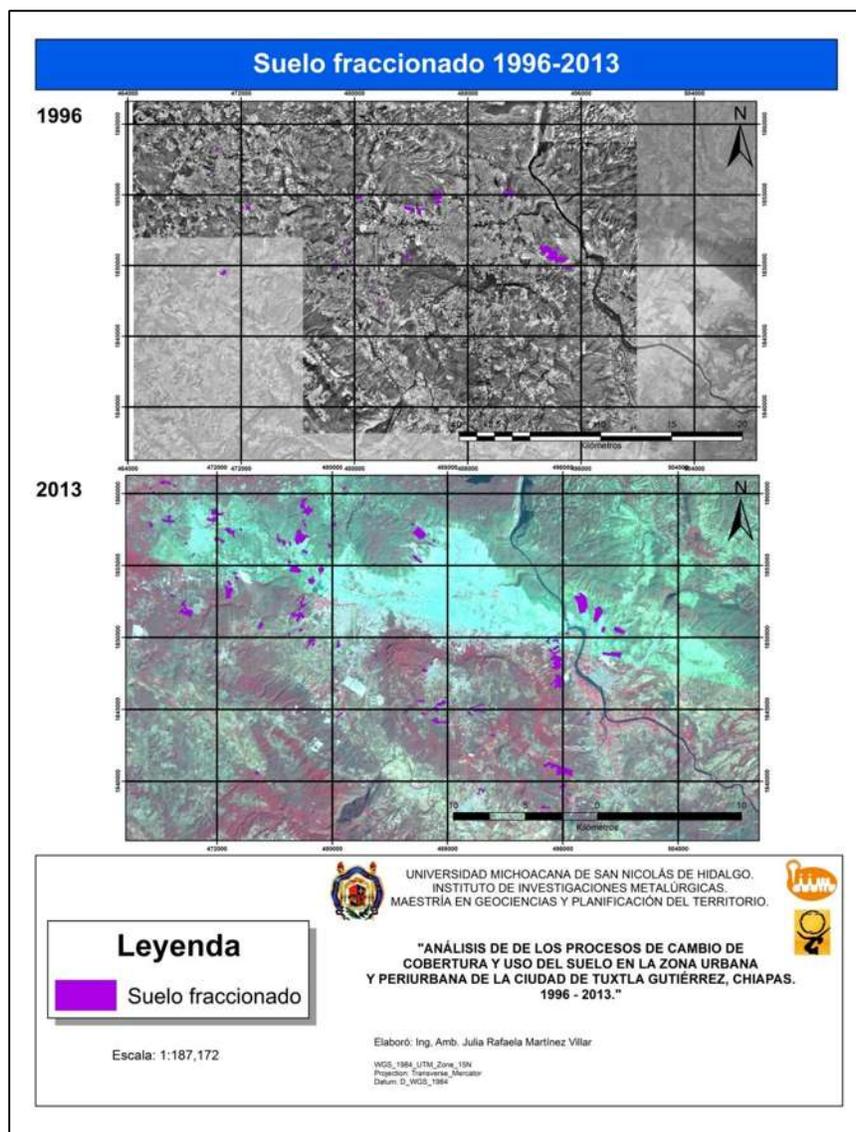
Ilustración 43. Mapa de ubicación de cuerpo de agua 1996-2013.



Esta categoría en el año 1996 tiene una extensión de 316 ha, para el año 2013 esta categoría crece hasta los 1,242 ha ocupando un 1% de cobertura en la zona de estudio. En la ilustración 44 se observa que en el año de 1996 la mayor área de esta categoría se encuentra en el perímetro de la mancha urbana de Tuxtla Gutiérrez, este suelo fraccionado en el año 2013 se convierte en nuevas colonias que hacen crecer la mancha urbana de la Ciudad.

En el año 2013 los suelos fraccionados ya no sólo se limitan a ubicarse en el perímetro de la mancha urbana sino que se encuentran dentro de los límites del periurbano hacia el poniente y el oriente de Tuxtla Gutiérrez, estos suelos fraccionados en los próximos años harán crecer la mancha urbana de la ciudad y también crecerá el periurbano ocasionando una mayor fragmentación en la cobertura.

Ilustración 44. Mapa de ubicación del suelo fraccionado 1996-2013.



6.1. Análisis del cambio de cobertura y uso del suelo.

6.1.1. Matriz de Markov.

El cuadro 19 corresponde a la matriz de Markov para los procesos de cambio de cobertura y uso de suelo que ocurrieron entre los años 1996 y 2013. La diagonal de color azul, de izquierda a derecha, corresponde a las categorías que se mantuvieron entre los 17 años de estudio.

Las categorías que tienen más probabilidad de permanecer en el tiempo son, en orden descendente:

- La categoría de asentamientos humanos tiene un 94% de permanencia, las categorías que se convierten a asentamientos humanos permanecen en esta categoría y muy difícilmente vuelven a cambiar a otra categoría.

- La selva baja caducifolia tiene el 76% de permanencia, esta categoría tiene un 30% de cambio hacia otras coberturas y analizando la matriz se observa que tiene más probabilidad de cambio hacia las categorías de matorral subtropical con un porcentaje de 6% y hacia pastizales con un 9% de cambio. Por lo anterior se puede decir que si la selva baja caducifolia se quiere conservar es necesario prestar atención al matorral subtropical y pastizales que se encuentren cerca de esta categoría.

- La categoría de cuerpo de agua tiene un 74% de permanencia, los principales cuerpo de agua son ríos, los cuales son el Río Suchiapa y el Santo Domingo.

Después de la categoría de cuerpo de agua se encuentran las categorías que son más dinámicas en los cambios de cobertura y uso de suelos ya que la permanencia es muy poca.

- La categoría de cultivos tiene un 44% probabilidad de permanencia, esta categoría tiene un 28% de cambio hacia pastizales, un 11% de cambio hacia selva baja caducifolia, además de tener un 7% de probabilidad de convertirse en asentamiento humano y un 6% de probabilidad de convertirse en matorral subtropical. El porcentaje restante de probabilidad de cambio, 3%, que tiene esta categoría es a suelo sin cobertura aparente, vegetación riparia y a cuerpo de agua.

Cuadro 19. Matriz de probabilidad.

CUS	A.H	C	C.A	M. Sub	P	S.B.C	S.F	S.S.C.A	V.R
A.H	0.94	0	0	0.01	0.02	0.02	0.01	0	0.01
C	0.07	0.44	0.10	0.07	0.28	0.11	0.01	0.02	0.01
C.A	0	0	0.74	0.01	0.01	0.10	0	0.01	0.11
M. Sub	0.08	0.06	0	0.12	0.24	0.44	0.02	0.03	0.01
P	0.06	0.13	0	0.10	0.40	0.27	0.01	0.03	0.01
S.B.C	0.02	0.02	0	0.06	0.10	0.76	0.01	0.01	0.01
S.F	0.81	0.01	0	0.07	0.02	0.06	0.03	0	0
S.S.C.A	0.09	0.35	0.01	0.11	0.24	0.11	0.01	0.07	0
V.R	0.04	0.03	0.02	0.04	0.06	0.51	0.01	0.01	0.28

- La categoría de pastizales cuenta con un 40% de probabilidad de permanencia, el pastizal tiene más porcentaje de probabilidad de

cambiar hacia selva baja caducifolia 27% y hacia matorral subtropical 9% y hacia cultivos con un 13%. Esta categoría tiene un 6% de probabilidad de convertirse a asentamiento humano. El resto del porcentaje de probabilidad de cambio, 5%, es hacia suelo fraccionado, suelo sin cobertura aparente y a vegetación riparia.

- La categoría de vegetación riparia cuenta con un 28% de probabilidad de permanencia, esta cobertura tiene más probabilidad de cambio hacia la selva baja caducifolia con un 51% y hacia los pastizales con un 6%, esto se debe a que la mayor parte de la vegetación riparia se encuentra adyacente a campos de cultivos, pastizales y selva baja caducifolia. En la categoría de asentamiento humano sólo tiene un 4% de probabilidad que ocurra el cambio a asentamiento humano, el 12% de probabilidad de cambio que resta de la vegetación riparia, esta puede cambiar a cultivos, cuerpo de agua, matorral subtropical, suelo fraccionado y suelo sin cobertura aparente.

- La categoría de matorral subtropical tiene una probabilidad de permanencia de 12%, esta categoría tiene más probabilidad de cambiar hacia selva baja caducifolia con un 44% de probabilidad y hacia pastizales con un 24% de probabilidad; en menor medida esta categoría tiene un 8% de probabilidad de cambio hacia asentamiento humano y un 6% de probabilidad de cambio hacia cultivos. El 6% restante de probabilidad de cambio es hacia las coberturas de cuerpo de agua, suelo fraccionado, suelo sin cobertura aparente y vegetación riparia.

Las dos últimas categorías que menos porcentaje de permanencia tienen son el suelo sin cobertura aparente con 2% de permanencia y el suelo fraccionado con 3% de permanencia. En el caso de los suelos fraccionados estos se encuentran alrededor de la ciudad de Tuxtla Gutiérrez, en su mayoría, al igual de los suelos sin cobertura aparente que en su mayoría son minas a cielo abierto y dentro de esta categoría de suelos sin cobertura aparente se encuentra la vegetación quemada que se observa en la parte Oriente-Sur de la zona de estudio. El suelo fraccionado tiene más probabilidad de cambio hacia el asentamiento humano con un 81% y en menor medida puede cambiar hacia el matorral subtropical con un 7% y hacia la selva baja caducifolia con un 6% de probabilidad de cambio. En cambio el suelo sin cobertura aparente tiene más probabilidad de cambio hacia los cultivos 35%, el matorral subtropical 11%, el pastizal 24% y la selva baja caducifolia 11%; pero la probabilidad de cambio hacia el asentamiento humano es muy baja comparada con los cambios antes mencionados y es que esta probabilidad es de 9%.

6.1.2. Relación cobertura natural/cobertura antrópica.

La relación entre la cobertura natural y antrópica en el área de estudio es significativa, en ambos años de estudio la cobertura natural cubre más del 70% de la zona de trabajo (Cuadro 20). La relación de las coberturas entre ambos años de estudio es de 3 ha para los años 1996 y 2013, este resultado se explica que: por cada hectárea de cobertura antrópica se tiene 3 ha de cobertura natural.

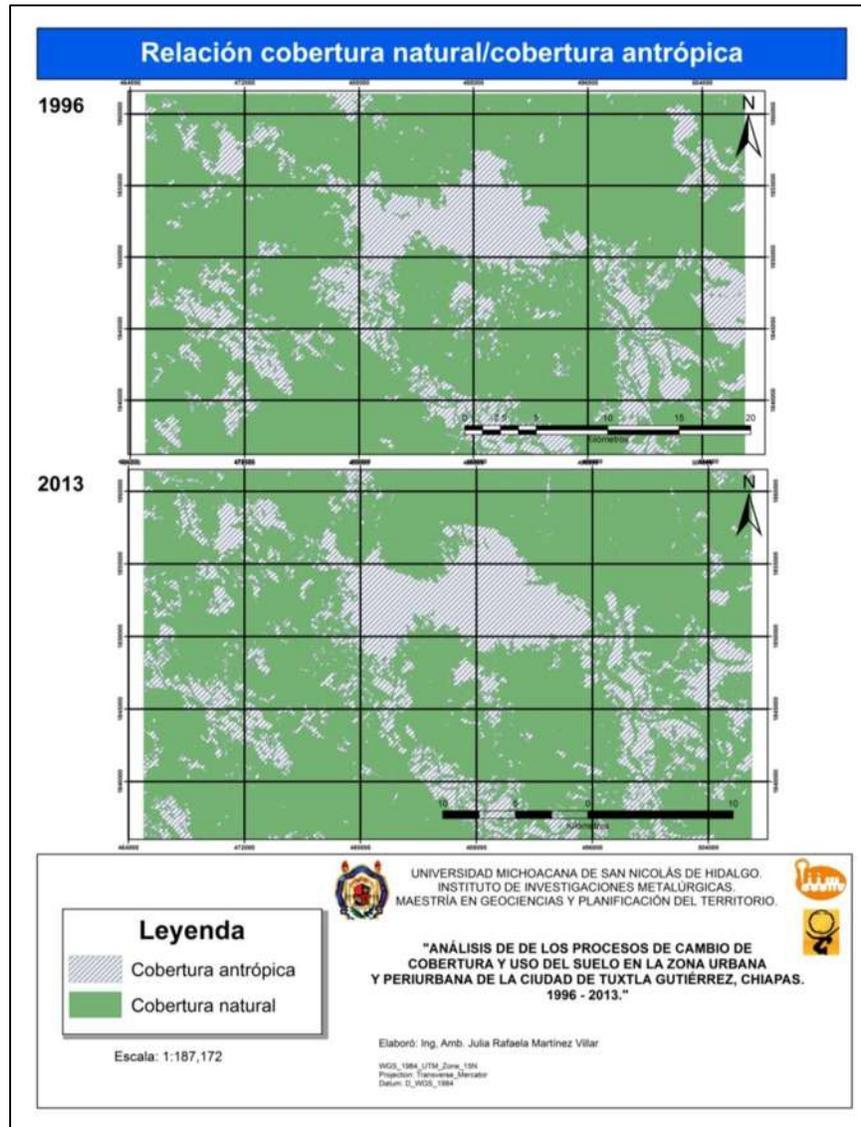
El hecho de que la cobertura natural tenga más cobertura de área en la zona de estudio es debido a que la selva baja caducifolia es la cobertura que más área cubre en la zona de estudio, más de 51,000 ha, en ambos años de estudio.

Cuadro 20. Áreas de la cobertura natural y antrópica entre los años 1996 y 2013.

Cobertura	1996		2013	
	Área (ha)	Área (%)	Área (ha)	Área (%)
Natural	80,313	75	79,504	74
Antrópica	26,413	25	27,223	26

En la Ilustración 45 se puede observar que la mayor área de cobertura antrópica, en ambos años de estudio, corresponde a la mancha urbana de Tuxtla Gutiérrez y hacia el sur oriente donde se encuentran las cabeceras municipales de Suchiapa y Chiapa de Corzo. Algunos polígonos de la cobertura antrópica varían, aumentan o disminuyen su tamaño o desaparecen, esto se debe a que la mayoría son cultivos que cambian a otras categorías como: suelo fraccionado, asentamientos humanos, pastizales o a matorrales.

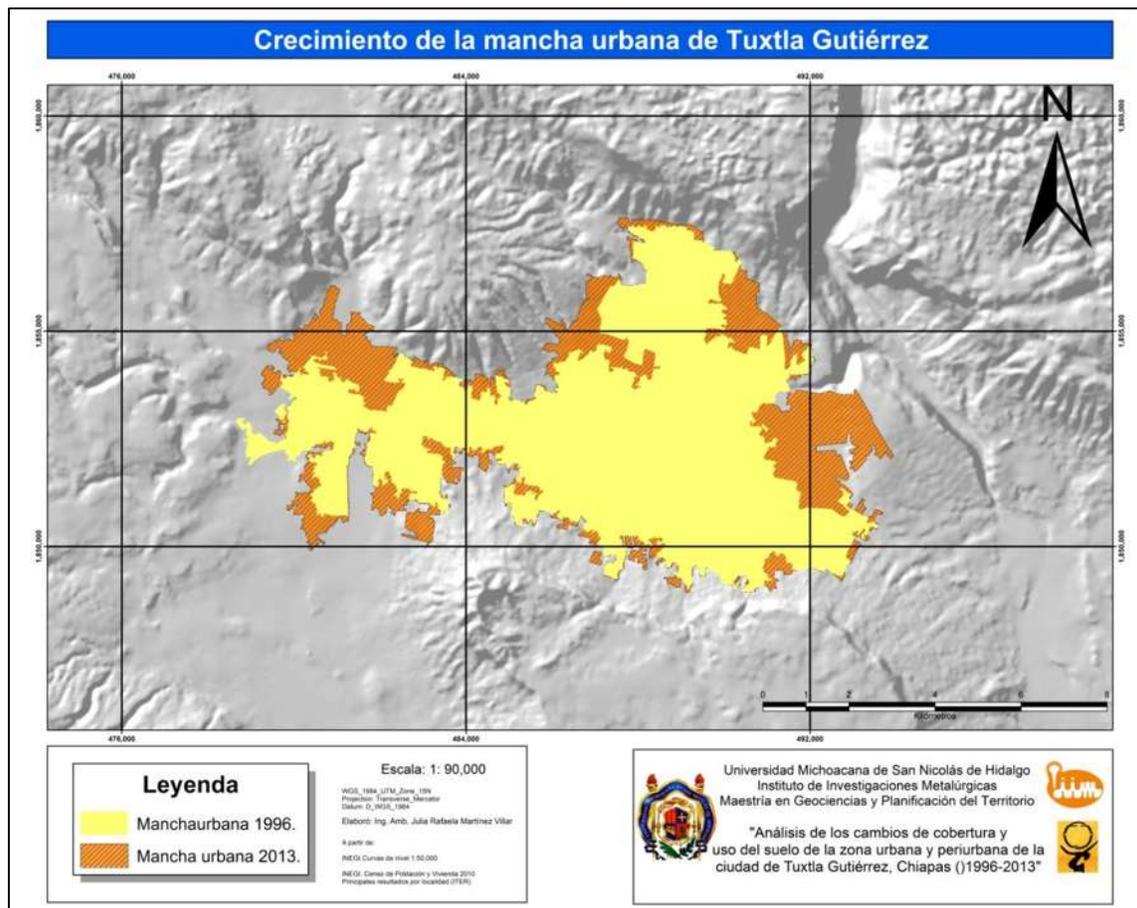
Ilustración 45. Mapa de relación entre la cobertura natural y la cobertura antrópica de la zona de estudio.



6.2. Crecimiento de la zona urbana y dinámica de crecimiento de la zona periurbana de la Ciudad de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. 1996-2013.

La mancha urbana de Tuxtla Gutiérrez presenta una superficie de 6,326 ha en 1996 y 8,498 ha en el 2013, la ciudad creció 2,172 ha en el periodo de estudio, el aumento de la mancha urbana ocurrió principalmente en dirección oriente, poniente y norte (Ilustración 46).

Ilustración 46. Mapa comparativo del crecimiento de la mancha urbana de la ciudad de Tuxtla Gutiérrez en los años 1996-2013.



El crecimiento de la Ciudad hacia estas zonas ocurre por la construcción de nuevos fraccionamientos (Bonanza, Real del Bosque y Jardines del Grijalva), por la construcción de centros educativos (Campus de la Universidad Autónoma de Chiapas), la construcción de nuevas vialidades que conectan a la ciudad con estos fraccionamientos (Boulevard Emiliano Zapata); así como edificación de nuevos centros comerciales (Aurrera) (Ilustración 47).

Ilustración 47. Nuevas construcciones, A) Bonanza y Real del Bosque, B) Jardines del Grijalva, C) Campus UNACH y D) Aurrera.



A)



B)



C)



D)

La información del crecimiento de la Ciudad de Tuxtla Gutiérrez fue comparada con información de SEDESOL (2012) sobre delimitación de las zonas metropolitanas de México, en donde existe un apartado sobre la Ciudad de Tuxtla Gutiérrez (SEDESOL, 2012). La información de este estudio se presenta en el cuadro 21 y en las Ilustraciones 48 y 49.

Cuadro 21. Incrementos de población y superficie.

Año	Población	Superficie (ha)
1980	196,785	927
2000	523,482	12,887
2005	610,714	13,767
2010	684,156	14,145

Fuente: SEDESOL, 2012.

Ilustración 48. Mapa de crecimiento manchas urbanas 1996-2013.

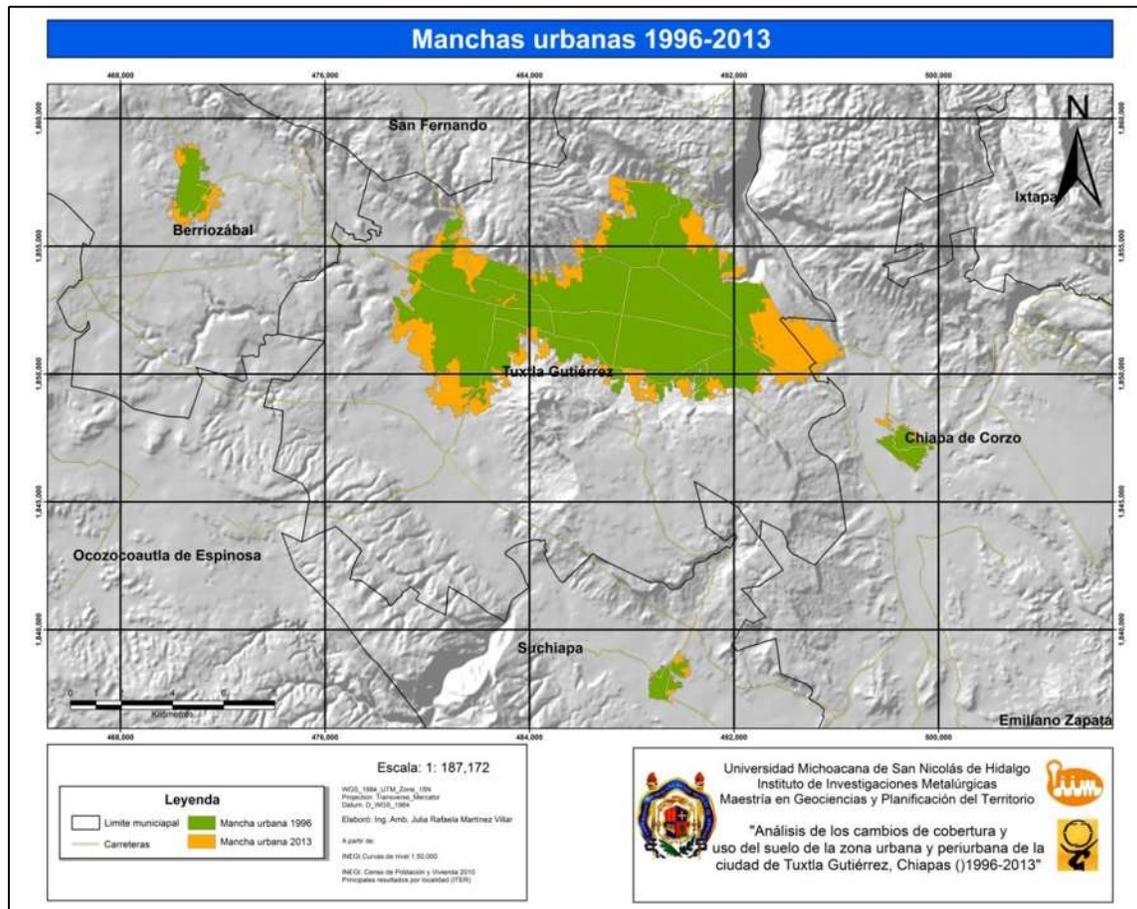
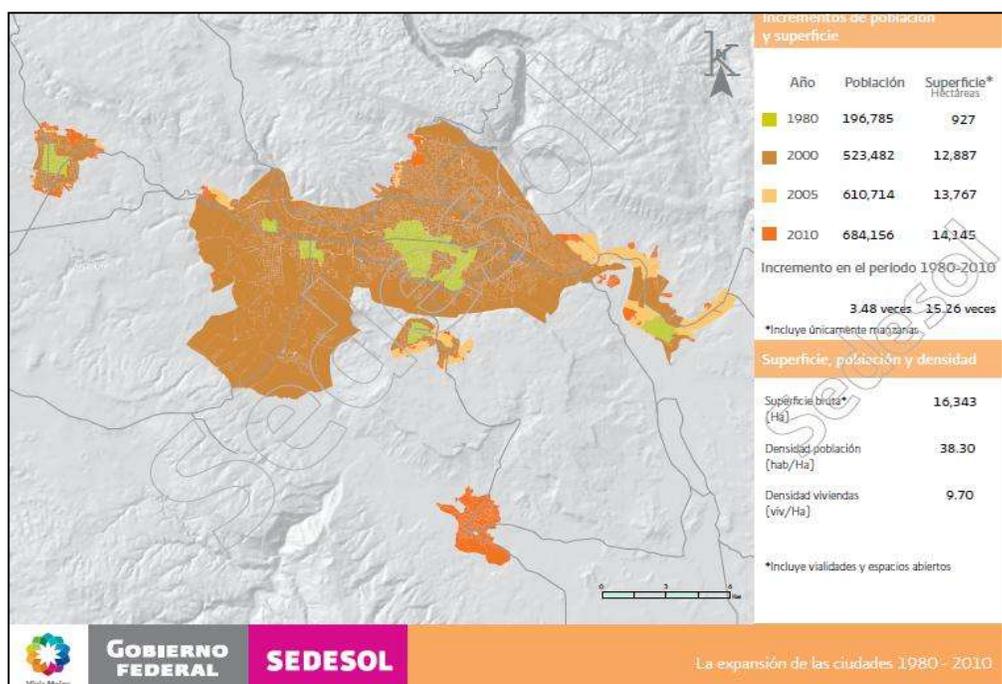


Ilustración 49 Zona Metropolitana de la Ciudad de Tuxtla Gutiérrez de acuerdo con SEDESOL.



Fuente: SEDESOL, 2012.

Las superficies encontradas entre el presente estudio y el trabajo de la SEDESOL son diferentes en los datos cuantitativos y en los mapas, es posible percatarse que la Secretaría considera como Zona Metropolitana la Ciudad de Tuxtla Gutiérrez a la Ciudad de Berriozábal, la Ciudad de Chiapa de Corzo y a la Ciudad de Suchiapa, estos asentamientos humanos se encuentran hasta el año 2015 separados de la ciudad capital (Tuxtla Gutiérrez), a excepción de la Ciudad de Chiapa de Corzo que ya se encuentra conurbada. Lo anterior provoca que la superficie de Tuxtla Gutiérrez sea seis mil hectáreas más pequeña en este estudio que la superficie considerada por el gobierno federal.

El estudio de SEDESOL al considerar ciudades que se encuentran en el periurbano de la ciudad principal, fomenta la falsa idea de una mancha urbana grande y conurbada, cuando en realidad las Ciudades mencionadas (Ilustración 22) se encuentran distanciadas de la capital y con un modo de vida básicamente rural, lo que contrasta con el nombre de zona metropolitana dado por la Secretaría.

En la mancha urbana de la Ciudad de Tuxtla Gutiérrez se interpretaron 9 categorías generales y 82 subcategorías de cobertura y uso del terreno en ambos años del estudio (Cuadro 7 en el capítulo de Materiales y Métodos). La zona habitacional dentro de la ciudad es la clase con mayor superficie de cobertura en ambos años (Cuadro 22), esta categoría fue subdividida en colonias y fraccionamientos, siendo las colonias las que ocupan el mayor porcentaje de superficie (5,064.7 Ha y 852 ha respectivamente en 2013). La diferencia entre

colonias y fraccionamientos radica en que las colonias se encuentran cercanas al centro de la ciudad, el paso peatonal y vehicular es libre y existen pequeñas tiendas de comercio esparcidas dentro de ellas; a diferencia de los fraccionamientos que son cercados en su totalidad para incrementar los niveles de seguridad de sus habitantes, lo que restringe el paso de peatones y vehículos automotores, y las tiendas de comercio se encuentran limitadas a una zona específica dentro del fraccionamiento.

Cuadro 22. Coberturas de la mancha urbana de Tuxtla Gutiérrez, 1996-2013.

Asentamiento humano	1996			2013		
	Polígonos	Área (Ha)	Área (%)	Polígonos	Área (Ha)	Área (%)
Zona habitacional	179	4,290	68	176	5,797	68
Predio baldío	405	1,501	24	526	1,589	19
Otros	5	196	3	5	226	3
Zona comercial	42	174	3	144	441	5
Espacio deportivo	8	73	1	12	76	1
Parque	9	67	1	31	151	2
Escuelas	9	23	0.37	54	217	3
TOTAL	657	6,326	100	948	8,498	100

Los barrios cerrados aparecen como un fenómeno urbano en las ciudades latinoamericanas en las últimas décadas, siendo un nuevo modelo de la estructura y desarrollo de la ciudad. Los barrios dentro de muros, barreras y puertas cerradas, nombrados como "barrios cerrados", alcanzando una nueva fase de desarrollo, caracterizada por la intensificación de la segregación socio-espacial y la dispersión de elementos de la estructura urbana, que tradicionalmente fueron caracterizados por tendencias de concentración (industria, comercio, servicios de alto nivel) (Borsdorf, 2003, Rodríguez Chumillas y Nollá, 2003). Los barrios cerrados se encuentran rodeando la ciudad de Tuxtla Gutiérrez y aparecen en el último año de estudio

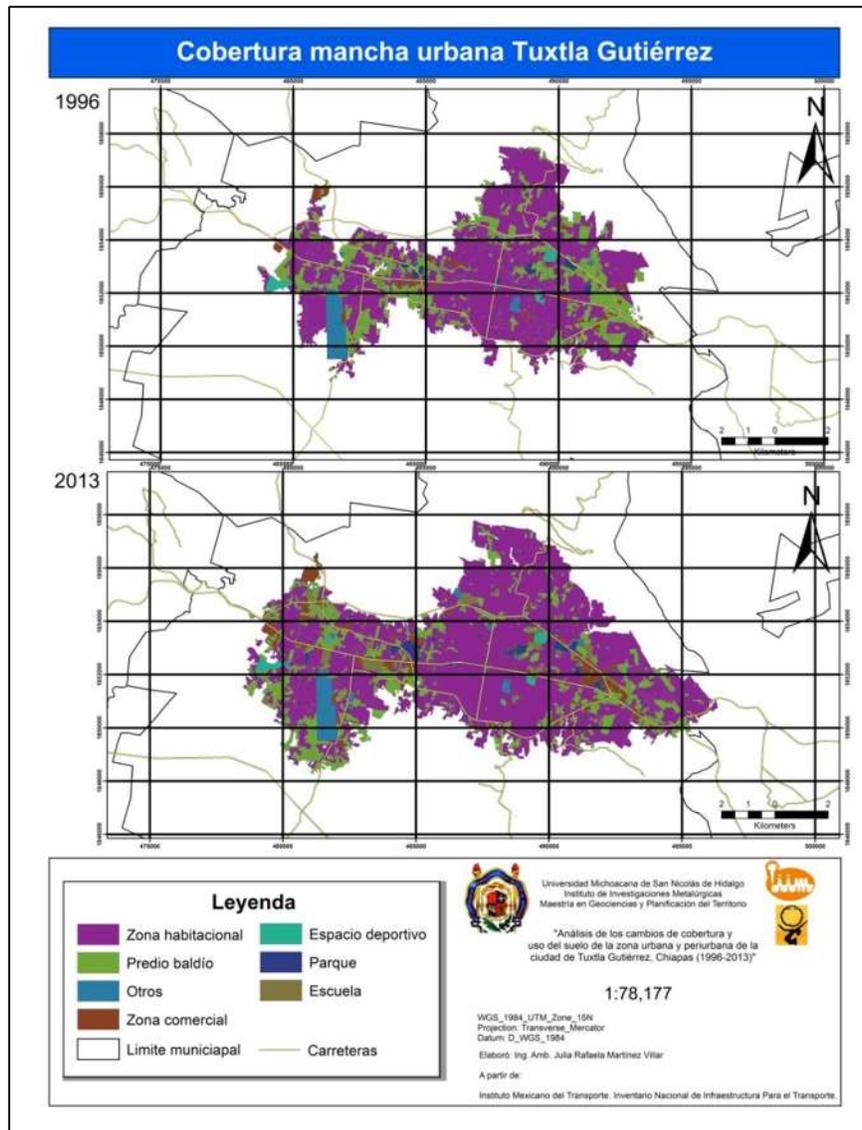
Los predios baldíos forman la segunda categoría de mayor extensión dentro de la Ciudad de Tuxtla Gutiérrez, los predios en su mayoría se encuentran rodeando a la ciudad las superficies entre ambos años son parecidas y en el segundo año la superficie disminuye, indicando que en el periodo de estudio estos terrenos se utilizaron en nuevas construcciones, estas edificaciones se encuentran ubicadas en las direcciones en que creció la Ciudad (Cuadro 22 e Ilustración 50).

La superficie de parques urbanos se duplicó entre 1996 y 2013 (Cuadro 22), considerando la población de 1995 y 2010 notamos que en el primer año correspondían 1.7 m² por habitante y en el segundo año a 2.5 m² por habitante, a pesar que la superficie de área verde por habitante aumentó aún se encuentra por debajo del umbral marcado por la Organización Mundial de la Salud, la cual recomienda como mínimo entre 10 y 15 m² de área verde por habitante, distribuidos de manera equitativa con relación a la densidad de la población.

Los espacios deportivos es la cuarta categoría con más extensión en la mancha urbana de Tuxtla Gutiérrez, en 1996 tenía 68 ha de área y en el 2013 aumentó a 76 ha (Cuadro 22). El aumento en las áreas de los espacios deportivos y parques se debe a que dentro de los objetivos del Plan Municipal de Desarrollo 2012-2015 era incrementar la infraestructura de servicios educativos, culturales, deportivos y de recreación; dentro de este objetivo está la construcción y remodelación de: parques, parques deportivos y canchas de fútbol.

Las zonas comerciales es la quinta categoría dentro de la Ciudad que ocupa más superficie (Cuadro 22), en 1996 tenían un área de 47 ha y en 2013 el área aumentó a 300 ha. La categoría de zonas comerciales está conformada, principalmente, por: mercados, plazas comerciales, bodegas, hoteles y oficinas de gobierno; el crecimiento de las zonas comerciales se observa en los lados oriente, poniente y sur sobre las principales avenidas de la Ciudad: Avenida Central, Boulevard Emiliano Zapata, 5° Norte: por mencionar algunas. Este crecimiento de zonas comerciales es impulsado por el Plan Municipal de Desarrollo Urbano 2012-2015 y por el Pacto por Tuxtla (2012), en ambos proyectos se busca la reactivación económica y el aumento de empleos para impulsar el desarrollo económico de la Ciudad. Este incremento en las zonas comerciales se refleja en que el 80.8% de la población económicamente activa se dedica a actividades terciarias en el año 2010 (González Herrera, 2013). El aumento del área de la categoría de zonas comerciales ocurrió principalmente sobre predios baldíos, el área que cambio de uso de predios baldíos a zonas comerciales fue de 879 ha, estos cambios de cobertura ocurrieron en la zona oriente y poniente de la Ciudad.

Ilustración 50. Mapa de cobertura y uso del suelo la mancha urbana de Tuxtla Gutiérrez.



El crecimiento de las ciudades significa la fragmentación y diversificación de las coberturas y usos que rodean a la ciudad, en las ciudades medias de la República Mexicana estas dinámicas de cambio son rápidas y generan la necesidad de cuantificar y espacializar estos cambios para conocer la distribución del espacio periurbano en términos de cobertura y uso del suelo.

Las dinámicas de cambio de la zona periurbana se encuentran íntimamente ligadas con el crecimiento de la ciudad, en el caso de la ciudad de Tuxtla Gutiérrez en el año de 1996 la Ciudad media 6,326 ha y el periurbano tenía un tamaño de 13,296 Ha, es decir era 154% más grande que la ciudad de Tuxtla Gutiérrez. En cambio en el 2013 aunque el periurbano redujo su área 5,488 ha aún siguió siendo 108% más grande que la Ciudad, el periurbano en este año disminuyó a favor del

crecimiento de la mancha urbana, siendo la Ciudad de Tuxtla Gutiérrez la ciudad número 10 en crecimiento de las 25 principales del país (SEMARNAT, 2005)

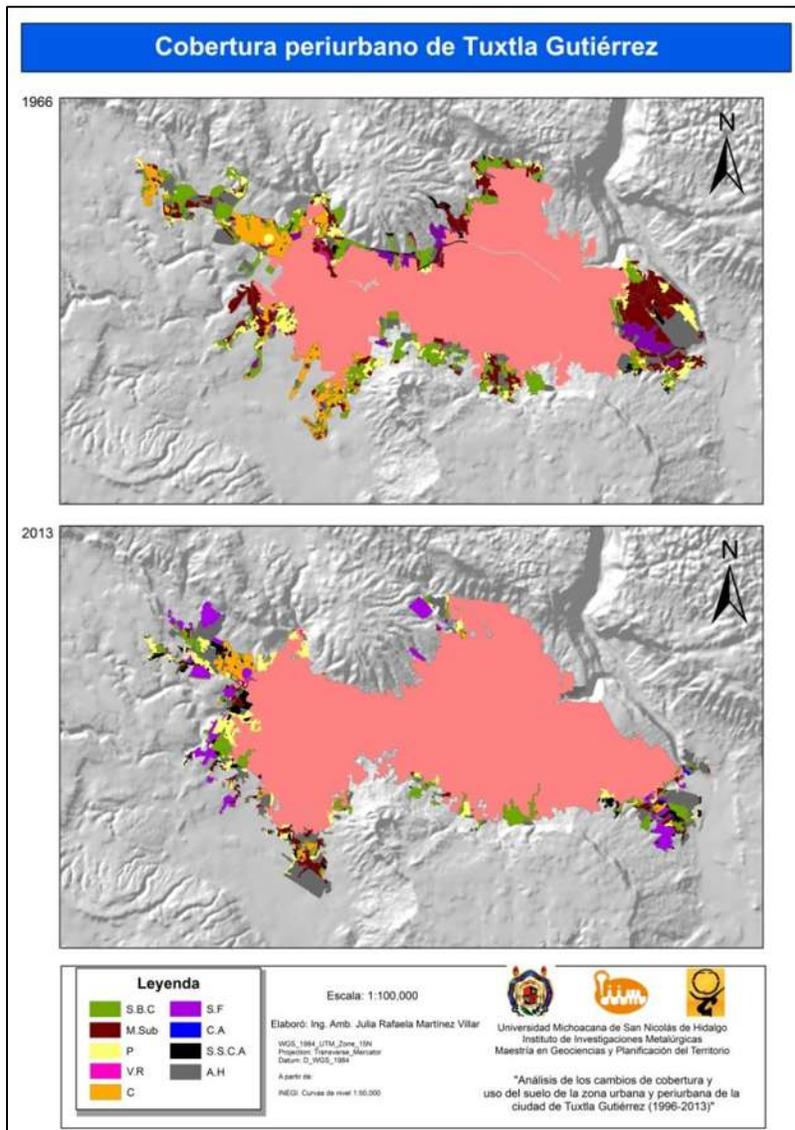
De acuerdo al cuadro 23 la mayor cobertura en el periurbano es la selva baja caducifolia que ocupa el 42% del periurbano en 1996 y se ubicaba al norte, sur y poniente de la ciudad (Ilustración 51). Pero en 2013 su área ocupaba el 37% del periurbano, esta disminución se debe a que la selva baja caducifolia se convirtió en mancha urbana, asentamientos humanos fuera de la ciudad, matorrales y suelos fraccionados.

Cuadro 23. Coberturas del periurbano de Tuxtla Gutiérrez, 1996-2013.

Asentamiento humano	1996			2013		
	No. polígonos	Área (Ha)	Área (%)	No. polígonos	Área (Ha)	Área (%)
Selva baja caducifolia	262	4,115	42	157	2,898	37
Matorral subtropical	166	1,736	18	69	662	8
Pastizal cerrado	154	723	7	116	1,307	17
Vegetación riparia	19	96	1	9	51	1
Cultivo	53	1,940	20	24	528	7
Suelo fraccionado	15	247	3	24	386	5
Cuerpo de agua	1	733	8	1	574	7
Suelo sin cobertura aparente	55	124	1	81	249	3
A.H (Fuera de la mancha urbana)	197	3,582	37	120	1,152	15
TOTAL	992	13,296	100	601	7,808	100

La segunda categoría más grande del periurbano son los asentamientos humanos fuera de Tuxtla Gutiérrez que ocupan 37% del área y se ubicaban al oriente y al poniente de la Ciudad. En el año 2013 las áreas de los asentamientos humanos disminuyeron casi a la mitad, 15%, los asentamientos de 1996 pasaron a formar parte de la mancha urbana y hubieron otros que aparecieron, como las zonas habitacionales: Real del Bosque y Jardines del Grijalva.

Ilustración 51. Mapa de coberturas y uso del suelo del periurbano de Tuxtla Gutiérrez.



La tercera cobertura con más extensión en el periurbano son los cultivos (Cuadro 23) ocupan 20% del periurbano en 1996, los cultivos se ubicaban al poniente y al sur de la ciudad y en el 2013 los cultivos cambiaron a otras coberturas, como: suelo sin cobertura aparente, pastizales o asentamientos humanos; por lo que redujeron su cobertura a 7%.

Los matorrales son la cuarta categoría con más extensión en el periurbano (18%) en 1996, esta categoría se ubicaba al oriente, poniente y en menor medida al sur de la Ciudad, en el año 2013 los matorrales se unieron a la mancha urbana de Tuxtla Gutiérrez o cambiaron a pastizales. Con estos cambios los matorrales sólo ocupan el 8% del periurbano en 2013 (Cuadro 23).

La categoría de pastizal cerrado es la quinta categoría más grande del periurbano porque ocupa 7% de área en 1996 pero en 2013 su área aumenta a 10%, este aumento de área ocurre en la zona poniente hacia la zona donde la Ciudad está creciendo.

Los suelos fraccionados ocupaban el 3% del periurbano en 1996 y aumentó su área a 5% en el 2013, estos suelos fraccionados se ubican en la zona poniente, oriente y norte de la ciudad

Los suelos son cobertura aparente el 1% del área del periurbano y en 2013 aumentó su área a 3%, estos suelos sin coberturas aparentes corresponden a zonas donde se extraen materiales petreos para construcción, como la calhidra.

Una de las peculiaridades que tiene el periurbano de la ciudad de Tuxtla Gutiérrez es que no es continuo, ya que la forma y el crecimiento del periurbano están delimitados por la geomorfología: al norte los lomeríos bajos llamados “Loma verde”, al sur la altiplanicie conocida como “Meseta de Copoya”, el valle que rodea parcialmente la altiplanicie y se extiende hacia el sur-poniente; además de la de áreas naturales protegidas como “Cañón del Sumidero” y “El Zapotal”.

Ilustración 52 La mancha urbana de la ciudad de Tuxtla Gutiérrez está creciendo sobre lomeríos altos.



7. Conclusiones

En base a los objetivos específicos planteados en este trabajo de investigación, además de los productos obtenidos por el procesamiento de los datos, como son la interpretación de imágenes satelitales del año 1996 y ortofotos del año 1996, así como los mapas y tablas, se concluye con los siguientes resultados:

1. La delimitación espacial de la mancha urbana y el periurbano se debe de realizar en tres partes, la primera es la observación de las imágenes satelitales u ortofotos para identificar, en base a las características de la cobertura y uso qué zonas del área de estudio son urbanas o rurales; el segundo paso es tomar en cuenta la fragmentación de la cobertura que rodea las localidades y la distancia que tienen las localidades consideradas como urbanas de las localidades consideradas como rurales. El tercer paso es la validación en campo de lo observado en la interpretación, para conocer si los parámetros tomados para delimitar la zona urbana y periurbana son correctos. Delimitar la zona urbana y periurbana de la ciudad de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas en ambos años de estudio.
2. La cobertura de suelo que más área tienen en la zona de estudio, en 1996 y 2013, es la cobertura natural. Esta cobertura se ha ido manteniendo en el tiempo con pocas variaciones en sus áreas, en 1996 el porcentaje de área correspondía a un 75.25% y en 2013 la cobertura natural ocupaba un 74.49% del área. Esto se debe a la geomorfología de la zona de estudio y a la creación de parques nacionales y estatales que buscan la protección de la vegetación endémica del estado. En el caso de la mancha urbana de Tuxtla Gutiérrez, la cobertura y uso que más extensión tiene en ambos años de estudio son las zonas habitacionales con un área de 4,265.712 Ha, en cambio las coberturas que tienen menos áreas son los parques con 67.15 Ha por lo tanto la ciudad de Tuxtla Gutiérrez necesita nuevos parques en las zonas habitacionales que están construyendo, estas nuevas zonas habitacionales se encuentran en la parte sur-poniente la ciudad. Por lo que esta tesis puede servir para identificar zonas aptas para la construcción de parques y jardines para recreación o zonas de protección para que el 74.49% de la cobertura vegetal que rodea a la ciudad no se pierda. En el periurbano identificado del año 1996 la principal cobertura encontrada son los asentamientos humanos con 5,386 Ha que se encontraban la zona sur-oriente y oriente de la ciudad de Tuxtla Gutiérrez. Esta cobertura redujo su área en el año 2013 ya que parte de ella pasó a formar parte de la mancha urbana, aunque siguió siendo la cobertura y uso del suelo con más área en este año. Por lo anterior, la principal causa del crecimiento de la mancha urbana y perturba de la ciudad de Tuxtla Gutiérrez son las nuevas zonas habitacionales que se construyen, tanto en el lado sur de la ciudad como en

el oriente, ya que estas zonas son un polo de atracción de crecimiento de la ciudad y con ellas se abre el espacio inmobiliario para la construcción de otras zonas habitacionales, de escuelas, centros comerciales, etc; provocando que la mancha urbana crezca. Una de las observaciones realizadas durante la interpretación es que no se encontraron coberturas y uso de suelo destinado a la construcción de zonas industriales, textiles, etc; que ayuden a la creación de empleos para la ciudad, lo cual me hace plantearme la pregunta de que si solo la industria de servicio y profesionales basta para proporcionar empleo suficiente para la población tuxtleca. Identificar y analizar la cobertura y uso del suelo en la zona urbana y periurbana de la ciudad de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas en ambos años de estudio.

3. El desplazamiento de la zona urbana se encuentra delimitado por la geomorfología de la zona de estudio, y la ciudad crece de poniente a oriente, hacia el sur y hacia el sur-oriente. El periurbano se extiende hacia la zona norte-poniente y sur-poniente debido a que esta zona es donde se encuentran las construcciones de las nuevas zonas habitacionales, predios invadidos por paracaidistas que actualmente se encuentran en planes para legalizar sus predios; y además de que en las colonias que se asientan rumbo a la carretera hacia Berriozábal se construyen casas de "campo" de las personas que habitan en Tuxtla Gutiérrez, provocando más fragmentación de la cobertura y uso del suelo porque estas colonias dejan de ser completamente rurales.

Los resultados de esta investigación sirven para tener un primer antecedente de un estudio de cobertura y uso del suelo que a su vez sirva a las personas encargadas en la toma de decisiones en materia de crecimiento y desarrollo urbano de la ciudad y estos tengan una herramienta más para que la ciudad cuente con un crecimiento urbano integral, tomando en cuenta los peligros geológicos, la geomorfología de la zona y para favorecer la conservación de las coberturas naturales que caracterizan tanto al estado de Chiapas.

7. Referencias bibliográficas

Aparacio Mijares, F.J. 2007. "Fundamentos de hidrología de superficie". Editorial Limusa. México, D.F.

Argüelles L. B. E. y Vieyra M. J. A. 2012. "Expansión urbana y fragmentación espacial en Tuxtla Gutiérrez, Chiapas". En: Alvarado Rosas, C. Coordinadora. "Fragmentación y segregación socioterritorial en México y Chile" México: Universidad Autónoma del Estado de Morelos. Juan Pablos Editor, 2012. Páginas: 39-68.

Barsky, A. 2005. "El periurbano productivo, un espacio en constante transformación. Introducción al estado de debate, con referencias al caso de Buenos Aires." *Scripta Nova*, Revista electrónica de Geografía y Ciencias Sociales (en línea). Vol. IX, Num. 194 (36). 1 de Agosto de 2005. Citado el 20 de Mayo de 2013. Disponible en internet: <http://www.ub.edu/geocrit/sn/sn-194-36.htm>.

Bocco, G. 2001. "Elementos de sistemas de información geográfica (SIG)". (Diapositivas de Power Point). UNAM.

Bordsdorf, A. 2003. Hacia la ciudad fragmentada. Tempranas estructuras segregadas en la ciudad latinoamericana. *Scripta Nova. Revista electrónica de geografía y ciencias sociales*. Barcelona: Universidad de Barcelona, 1 de agosto de 2003, vol. VII, núm. 146(122). <[http://www.ub.es/geocrit/sn/sn-146\(122\).htm](http://www.ub.es/geocrit/sn/sn-146(122).htm)> [ISSN: 1138-9788]

Boyás Delgado. 1994. Aspectos Generales sobre la Selva Baja Caducifolia de México. En: I Reunión Nacional sobre Selva Baja Caducifolia "El otro recurso". Cuernavaca, Morelos del 28 al 30 de noviembre.

Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión. 2012. "Nueva Ley de Asentamientos Humanos." Última reforma aplicada DOF 09-042012. Diario Oficial de la Federación 21 de Julio de 1993.

Capel, H. 1994. "Las periferias urbanas y la geografía. Reflexiones para arquitectos." *La geografía hoy*. Textos, historia y documentación, materiales de trabajo intelectual. *Anthropos*, No. 43.

Castro-Mora, J. 1999. "Monografía geológico-minera del estado de Chiapas". Consejos de recursos minerales. Primera edición.

Comité Estatal de Población Estadística y Geográfica de Chiapas (CEIEG). 2013. "Atlas de riesgo de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas." Citado el 15 de noviembre de 2014. Disponible en internet: <http://www.ceieg.chiapas.gob.mx/home/atlas-de-riesgos-del-municipio-de-tuxtla-gutierrez/>

Comité Estatal de Población Estadística y Geográfica de Chiapas (CEIEG). 2014. Citado el 15 de Noviembre de 2014. Disponible en internet: <http://www.ceieg.chiapas.gob.mx/home/>

Comisión Nacional Forestal (CONAFOR). 2013. "Reporte semanal de resultados de incendios forestales 2013. Del 01 de enero al 26 de diciembre de 2013". Citado el 23 de enero de 2015. Disponible en internet: <http://www.conafor.gob.mx/portal/index.php/temas-forestales/incendios>

Comisión Natural de Áreas Naturales Protegidas (CONANP). 2012. "Estudio previo justificativo para modificar la declaratoria del área natural protegida parque nacional Cañón del Sumidero, Chiapas, México". Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas.

Consejo Nacional de Población (CONAPO). 2010. "Índice de marginación por localidad 2010". Citado el 24 de Febrero de 2015. Disponible en internet: http://www.conapo.gob.mx/es/CONAPO/Indice_de_Marginacion_por_Localidad_2010

Consejo Nacional de Población (CONAPO). 2010. Citado el 20 de Mayo de 2013. Disponible en internet: http://www.conapo.gob.mx/es/CONAPO/Indicadores_Demograficos_Basicos_1990-2010.

Cruz-Burguete, J. L. y Almazan-Esquivel, P. E. 2008. "Los Zoques de Tuxtla y la disputa por las Virgencitas de Copoya, en el Valle Central de Chiapas." Ra Ximhai Vol. 4. Número 2. Mayo-Agosto 2008. Pp. 21-47.

Cruz Mayorga, J. M. 2002. "Cultura, espacio y modo de vida en la periferia metropolitana de Tuxtla Gutiérrez: un estudio en cuatro asentamientos irregulares". UNACH.

Entrena Durán, F. 2004. "Los límites difusos de los territorios periurbanos: Una propuesta metodológica para el análisis de la situación socioeconómica y procesos de cambio." Sociologías, Porto Alegre, Año 6, Número 11, Mayo-Junio, pp. 28 – 63

ESRI. "ArcGis Help 10". Citado el: 15 de Noviembre de 2012. Disponible en internet: <http://resources.arcgis.com/en/help/main/10.1/index.html#//00qn0000001p000000>

García, E. 1988. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen, México, Offset Larios, 217.

Gutiérrez Elorza, M. 2008. "Geomorfología". Pearson Educación, S.A. Madrid, España.

Gobierno del Estado de Chiapas. 1996. "Ley de Fraccionamientos del Estado de Chiapas." Última modificación publicada en el Periódico Oficial No. 101, a 10 de fecha 10 de Julio de 1996.

Gobierno del Estado de Chiapas. 1997. "Ley de Desarrollo Urbano del Estado de Chiapas." Última reforma expedida por el decreto 071 de fecha 28 de diciembre de 2007. Ley publicada en el Periódico Oficial No. 60 del día Miércoles 3 de Diciembre de 1997.

Gobierno del Estado de Chiapas. 2011. "Atlas de Riesgo de Tuxtla Gutiérrez". Citado el 15 de Noviembre de 2014. Disponible en internet: http://www.ceieg.chiapas.gob.mx/home/wp-content/uploads/downloads/riesgosypeligros/Atlas_de_riesgos_TGZ.pdf

Gómez Juárez, J. A. 2012. "Tuxtla Gutiérrez, la ciudad moderna: desarrollo urbano, desigualdades sociales (1950-1980)" 2012.

González Herrera, R. 2013. "Estimación de las pérdidas económicas en las estructuras asociadas al peligro sísmico en Tuxtla Gutiérrez, Chiapas". Universidad Nacional Autónoma de Chiapas. Instituto de Geofísica.

Hernández Ruíz, E., Auli Sumuhano, C. y Pérez Lázaro, R. 2014. Análisis y problemática actual del campo y la agricultura en México. Gestipolis (25-05-2014) <http://www.gestipolis.com/economia-2/analisis-y-problematica-actual-del-campo-y-la-agricultura-en-mexico.htm>

Hernández Xolocotzia, E. 1985. "Xolocotzia. Obras de Efraím Hernández Xolocotzia. Tomo I." Revista de Geografía Agrícola. Universidad Autónoma de Chapingo.

H. Ayuntamiento Municipal Constitucional de Chiapa de Corzo. 2011. "Plan de Desarrollo Municipal 2011-2012." Enero de 2011. Citado el 20 de Noviembre de 2012.

H. Ayuntamiento Municipal Constitucional del Municipio de Suchiapa. 2011. "Plan de Desarrollo Municipal 2011-2012." Citado el 20 de Noviembre de 2012.

H. Ayuntamiento Constitucional del Municipio de Tuxtla Gutiérrez. 2010. "Ley de Fraccionamientos del Estado de Chiapas". Citado el 15 de Noviembre de 2012. Disponible en internet: http://tuxtla.gob.mx/2011/pdf/PDFs_marcojuridico/LEY%20DE%20FRACCIONAMIENTOS%20DEL%20ESTADO%20DE%20CHIAPAS.pdf

H. Ayuntamiento Constitucional del Municipio de Tuxtla Gutiérrez. 2012. "Pacto por Tuxtla (2012-2015)". Citado el 2 de Febrero de 2013. Disponible en internet: <http://sistemas.tuxtla.gob.mx/caip/taip/ArchivosFracciones/158.pdf>

Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). 1984. "Conjunto de Datos Vectoriales Geológicos D1501. Escala 1:250,000. Serie I". Citado el día 4 de Noviembre de 2013. Disponible en internet: <http://www.inegi.org.mx/geo/contenidos/reclnat/geologia/default.aspx>

Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). 2007. "Conjunto de Datos Vectorial Edafológicos. Escala 1:250,000. Serie II (Continuo Nacional)". Citado el día 4 de Noviembre de 2013. Disponible en internet: <http://www.inegi.org.mx/geo/contenidos/reclnat/edafologia/default.aspx>

Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). 2009. "Guía para la interpretación de cartografía uso de suelo y vegetación. Escala 1:250,000. Serie III". Instituto Nacional de Estadística y Geografía, México.

Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). 2010. "Catálogo de claves de entidades federativas, municipios y localidades". Citado en Enero de 2013. Disponible en internet: <http://www3.inegi.org.mx/sistemas/mexicocifras/default.aspx?e=7>

Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). 2010. "Red hidrográfica escala 1:50 000. Edición 2.0". Citado el día 4 de Noviembre de 2013. Disponible en internet: <http://www.inegi.org.mx/geo/contenidos/Topografia/Descarga.aspx>

Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). 2011. "México en Cifras. Información nacional, por entidad federativa y municipios". Citado el 24 de Febrero de 2015. Disponible en internet: <http://www3.inegi.org.mx/sistemas/mexicocifras/default.aspx?e=7>

Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). 2014. "Datos de relieve. "Modelos digitales de elevación (MDE)- descripción". Citado el 1 de Noviembre de 2014. Disponible en internet: <http://www.inegi.org.mx/geo/contenidos/datosrelieve/continental/queesmde.aspx>

Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). 2014. "Imágenes del territorio. Ortofoto digital." Citado el 11 de Noviembre de 2014. Disponible en internet: <http://www.inegi.org.mx/geo/contenidos/imgpercepcion/ortofoto/descripcion.aspx>

Instituto de Administración Pública del Estado de Chiapas, A. C. 2011. "Plan de Desarrollo Municipal, 2011-2012. Municipio de Berriozábal, Chiapas."

Instituto de Administración Pública del Estado de Chiapas, A. C. (2011). "Plan de Desarrollo Municipal, 2011-2012. Municipio de San Fernando, Chiapas."

Jansen, L. J.M. and Di Gregorio, A. 2002. "Parametric land cover and land-use classifications as tools for environmental change detection". *Agriculture, Ecosystems and Environment* 91. Pag: 89–100.

Lambin, Eric. 1999. "Modelling land cover dynamics: integration of fine-scale land cover data with landscape attributes." *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*. Vol 1, No. 1, p. 48-52"

Lugo Hubp, J. I. 1988. "Elementos de geomorfología aplicada. (Métodos cartográficos)". Universidad Nacional Autónoma de México, D. F. Instituto de Geografía.

Martínez, M. del P. 2015. Campo mexicano....con sed de reformas. *Revista Alto Nivel*, 318: 36-46.

Martínez Macías, M. J. 2014. "Análisis de la relación entre actividades económicas y el cambio de cobertura y uso de suelo. Estudio de caso, la ciudad de Morelia y su periurbano". Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Facultad de Economía.

Martínez Muñoz, J. y Díaz Ponce, A. 2005. "Percepción remota. Fundamentos de teledetección." Comisión Nacional del Agua (CONAGUA).

Mérida Mancilla, A. 2000. "Cien años de evolución urbana en Tuxtla Gutiérrez Chiapas, 1892-1992". Facultad de Arquitectura. UNACH.

Martínez Rivera, E. y Monroy-Ortíz, R. 2009. "La expansión urbana sobre el campo mexicano. La otra cara de la crisis agrícola". *Revista Estudios Agrarios*: 29-46.

Mehl, H. y Peinado, O. 2000. "Fundamentos del procesamiento digital de imágenes." Comisión Espacial de Actividades Espaciales (CONAE) Mendoza-Argentina.

Miranda, F. 1998. "Vegetación de Chiapas". Colección Ciencias Naturales y Geografía. CONECULTA. Tercera edición. Chiapas, México.

Moreno-Casasola, P. y Paradowska, K. (2009). Especies útiles de la selva baja caducifolia en las dunas costera del centro de Veracruz. *Madera y Bosques*, 15 (3): 21-4.

Onchi Rauco, M. 2011. "Cobertura y uso del terreno en la ciudad de Morelia en el año 2007". Facultad de Biología. UMSNH.

Paegelow, M., Camacho Olmedo, M. T. y Menor Toribio, J. (2003): "Cadenas de Markov, evaluación multicriterio y evaluación multiobjetivo para la modelización

prospectiva del paisaje”, GeoFocus (Artículos), N° 3, 2003, p. 22-44. ISSN: 1578-5157.

Publicaciones Municipales. 2011. “Programa de Ordenamiento de la Zona Metropolitana de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas.” Publicación No. 0079-C-2011. Periódico Oficial No. 339. Miércoles 30 de Noviembre de 2011. Citado el 15 de Julio de 2013. Disponible en Internet: http://www.ceieg.chiapas.gob.mx/home/?page_id=8887.

Puebla, G. 2009: “Caracterización del periurbano en países centrales y periféricos a través de cuatro autores breve recopilación y análisis bibliográfico”. Instituto Superior de Formación Docente “Dr. Carlos M. Carena”, Breves contribuciones del I.E.G., Número 21, pp. 135-155.

RODRÍGUEZ, I y NOLLÁ, M. 2003. La vivienda en las urbanizaciones cerradas de Puebla y Toluca. *Scripta Nova. Revista electrónica de geografía y ciencias sociales*. Barcelona: Universidad de Barcelona, vol. VII, núm. 146(119). <[http://www.ub.es/geocrit/sn/sn-146\(119\).htm](http://www.ub.es/geocrit/sn/sn-146(119).htm)

Rolf, A. 2001. “Principles of geographic information system.” The International Institute for Aerospace Survey and Earth Sciences. (ITC). ITC Educational Textbook Series: 1. Second edition.

Rzendowski, J. 2006. “Vegetación de México”. 1ra. Edición digital, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México. Disponible en internet: http://www.biodiversidad.gob.mx/publicaciones/librosDig/pdf/VegetacionMx_Cont.pdf

Secretaría de Desarrollo Social (SEDESOL). 2012. “La expansión de las ciudades 1980-2010. México 135 ciudades”. Disponible en internet: <http://ciczac.org/sistema/docpdf/capacitacion/foro%20sedatu/02.-%20LA%20EXPANSION%20DE%20LAS%20CIUDADES%201980-2010.pdf>

Secretaria de Hacienda del Estado de Chiapas (S.H.E.CH). 2009. “Ley de Catastro para el Estado de Chiapas”. Última reforma publicada en el Periódico Oficial No. 208, de fecha 31 de Diciembre del 2009.

Secretaria de Hacienda del Estado de Chiapas (S.H.E.CH). 2012. “Programa regional de desarrollo. Región I metropolitana.” Citado el día 13 de Noviembre de 2014, disponible en internet: <http://www.haciendachiapas.gob.mx/planeacion/Informacion/Desarrollo-Regional/prog-regionales/METROPOLITANA.pdf>

Secretaría de Obras Públicas y Desarrollo Urbano Municipal. 2007. "Programa de Desarrollo Urbano del Centro de Población de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. Versión abreviada." Diciembre de 2007.

Secretaría de Medio Ambiente e Historia Natural (SEMHA). 2013. "Áreas Naturales Protegidas". Citado el 1 de Febrero de 2015. Disponible en internet: http://www.semahn.chiapas.gob.mx/portal/areas_naturalesprotegidas

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). 2004. "Indicadores para la caracterización y el ordenamiento territorial". México: SEMARNAT, INE, UNAM, SEDESOL. 2004. Pp. 161.

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). 2007. "Acuerdo por el que se da a conocer los estudios técnicos de aguas nacionales superficiales de las subregiones hidrológicas Alto Grijalva, Medio Grijalva y Bajo Grijalva de la Región Hidrológica No. 30 Grijalva-Usumacinta." Diario Oficial de la Federación 22 de Junio de 2007. Citado el día 13 de Noviembre de 2014, disponible en internet: http://dof.gob.mx/nota_detalle_popup.php?codigo=5141106

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). 2005. "Ordenamiento Ecológico del Estado de Durango". SEMARNAT, Pp. 76-84. Citado el 12 de Agosto de 2014, disponible en internet: http://srnymadgo.gob.mx/medio_ambiente/sitio/ordenamiento_ecologico/bitacora/Contenido%20Pagina%20Web/Bases%20Tecnicas/Bases%20tecnicas_Informes%20del%20estudio%20tecnico/Fase%20de%20Caracterizacion%20I%20Medio%20Natural/Suelo.pdf

Servicio Geológico Mexicano (SGM). 2005. "Carta geológica-minera Tuxtla Gutiérrez E15-11. Chiapas y Oaxaca."

Svetlitz, A. 2011. "Globalización y agricultura periurbana en la Argentina. Escenarios, recorridos y problemas". FLACSO, Pp. 1181.

United Nations Population Found (UNFPA). 2007. "Estado de la población mundial 2007." FNUAP. New York, NY.

United Nations Population Found (UNFPA). 2011. "Estado de la población mundial 2011. 7 mil millones de personas su mundo, sus posibilidades." FNUAP. New York, NY.

Vicente González, J. L. y Bhém Chang, V. 2008. "Consulta, edición y análisis espacial con ArcGis 9.2. Tomo I Teoría." Consejería de Medio Ambiente. Junta de Castilla y León.

Zinck, J. A. 2002. "Geopedology: elements of geomorphology for soil and geohazard studies." ITC Special Lectures Notes Series. Faculty of Geo-Information Science and Earth Observation. Enschede, The Netherlands.

