



Casa abierta al tiempo

**Universidad Autónoma Metropolitana
Unidad Cuajimalpa**

Maestría en Ciencias Sociales y Humanidades

Idónea Comunicación de Resultados

Caracterización del espacio rural en Tepoztlán, Morelos.
Una aproximación a través del uso de la percepción remota.



que para obtener el título de Maestra

en Ciencias Sociales y Humanidades

presenta:

Laura Elisa Quiroz Rosas

Comité Tutorial

Dra. Adriana Larralde Corona, Directora

Dr. Salomón González Arellano, Tutor

Dr. Erick De Jesús López Ornelas, Tutor

**Marzo de 2014
Ciudad de México**

Índice

| | |
|---|----|
| <i>Introducción</i> | 1 |
| | |
| <i>Capítulo 1. Percepción remota y Ciencias Sociales</i> | 10 |
| 1.1. Introducción | 11 |
| 1.2. ¿Qué es la percepción remota? | 11 |
| 1.3. De la percepción remota biofísica a la percepción remota social | 16 |
| 1.3.1. Estudios biofísicos | 17 |
| 1.3.2. Estudios sociales..... | 20 |
| 1.4. Uso de la percepción remota en México para estudios sociales | 23 |
| | |
| <i>Capítulo 2. Lo rural y su delimitación espacial. El caso de Tepoztlán</i> | 27 |
| 2.1. Introducción | 28 |
| 2.2. Discusiones teóricas sobre la conceptualización del espacio rural..... | 28 |
| 2.3. Conceptualización y delimitación del espacio rural en México | 32 |
| 2.4. Tepoztlán, un municipio rural | 35 |
| | |
| <i>Capítulo 3. Delimitación espacial y representación de las localidades rurales</i> | 42 |
| 3.1. Introducción | 43 |
| 3.2. Fuentes de información | 43 |
| 3.2.1. Información Vectorial..... | 43 |
| 3.2.2. Información Raster..... | 44 |
| 3.2.2.1. Características de la imagen..... | 44 |
| 3.2.2.2. Resolución | 46 |
| 3.3. Criterios para la definición de localidades | 47 |
| 3.4. Vectorización de las localidades rurales | 51 |
| 3.5. Rasterización de las localidades rurales..... | 52 |
| 3.5.1. Técnicas de clasificación..... | 52 |
| 3.5.1.1. Clasificación no supervisada | 53 |
| 3.5.1.2. Clasificación supervisada | 55 |

| | |
|---|-----|
| <i>Capítulo 4. Caracterización del espacio rural</i> | 62 |
| 4.1. Introducción | 63 |
| 4.2. Caracterización de lo rural con base en la información vectorial | 63 |
| 4.2.1. Población total | 63 |
| 4.2.2. Superficie total | 66 |
| 4.2.3. Densidad poblacional | 68 |
| 4.3. Caracterización de lo rural con base en la información de las imágenes de satélite | 69 |
| 4.4. Integración de la información: vectorial - raster y Tipología | 82 |
| | |
| <i>Discusión y Conclusiones</i> | 91 |
| 5.1. Introducción | 92 |
| 5.2. Implicaciones teóricas | 92 |
| 5.3. Aportaciones metodológicas sobre la definición del espacio rural | 95 |
| 5.4. Recomendaciones generales | 99 |
| | |
| <i>Bibliografía</i> | 101 |
| | |
| <i>Anexos</i> | 107 |

Introducción

Una de las dificultades al estudiar los problemas y las dinámicas del territorio ha sido la falta de integración de la información que se genera sobre los fenómenos sociales y naturales. Además de que las herramientas de análisis que se utilizan para recabar y analizar información proveniente de fuentes diversas ha sido poco explotada principalmente en el campo de las Ciencias Sociales. Ante esta situación es necesario concebir y analizar el territorio, no sólo como la integración de elementos físicos y biológicos que lo componen sino como parte de una construcción de objetos y procesos marcados por la sociedad que lo habita (Simmel, 1986). En este sentido, una de las propuestas que surgen en esta investigación, es la introducción de nuevas tecnologías a partir de datos generados por *percepción remota* en donde a partir de imágenes vistas desde el espacio, es posible representar nuevas y mejores herramientas para el reconocimiento y medición de las diversas formas de apropiación del territorio.

Además, si consideramos que a partir del proceso de la Globalización, la dinámica del territorio ha enfrentado un constante cambio, un claro ejemplo de esta situación se encuentra expresado en los espacios rurales, los cuales han presentado un alto dinamismo e impacto territorial durante los últimos años. Tal es el caso de México, en donde los estudios sobre el espacio rural, están referidos casi exclusivamente a pocos casos de estudio. Mientras que los análisis para muchos casos, o cuantitativos, han recibido poca atención; o bien se refieren a éstos acotados exclusivamente al tamaño de la población, menos de 2,500 habitantes, esto de acuerdo con lo establecido por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI).

El objetivo de esta investigación es la presentación de una propuesta teórico – metodológica que permita caracterizar los espacios rurales con un mayor número de atributos, más allá del tamaño de población. Para lograr este objetivo se planearon una serie de objetivos particulares que se enfocan principalmente en:

- Presentar un marco teórico que sirva de guía para la definición de lo rural.
- Desarrollar una metodología para la clasificación de la información satelital que responda a las necesidades de definición de uso de suelo rural.
- Caracterizar el espacio rural del municipio de Tepoztlán con base en la integración de variables, derivadas de los dos tipos de información: imágenes de satélite (obtenidas a partir del sensor (Spot 5) y del Censo de Población y Vivienda 2010 (INEGI, 2010)

- Elaborar una tipología de las localidades rurales que comprenden el municipio de Tepoztlán.

La pregunta de investigación que se plantea en esta investigación es: ¿De qué forma se puede integrar la información derivada de la *percepción remota* con la información censal - proveniente del Censo de Población y Vivienda 2010 (INEGI, 2010)-, con el propósito de definir y caracterizar de forma más precisa las zonas rurales del municipio de Tepoztlán, en el momento actual?. Elaborando una serie de preguntas secundarias que sirvieron como guía para el desarrollo de esta investigación:

1. ¿Cómo se puede realizar la rasterización de las localidades rurales que comprenden un municipio?
2. ¿Cuáles son las características de las zonas rurales de Tepoztlán derivadas de la información de las imágenes de satélite?
3. ¿Cuáles son las características de las zonas rurales derivadas de la información del Censo de Población y Vivienda 2010?
4. ¿Cuáles son las características del espacio rural del municipio de Tepoztlán con base en la integración de las variables derivadas de los dos tipos de información?
5. ¿Cuál es la contribución de la *percepción remota* en la delimitación y caracterización espacial de localidades rurales?

La hipótesis que se planteó en esta investigación fue: La integración de diferentes tipos y fuentes de información obtenidos a partir de los datos censales y del análisis de imágenes satelitales dados por la *percepción remota*, permitirá realizar una caracterización y delimitación espacial de las localidades rurales del Municipio de Tepoztlán, en términos de forma y ocupación del suelo. Dicha integración permitirá medir en términos cuantitativos las características esenciales de los espacios rurales.

La relevancia de esta investigación radica principalmente en la presentación de una propuesta teórico-metodológica que permita caracterizar los espacios rurales. Se parte de conceptos, referencias y elementos sólidos como marco de referencia para comprender la relación entre la *percepción remota* y las ciencias sociales. Tomando como base teórica una definición del *espacio rural*, lo cual nos llevará finalmente a analizar y caracterizar el caso de las localidades que comprenden el municipio de Tepoztlán, Morelos.

El trabajo de investigación que se presenta, enfrenta la complejidad que implica la integración de información social y biofísica dada por la *percepción remota* para así establecer los límites espaciales y caracterización de las zonas rurales, lo cual puede representar un referente importante para hacer diagnósticos en tiempos reales y mejorar así las políticas públicas de las zonas rurales en nuestro país.

a) Percepción remota y Ciencias sociales. Un enfoque Interdisciplinario

La integración de los *Sistemas de Información Geográfica*, la *Cartografía Digital* y la *Percepción Remota* han cobrado gran importancia en los estudios sociales y biofísicos, ya que brindan la posibilidad de integrar la visión espacial en términos de adquisición, manejo, representación y análisis de la información relevante al estudio del ser humano y su relación con el territorio; además, son un instrumento de comunicación que incorpora tecnologías de la información representando problemas reales de la sociedad en una dimensión espacio-temporal.

La principal aportación de esta investigación radica en la incorporación de diversos indicadores (sociales y biofísicos) obtenidos a partir de la *percepción remota*, que permita la integración y construcción de procesos metodológicos que articulen conceptos, fuentes y métodos interdisciplinarios. Esta visión integral permite adoptar una estrategia de análisis en la cual la dimensión espacial cobra mayor importancia a través de su relación con la *percepción remota*, en donde la representación de entidades vectoriales y raster serán una valiosa herramienta para la identificación y caracterización del espacio rural.

La incorporación de la *percepción remota* para el análisis de las localidades rurales, puede representar una alternativa para estudiar de forma integral la interacción que existe entre el medio ambiente natural y la estructura de la dinámica social de una localidad. Una de las contribuciones más importantes de la *percepción remota* para las Ciencias Sociales y naturales es que permite representar gráficamente los vínculos entre el uso del territorio por parte de los seres humanos y las características biofísicas de la superficie terrestre, proporcionando una imagen compuesta por un grupo de píxeles que representa la cobertura real del territorio (Evans y Morgan, 2002)¹.

¹ Un píxel indica la menor unidad espacial para el que hay datos disponibles, y la resolución espacial de una imagen indica el tamaño en píxeles (Evans y Morgan, 2002: 168).

En un principio la mayoría de los proyectos relacionados con los *Sistemas de Información Geográfica, Sistemas de Geoposicionamiento Global y Percepción Remota* carecían de un sustento teórico-metodológico consistente y eran percibidos únicamente como producto o software especializado. Es a partir de los años 70's que se comenzaron a realizar esfuerzos académicos por desarrollar e integrar estos proyectos a un enfoque multidisciplinario en donde el principal objetivo fue analizar y resolver problemas de la sociedad vinculados con la apropiación y/o transformación del territorio (Levi, 2006)

De hecho como parte de los antecedentes de este trabajo se encontraron dos referencias importantes de la incorporación de la tecnología satelital a los estudios de las ciencias sociales, la primera de ellas es la propuesta realizada por Liverman, et al. 1998, en donde el autor plantea que a partir de la incorporación de diversos factores socioeconómicos es posible identificar cambios en el paisaje o en el medio natural visibles a través de las imágenes de la *percepción remota*. La segunda propuesta es la realizada por Geoghegan, et al. 1998, llamada "Socialización del píxel" o "pixelizing the social", la cual se basa en el reconocimiento de patrones mediante el uso e implementación de datos de percepción para abordar cuestiones fundamentales de importancia social y ambiental.

Si bien existen aspectos metodológicos por resolver, como: la integración de diferentes fuentes y tipos de información, la integración de la visión espacial y la definición de los espacios rurales, entre otros, la posibilidad de integrar marcos conceptuales y técnicas de análisis de diversas disciplinas al estudio de las zonas rurales de nuestro país representa un reto para esta investigación, en la cual la capacidad de obtener información que muestre la dinámica territorial de los espacios rurales permitirá realizar un análisis integral sobre las dinámicas de estos espacios, favoreciendo así la gestión más eficiente de los recursos naturales por parte de los planificadores y formuladores de políticas públicas (Gatrell y Jensen, 2008).

A partir de la revisión bibliográfica fue posible identificar investigaciones de índole internacional en donde incorporan la tecnología de la percepción remota para estudio rurales tal es el caso de (Rodríguez y Saborío, 2008) para el caso de Costa Rica y de (Devaux, et al, 2011) para la identificación de la estructura del espacio con imágenes THRS a partir de las actividades que desempeñan en una región africana.

Para el caso de México si bien no se localizaron investigaciones que incorporen este tipo de tecnología para el estudio específico de lo rural, si se encontraron experiencias que incorporan a la percepción remota para el estudio del uso de suelo, encontrando experiencias para el caso de Guerrero y Morelos, siendo este ultimo una referencia para el establecimiento de categorías de uso de suelo para el caso de Estudio.

b) Lo rural y el problema para su delimitación espacial

Después de décadas de debates teóricos al interior de la literatura académica aún no existe un consenso sobre *¿qué es lo rural?* Pese a esto, en las prácticas sobre el espacio rural se hace referencia a un amplio espectro de actividades y usos de suelo que se encuentran asociados al campo, la naturaleza, el pueblo, la sociedad campesina, el espacio no urbano, etc. (Paniagua y Hoggart, 2002).

Existen elementos que marcan las características históricas propias de la *sociedad rural*, las cuales se encuentra asociadas a 1) uso de suelo; 2) la estructura y la composición de la población y 3) la estructura biofísica del terreno.

Aún es muy visible la falta de consenso sobre *lo rural*, lo cual se debe muy probablemente a que los espacios rurales ha presentado modificaciones estructurales a nivel mundial derivados en buena parte por el *Modelo de Desarrollo Global*, en donde destacan actividades como: la diversificación de la estructura productiva, el desvanecimiento o transformación en los estilos de vida y valores asociados a lo rural (tradicional) con lo urbano (moderno) y finalmente la descentralización política, la cual busca darle mayor poder a las instancias locales y regionales (Rodríguez y Saborío, 2008).

Dicha reestructuración de los espacios rurales, se presenta también en México, en donde la concepción de este tipo de espacios presenta dos problemas principalmente, los cuales tienen que ver con la representación estadística y geográfica. El primero de ellos hace referencia a la concepción de lo rural acotada exclusivamente por el tamaño de la población, menos de 2,500 habitantes, de acuerdo con lo establecido por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) y el segundo se refiere a un problema de representación espacial, en donde si bien se cuenta con datos sobre las características censales y socio-demográficas asociadas a las localidades rurales, esta carece de referencia espacial, es decir, la

información se representa a nivel espacial con formato punto, lo cual representa un problema al momento de establecer los límites entre una comunidad y otra.

Aunque en México se cuenta con inventarios físico-biológicos y de impacto ambiental, que ofrecen información adecuada y útil sobre el territorio rural a nivel nacional (Toledo, et al. 2002), no es posible hacer una caracterización real de los espacios rurales, ya que generalmente las entidades que se manejan en este tipo de inventarios biofísicos son representados espacialmente como áreas, lo cual no permite integrar la información por la falta del establecimiento claro entre los límites oficiales entre una localidad y otra.

Fue así como la Ley Agraria y la ampliación y modificación de los derechos agrarios, tuvieron como consecuencia una reasignación de la tierra, estos cambios obedecieron a estrategias campesinas, en el sentido de asegurar el recurso fundamental para su subsistencia (ejidos y comuneros) y la de sus hijos (poseionarios). Estas estrategias fueron certificadas por el PROCEDE (Programa de Certificación de Derechos Ejidales y Titulación de Solares), el cual surge en 1992 y cuyo objetivo fue dar certeza y seguridad jurídica en la tenencia de la tierra ejidal, mediante la entrega de los certificados parcelarios y/o de derechos sobre los terrenos de uso común (Appendini, 2012:58).

Sin embargo la instrumentación del PROCEDE en las comunidades y ejidos ha resultado compleja, ya que existen usos y costumbres en cada una de las zonas rurales que se debían respetar, lo que, en ocasiones, daba lugar a conflictos e incluso a resoluciones del programa a nivel local que contravenían la propia ley (Appendini 2012:79).

Si bien México cuenta con un amplio y complejo marco institucional en torno a la propiedad rural, la cual rige los asuntos que competen a la estructura jurídica, económica y política de la vida cotidiana de los ejidos y comunidades rurales del país (*Ibid:77*), la instrumentación de diversos programas, censos y conteos realizados a nivel nacional, estatal y municipal ha complicado la delimitación y caracterización de las zonas rurales de nuestro país. En donde si bien existen límites oficialmente establecidos el acceso a esta información no es pública, lo que limita el estudio y la integración de la información.

Esto ha dificultado la elaboración de diagnósticos reales de las localidades rurales en México, por ello el objetivo de esta investigación es la integración de información social y biofísica dada por la *percepción remota* para así establecer los límites espaciales y

caracterización de las zonas rurales, lo cual puede representar un referente importante para hacer diagnósticos en tiempo real y mejorar así las políticas públicas de las zonas rurales en nuestro país.

c) Relevancia social del municipio de Tepoztlán

Actualmente los espacios rurales se han transformado y presentan características económicas, productivas, sociales y culturales que los asemejan a lo urbano sin perder completamente algunos de los rasgos que les son propios, provocando nuevas configuraciones socio espaciales (Arias, 2002). Este fenómeno puede verse claramente en el Municipio de Tepoztlán, identificado todavía como zona rural con actividades diversas como la agricultura, la artesanía, el comercio, los servicios, etc.

Sin embargo las unidades de producción campesina están pasando por un proceso de diversificación ocupacional en el que se identifican diferentes actividades ligadas al autoconsumo, la compraventa de productos, la migración temporal y en menor grado la agricultura. Estos elementos han transformado el patrón de actividades así como la organización de sus espacios, manteniendo algunas de sus actividades tradicionales, pero también llevando a cabo actividades que se relacionan directamente con el proceso urbano.

Dicha transformación se vio favorecida durante los años noventa, como producto de un capitalismo globalizado, en donde emergieron nuevas formas de producir, consumir y comunicar, así como formas de diseñar, urbanizar, gestionar y re-simbolizar el espacio de las localidades rurales (Tomadonii y Knierbein, 2009).

En Tepoztlán este efecto es evidente ya que se encuentra en constante presión por el crecimiento de las ciudades cercanas como es el caso del Distrito Federal, Cuernavaca y Cautla, y en donde de manera local se han presentado diversos acontecimientos que han repercutido con la dinámica de las localidades rurales como son: la liberación de tierras ejidales por la modificación del artículo 27 durante 1992, el conflicto entre el gobierno local y la sociedad civil por la construcción del campo de golf durante 1995 y, finalmente, la declaratoria de Pueblo Mágico a partir de 2001.

Estos acontecimientos han detonado un proceso de *periurbanización acelerado*² el cual ha repercutido de manera directa e indirecta no sólo en el paisaje, sino también en la transformación del uso del suelo, en las relaciones y en la economía de las sociedades locales de Tepoztlán; pues la llegada de habitantes de fin de semana a su segunda residencia, ha implicado una serie de cambios en la estructura física y en la demanda de servicios que se generan (Hiernaux, 2000).

La propuesta teórico – metodológica para caracterizar los espacios rurales que presenta esta investigación se divide en cinco capítulos. En el primer capítulo se resalta la importancia en términos teórico - metodológicos de la incorporación de la percepción remota a los estudios sociales, incorporando una breve descripción del origen y funcionamiento de este tipo de tecnología satelital y de las experiencias en México sobre el uso de la percepción remota en los estudios sociales. El segundo capítulo aborda la discusión sobre las condiciones actuales del territorio rural, presentando una definición de lo que constituye el espacio rural propuesta por Cloke (Cloke, et al. 2006). Además de que se introduce el caso de estudio –el municipio de Tepoztlán-. El tercer capítulo desarrolla la propuesta metodológica basada en la incorporación de la dimensión espacial, en donde se describen las diferentes fuentes de información y se realiza la caracterización de las localidades rurales con base en: información vectorial y raster. En el cuarto capítulo se muestran los resultados obtenidos de dicha caracterización, proponiendo además una tipología de las localidades rurales de Tepoztlán a partir de la integración de las diferentes fuentes de información. Finalmente, en el quinto capítulo se muestran las discusiones y conclusiones.

² *Periurbanización*. Proceso en el que la mancha metropolitana se expande en forma incesante, ocupando las áreas rurales que encuentra a su paso, desbordando los límites urbanos definidos en el momento anterior (Ávila, 2004).

Capítulo 1.

Percepción

remota y

Ciencias Sociales

1.1. Introducción

En este capítulo se resalta la importancia en términos teóricos y metodológicos de la incorporación de la percepción remota a los estudios sociales. En la primera sección se retoman los fundamentos técnicos de la percepción remota haciendo una breve descripción del origen y funcionamiento de este tipo de tecnología satelital, los tipos de sensores remotos y el avance tecnológico que han tenido en términos de su potencialidad y la calidad de la información en los últimos años. En la segunda sección se analizan los aportes que en sus inicios realizó el uso de sensores remotos a las investigaciones sobre el territorio en términos meramente biofísicos, para posteriormente analizar cómo es que actualmente la información generada por los sensores remotos ha comenzado a incluirse en los estudios sociales con énfasis en las cuestiones rurales. Finalmente, en la tercera sección se realiza una breve revisión de la literatura sobre las experiencias que se han tenido en México sobre el uso de la percepción remota en los estudios sociales.

1.2. ¿Qué es la percepción remota?

La *percepción remota* (*remote sensing*) puede definirse como la ciencia de obtener información de un objeto, analizando los datos y sus características mediante algún dispositivo que no está en contacto físico con dicho objeto (Chuvienco, 2002). Este tipo de tecnología satelital forma parte de las tres áreas comprendidas dentro de la Geomática, la cual incluye también a los Sistemas de Información Geografía (SIG) y los Sistemas de Geoposicionamiento Global (GPS), los cuales representan un acercamiento al estudio del territorio. Sus principales ventajas son que:

- utilizan información generalmente de tipo cuantitativa,
- brindan la posibilidad de hacer un diagnóstico y un análisis prospectivo,
- abarcan problemáticas de manera sistémica e integral.

Aunque aún existen debates académicos sobre la robustez y calidad de un marco teórico que sostenga a la Geomática como una ciencia, actualmente ésta representa una forma de generar e integrar nuevo conocimiento al estudio y el análisis del territorio. (Pickles, 1997).³

La *percepción remota* una tecnología que incluye tres tipos de sensores remotos. Estos son: las imágenes de satélite, las fotografías aéreas y las imágenes radar (Fig. 1, 2 y 3). Cabe mencionar que aunque en un principio fueron creados con fines bélicos, principalmente durante la Segunda Guerra Mundial, a partir de la década de 1970 comenzaron a desarrollarse sobre todo en el campo de los estudios biológicos del territorio (Chuvieco, 2002)⁴.

Sin embargo, actualmente este tipo de sensores han comenzado a abrirse campo en diversas disciplinas que incluyen los estudios sociales con la finalidad de analizar diversos temas, como son: la deforestación, el crecimiento poblacional, la urbanización, los cambios en la infraestructura urbana, entre otros (De Sherbinin et al. 2002).

La fotografía aérea (Fig. 1) forma parte de la tecnología más difundida y utilizada que comprende la *percepción remota*. Este producto, aunque tiene una resolución espacial menor a la ofrecida por las imágenes de satélite, es muy utilizada por la amplia difusión de las técnicas con que se analizan las fotografías y por el costo relativamente bajo en comparación con las imágenes producidas por sensores en satélites (Crews y Walsh, 2009).

Por su parte, las imágenes de satélite obtenidas a partir de *percepción remota* permiten integrar y analizar información sobre la heterogeneidad del territorio en un formato digital, al igual que una cámara fotográfica (Fig. 2). Estas imágenes cuentan con detectores que miden la radiación electromagnética que refleja la superficie terrestre (es decir la energía solar); dicha información se encuentra organizada en píxeles que se obtienen al convertir un intervalo de valores análogos de radiación electromagnética en un intervalo expresado por una serie de números enteros, los cuales son convertidos en colores o matices de gris para crear una imagen que parece una fotografía (Lillesand y Kiefer, 2000).

³ Lo anterior explica que todavía en 1997 se publique en *Annals of the Association of American Geographers GIS tool or science?: demystifying the persistent ambiguity of GIS as "tool" versus "science"*, un debate respecto a la polémica sobre si los Sistemas de Información Geográfica son una herramienta o una ciencia (Pickles, 1997).

⁴ Chuvieco, E. 2002. *Teledetección Ambiental. La observación de la tierra desde el cielo*. España: Ariel Ciencia.



Fig. 1. Ejemplo de fotografía aérea de la ciudad de Ermua, España (fotosimágenes.org, 2013).

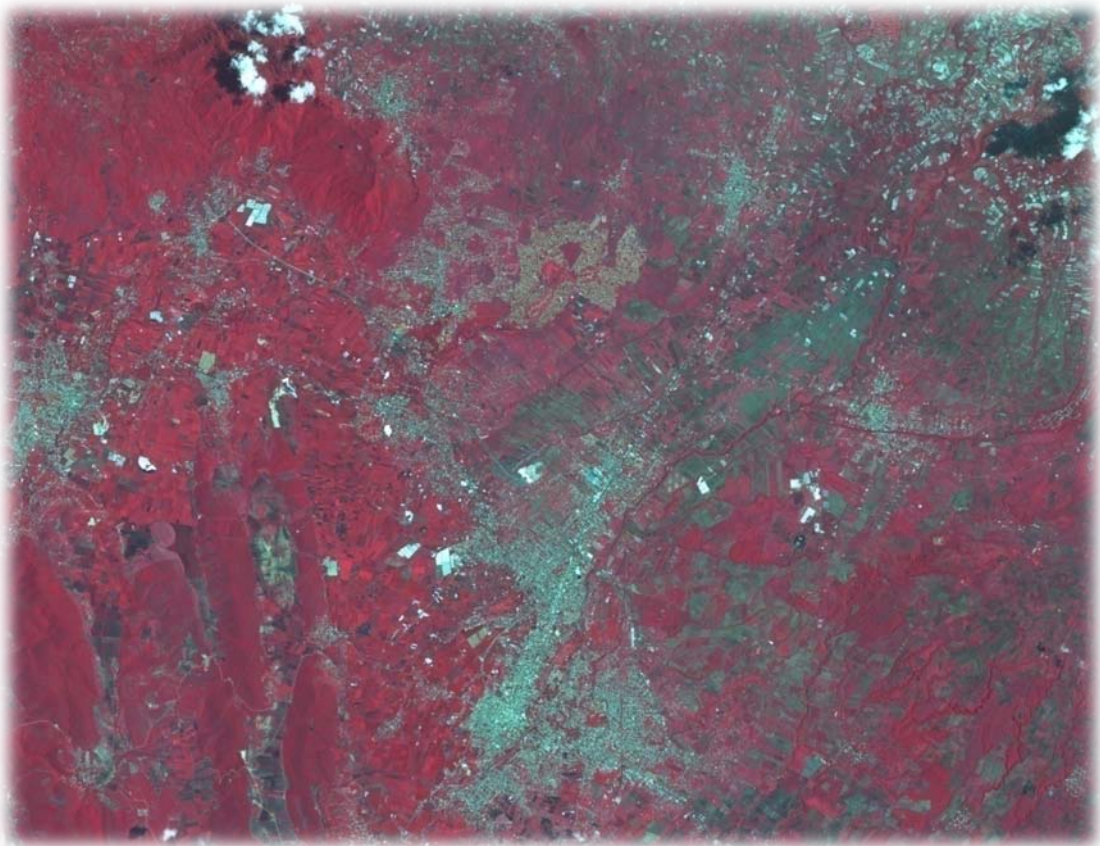


Fig. 2. Ejemplo de imagen satelital tipo spot 5 del Municipio de Tepoztlán (SEDENA, 2013).

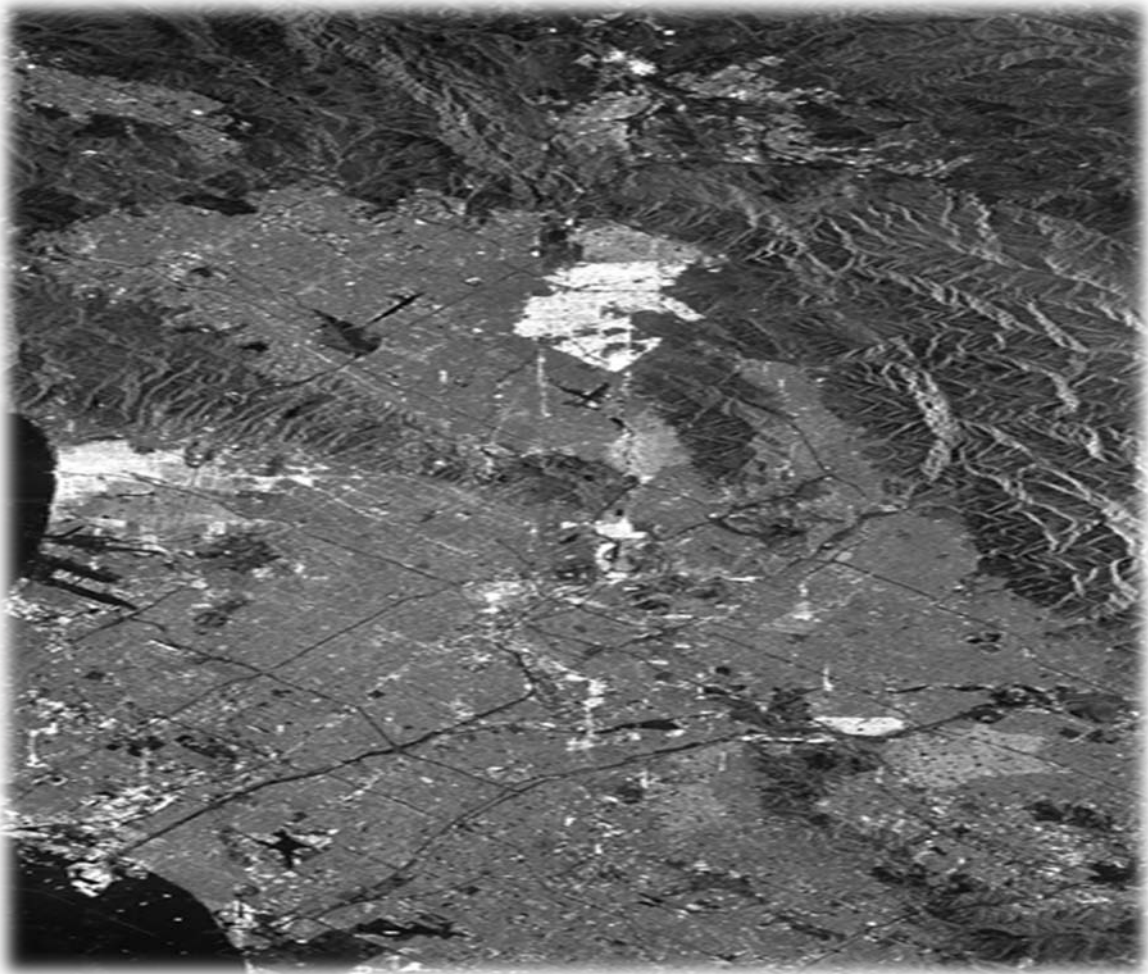


Fig. 3. Ejemplo de imagen tipo radar. (Centro GEO, 2013).

Finalmente las imágenes tipo Radar (Fig. 3) operan de una manera diferente. Este sistema usa ondas electromagnéticas para medir distancias, altitudes, direcciones y velocidades de objetos estáticos o móviles, las cuales al formar una especie de *eco* permiten detectar objetos más allá del rango de otro tipo de emisiones (luz visible, sonido, etc.).

En términos generales, los sensores son de diversa índole y cada uno ofrece información y características diferentes de la superficie terrestre. Esto se debe principalmente a las características particulares de cada sensor, su resolución y al tipo de tecnología con la que captan y reconocen las diferentes respuestas espectrales y de longitudes de onda del espectro electromagnético sobre objetos en la superficie de la Tierra (Sobrino, 2000). Es importante señalar que la respuesta espectral de cada objeto en la superficie terrestre puede considerarse como única, lo cual permite identificar rasgos y elementos presentes en el territorio.

Por ello y de acuerdo con sus características, los sensores remotos también se dividen en activos y pasivos. Los primeros cuentan con una fuente de energía propia que dirige dicha energía hacia un blanco particular, y posteriormente, recogen la señal de regreso (como los satélites de radar). Los segundos, registran directamente la energía reflejada y/o emitida de la superficie terrestre (Richards y Xia, 1999)⁵.

Ahora bien, con la finalidad de elegir adecuadamente el tipo de sensor que mejor se adapte a los objetivos de nuestra investigación, es necesario conocer las características y el tipo de resolución que ofrece este tipo de tecnológicas, dentro de las que se encuentran:

- Resolución espacial: es la distancia mínima entre dos objetos, de tal manera que el sensor los pueda discriminar como objetos distintos (tamaño de celda). Se refiere al objeto más pequeño que puede distinguirse como unidad independiente y es representada por el tamaño de un píxel (celda).
- Resolución espectral: es el ancho del espectro electromagnético medido y el número de canales empleados, es decir, el número y ancho de las bandas espectrales registradas por el sensor.
- Resolución radiométrica: es la sensibilidad del sensor para diferenciar una señal, es decir, qué partes del espectro electromagnético registra su capacidad para detectar variaciones en la radiancia espectral que recibe.⁶
- Resolución temporal: es el lapso mínimo comprendido entre la toma de dos imágenes de una misma zona, esto es, la periodicidad con la que el sensor adquiere imágenes del mismo punto de la superficie terrestre (Lillesand y Kiefer, 2000).

Actualmente existe una gran cantidad de satélites orbitando alrededor de la tierra con características y temáticas diferentes, dominando en las últimas décadas satélites como el Landsat MSS (Multi-Spectral Scanner), el TM (Thematic Mapper), el Spot (Sistema Probatorio de Observación de la Tierra o Satélite para la Observación de la Tierra), el AVHRR (Advanced Very High Resolution Radiometer) y el IKONOS y QuickBird (Francois, et al. 2003).

⁵ Este artículo hace una descripción detallada de las ventajas y desventajas que brindan los sensores remotos activos y pasivos.

⁶ La radiancia espectral se refiere a la cantidad de energía emitida por un cuerpo, lo cual es representado en todo el espectro de frecuencias.

El reconocimiento de las características y funcionamiento de los diferentes tipos de sensores remotos, permitirá identificar el tipo de sensor que potencialmente puede ser más útil o que mejor responde a las características y necesidades de nuestra investigación. Una vez mencionado esto, la siguiente sección aborda la incorporación de este tipo de sensores a los estudios sociales.

1.3. De la percepción remota biofísica a la percepción remota social

Con la finalidad de entender los procesos y transformaciones por los que atraviesa el territorio, algunos programas de investigación enfocados al estudio del territorio a través de la incorporación de las nuevas tecnologías están reorientando sus objetivos, marcos teóricos y técnicas de análisis a temas que integran una visión espacial a la dinámica territorial. Ante ello, es necesario un enfoque multidisciplinario que permita analizar desde diferentes perspectivas el papel que juega la sociedad y el ambiente natural en la producción y reproducción del territorio.

Esta propuesta de análisis multidisciplinaria comenzó a partir de los años setenta, con nuevas propuestas metodológicas y con el propósito de entender las relaciones sociales que se llevan a cabo para producir socialmente el territorio y abordar los problemas ambientales. Este enfoque forma parte de una corriente denominada *Giro espacial*, el cual analiza los diferentes enfoques analíticos que han permitido integrar a la Geografía y otras disciplinas de las Ciencias Sociales y Humanidades, la concepción de lo *espacial* a sus investigaciones. Se refiere a una renovación teórico-metodológica en donde el espacio no es concebido simplemente como un reflejo pasivo de lo social sino que juega un papel activo en su producción y reproducción (González, 2010:169).

Esta nueva propuesta de análisis involucra a la tecnología de los *Sistemas de Información Geográfica* y de *Percepción remota*, que si bien es cierto en un principio habían sido utilizados para resolver problemas desde las Ciencias Naturales y Geográficas, actualmente han comenzado a introducirse en el ámbito de las Ciencias Sociales.

Dentro de sus principales contribuciones se encuentra su capacidad de hacer un estudio interdisciplinario del vínculo existente entre seres humanos y la superficie terrestre, permitiendo desarrollar nuevas y mejores herramientas para el reconocimiento y medición de

los impactos existentes en el territorio desde el punto de vista físico, natural y social (Hoalst y Patterson, 2011).

Con la finalidad de reconocer las diversas aportaciones que ha realizado la tecnología de la *percepción remota* desde los estudios biofísicos y sociales, realizaré una breve reseña de algunos estudios que han manejado este tipo de datos para posteriormente retomarlas en la construcción metodológica de esta investigación, lo cual permitirá identificar e integrar diferentes visiones que permitan caracterizar espacialmente las localidades con una dinámica territorial muy particular, como lo es la cuestión rural.

1.3.1. Estudios biofísicos

Los ecosistemas terrestres han sufrido transformaciones en su estructura y composición en las últimas décadas. La ocupación de los espacios naturales así como la explotación intensiva de los recursos naturales han llevado a la transformación progresiva de los ecosistemas, ocasionado la pérdida de los recursos forestales, la degradación forestal, cambios en el microclima y pérdida en la diversidad de especies vegetales y animales. Dichas transformaciones se encuentran asociadas a impactos ecológicos importantes presentes en casi todas las escalas geográficas (Barrera y Curiel, 1998).

Ante esta situación ha surgido la necesidad de monitorear la calidad y cantidad de los recursos naturales de manera eficiente y constante, lo cual ha llevado a la comunidad científica a buscar métodos que puedan analizar la superficie terrestre desde el punto de vista biofísico (Young y Sánchez, 2004). La capacidad de los Sistemas de Información Geográfica y la *percepción remota* para el análisis de la estructura del territorio han sido y seguirán siendo una valiosa herramienta para el estudio de la biomasa vegetal. Se menciona líneas arriba que aunque en un principio fueron creados con fines bélicos, a partir de los años setenta comenzaron a integrarse de manera creciente en el campo de los estudios biológicos del territorio, ya que permiten obtener y analizar amplias superficies de terreno que muchas veces resultan de difícil acceso (Chuvienco, 2002).

La incorporación de la información que generan los modelos *raster*, como son las imágenes obtenidas a partir de la *percepción remota*, han permitido integrar información sobre las características del terreno para el estudio del medio natural, ya que gracias a la combinación de las diferentes bandas espectrales con las que cuentan los sensores remotos es posible

obtener información sobre la calidad y cantidad de los recursos naturales, cultivos, área urbana, aspecto del terreno, entre otras (Hinton, 1996).

Por ello, diversos índices han sido desarrollados con la intención de relacionar los valores de reflectancia registrados por los sensores orbitales y la superficie del terreno. Estos índices, llamados “índices espectrales de vegetación”, se basan en la combinación de bandas espectrales contenidas en los sensores remotos, en donde a partir de los datos reflejados por las diferentes longitudes de onda del *rojo* y del *infrarrojo cercano o próximo*, es posible determinar el aumento cuantitativo de la vegetación.

Este proceso tiene su fundamento teórico en el hecho de que la vegetación sana absorbe la radiación en la banda del *rojo*, por la presencia de la clorofila y de otros pigmentos presentes en las hojas, provocando que se refleje fuertemente en el *infrarrojo cercano*, característica especial que presentan los vegetales debido a la interfase que existe entre el aire – agua, los espacios intracelulares y las paredes celulares, los cuales causan un efecto llamado “refracción múltiple” el cual es captado por el sensor (Hansen, et al. 1996).

Actualmente se han desarrollado diferentes índices de vegetación con la finalidad de medir y analizar diversos procesos, algunos ejemplos son: el índice de área foliar, biomasa, productividad, actividad fotosintética y porcentaje de cobertura (Qi, et al. 1994; Steininger, 2000; Lu, et al. 2004; Yang, et al. 2005 citados en (Manrique, et al. 2010).

Como se menciona anteriormente, una imagen de satélite se puede utilizar para identificar las áreas con diferentes tipos de cubierta vegetal, para lo cual se aplican técnicas de clasificación, es decir, procesos que sirven para discriminar y separar información: bosques, agricultura, zonas urbanas, o diferentes cuerpos de agua. Un estudio detallado de clasificación puede discriminar diferentes tipos de bosques, diferentes etapas de crecimiento de los bosques, o diferentes usos de la tierra agrícola.

Otra de las ventajas de la *percepción remota* es que con las imágenes clasificadas de varias fechas, pueden realizarse estudios espacio temporales en los cuales se identifiquen áreas que han experimentado cambios específicos en la cubierta vegetal, como la tala de bosques o el abandono de las tierras agrícolas, entre otras aplicaciones (Evans y Morgan, 2002).

Sin embargo, la clasificación del paisaje se complica no sólo por las diferencias en la cobertura vegetal, las masas de agua y otros elementos naturales, sino por las variaciones de las estructuras hechas por el hombre, debido en parte a los diferentes materiales de construcción, la mayoría de los cuales varían según la edad, el color de la composición y la calidad (Mesev, 2003). Lo cierto es que los datos obtenidos por sí solos no aportan mucha información en cuanto a las causas del cambio de la superficie terrestre, es decir, es necesario un análisis posterior que vaya más allá de la simple identificación de la vegetación y la cantidad de humedad presente en algunas zonas.

Si bien las imágenes de satélite de alta resolución capturan imágenes que abarcan grandes extensiones territoriales, anteriormente no resultaba fácil adquirir este tipo de información. Sin embargo, la disponibilidad de los datos obtenidos a partir de sensores remotos ha aumentado drásticamente desde mediados de la década de 1980, teniendo en órbita satélites como: LANDSAT, SPOT, NOAA-AVHRR, IKONOS Y QUICKBIRD, aumentando también la capacidad de monitorear cambios en la estructura y extensión de las áreas cultivadas (fotos aéreas en particular) y de la cubierta vegetal sobre áreas más amplias (Kam, 1995).

La información obtenida por los sensores remotos ofrece muchas ventajas importantes para el estudio de la cubierta vegetal. Estas incluyen la capacidad de derivar medidas consistentes a través de grandes y pequeñas áreas de tierra, de la capacidad de seguimiento de los cambios sobre ambos intervalos de tiempo (Liverman, et al. 1998). Sin embargo para comprender la integración de datos de una variedad de fuentes es necesario entender adecuadamente los factores sociales y biofísicos que forman parte de las interacciones población-medio ambiente (Evans y Morgan, 2002).

Entender la dinámica del territorio en las zonas rurales es un componente importante en la gestión de los ecosistemas, y por esta razón, han comenzado a desarrollarse estrategias que reconocen las condiciones ecológicas y sociales de un lugar en particular.

Este punto de vista centra su atención en la relaciones entre uso del suelo y el comportamiento social de la población en el nivel de la comunidad local, reconociendo la importancia de las conexiones entre los distintos niveles de agregación, considerando que el nivel micro es un punto de partida particularmente importante (Turner, et al. 1996).

Dichos comportamientos pueden ser analizados gracias a la tecnología de la *percepción remota*, la cual muestra de manera gráfica cómo los factores sociales y biofísicos afectan el uso de suelo de un lugar. El reto es identificar cómo vincular los rasgos de una imagen y relacionarlos con las características demográficas y otros factores sociales que inciden en el uso y apropiación del suelo (Evans y Morgan, 2002).

1.3.2. Estudios sociales

Desde su creación, los sensores remotos han aportado información socialmente útil como son: el pronóstico del tiempo, la distribución de agua, el cambio climático, análisis de la cobertura vegetal, la mitigación de desastres y la gestión forestal, por comentar algunos. No obstante, en el campo de la investigación de las Ciencias Sociales no tenían gran relevancia. Fue hasta finales de 1980 cuando diversas investigaciones comenzaron a integrar la tecnología de la *percepción remota* con la finalidad de entender cómo es que ciertos procesos sociales se encontraban relacionados con fenómenos como la deforestación, la desertificación y el crecimiento poblacional (Liverman, et al. 1998).

Esta visión sinóptica del espacio que ofrece la *percepción remota* resulta ser una contribución importante y sobre todo una herramienta útil ya que como se menciono anteriormente, las imágenes obtenidas a partir de sensores remotos proporcionan imágenes de grandes extensiones de terrenos y en diferentes series de tiempo (dependiendo de la periodicidad en que cada sensor gira alrededor de la tierra) lo cual permite desarrollar nuevas metodologías para la investigación en las Ciencias Sociales (De Sherbinin, et al. 2002).

A partir de los años noventa se diseñaron dos propuestas teórico metodológicas que abordan la integración de la *percepción remota* en los estudios sociales, la primera de ellas es la propuesta realizada por Liverman, et al. 1998,⁷ en donde el autor plantea que a través de la incorporación de diversos indicadores socioeconómicos a la información generada por el sensor, tales como: el tamaño de la población, la ubicación geográfica, el tipo de localidad, entre otras, es posible identificar cambios en el paisaje o en el medio natural.

⁷ Liverman, D., R. Moran, R. Rindfuss, and P. C. Stern. 1998. *People and Pixels: Linking Remote Sensing and Social Science*. Washington, D.C: National Academy Press. Este fue el primer volumen editado para compilar y evaluar sistemáticamente el estado de la técnica de las aplicaciones de Percepción Remota en la investigación de las Ciencias Sociales.

La segunda propuesta es la realizada por Geoghegan, et al. 1998,⁸ llamada "socialización del píxel" o "pixelizing the social", la cual no sólo implica la integración de datos para reconocer las interacciones población-medio ambiente, más bien, se basa en reconocer que la clave para abordar cuestiones fundamentales de importancia social y ambiental, es mediante el uso e implementación de datos originados a partir de la percepción remota, proponiendo una reasignación de los métodos teóricos y prácticos para la integración de datos espaciales.

Una de las experiencias internacionales de la incorporación de la percepción remota a estudios rurales es el realizado por Devaux, et al. 2011⁹, titulado "Extraction automatique d'habitations en milieu rural de PED à partir de données THRS", el cual tiene como objetivo la identificación de la estructura del espacio con imágenes THRS a partir de las actividades que desempeñan en una región africana, identificando las variables de uso de suelo, cantidad de vegetación y el uso de diferentes materiales para la construcción de sus viviendas.

Estas nuevas propuestas han provocado un incremento en la cantidad de investigaciones clasificadas como de "Ciencia Social" con aplicaciones en campos como la Arqueología, la Demografía, la Salud Pública y la Epidemiología, en donde la información generada por la *percepción remota* comenzó a demostrar su potencial en cuanto al manejo cada vez mayor de la resolución espacial y espectral de los sensores remotos, lo cual brinda la posibilidad de integrar información y responder preguntas de investigación generadas desde las Ciencias Sociales. Sin embargo a partir de la búsqueda bibliográfica realizada se ubicaron pocos estudios caso que incorporaron este tipo de tecnología al estudio de los espacios rurales, siendo uno de los casos el de costa rica, el cual sirvió como referencia metodológica para esta investigación.

La incorporación de la *percepción remota* a los estudios sociales presenta varias ventajas entre las que se encuentran: la capacidad de absorber y reflejar partes del espectro no visible en colores visibles (rojo, verde y azul), en los cuales se plasman aspectos del medio ambiente natural y construido, además de almacenar y recoger información del espectro electromagnético, incluyendo las bandas de infrarojo cercano (para la identificación de Biomasa), infrarojo medio (útil como indicador de cantidad de agua en la vegetación y de

⁸ Geoghegan, J., L. Pritchard, Y. Ogneva - Himmelberger, R. Chowdhury, S. Sanderson, and B. Turner. 1998. "'Social the Pixel' and 'Pixelizing the Social'" in Land – Use and Land – Cover Change." En *People and Pixels: Linking Remote Sensing and Social Science*, 50 – 93. Washington, D.C: National Academy Press.

⁹ Devaux, N., J. Fotsing, and J. Chéry. 2011. "Extraction automatique d'habitations en milieu rural de PED à partir de données THRS" En *European Journal of Geography* (1): 1-11. Greece: European Association of Geographers.

humedad de suelos) e infrarrojo lejano (el cual detecta la Incidencia hídrica, la humedad de suelos y permite realizar mapas térmicos) (Hansen, et al. 1996)

La obtención de esta información permite inferir cómo es que los procesos sociales se manifiestan a través de fenómenos físicos observables en el territorio. Esto puede determinarse utilizando por ejemplo, los índices de vegetación, con lo cual es posible capturar los cambios en la proporción y calidad de los recursos naturales, debido a diferentes factores como son la gestión del uso de suelo, al incremento de la mancha urbana o hasta cambios en las condiciones climáticas. En este caso, los puentes teóricos, físicos y del espectro debe ser construidos y probados para establecer una correlación entre las mediciones espectrales y la dinámica del territorio (Crews y Walsh, 2009).

Otra de las ventajas que ofrece la *percepción remota* en la investigación de las Ciencias Sociales, es que permite hacer visible los límites espaciales, es decir, brinda la posibilidad de observar y entender procesos que trascienden no sólo las fronteras nacionales e internacionales de un lugar en particular, sino que además por sus características en cuanto a la resolución cada vez mayor, permite analizar estos límites incluso de manera muy precisa y detallada, lo cual es útil para obtener información sobre la dinámica del suelo, por ejemplo: la cantidad de tierras de cultivo y las proporciones de las diferentes clases de uso del suelo (Blumberg y Jacobson, 1997).

Sin lugar a dudas, la cantidad de información que nos ofrecen los sensores remotos, proporciona información integral sobre ciertos fenómenos, los cuales permiten a los científicos sociales integrarlos a diversas fuentes de datos derivados de estudios de campo, censos o registros administrativos (Rindfuss y Stern, 1998). El caso específico de los censos poblacionales, por ejemplo, se basa en la medición de la población de los hogares. Asimismo, la integración de la información generada por los sensores remotos, produce información más precisa y espacialmente georeferida, permitiendo combinar diferentes tipos y fuentes de información sobre los límites administrativos y las medidas de la extensión urbana.

Los ejemplos pueden incluir diferencias espectrales en los tipos de uso de la tierra que están asociados con las diferentes formas de tenencia de la tierra, o distinciones sociales importantes que pueden estar enmarcadas por una clasificación de la cubierta terrestre (*Ibid*). Tal es el caso de las localidades en México, las cuales hasta ahora no cuentan con información oficial sobre su delimitación espacial como en el caso de los municipios o las entidades federativas.

El conocimiento sobre las estructuras territoriales a nivel local nos permite conocer los asentamientos, los lugares, los sitios particulares, los paisajes, las ciudades, los pueblos, entre otros mucho elementos, además de que permite integrar información en términos sociales que ayudan a entender de una manera más integral sus dinámicas socioterritoriales, interrelaciones, potencialidades, deficiencias, aptitud o vocación para determinadas actividades, impactos, fragilidad, capacidad para la implantación de diferentes usos, entre otras (Gómez, 2000).

Una vez analizada las ventajas y el potencial que representa la incorporación de la percepción remota a los estudios sociales, se realiza un análisis bibliográfico sobre la experiencia en México en la incorporación de esta tecnología a las investigaciones sociales.

1.4. Uso de la percepción remota en México para estudios sociales

En México fue a partir de los años noventa cuando comenzaron a proliferar estudios sobre la integración de la visión espacial, particularmente de la *percepción remota*, al estudio de los problemas biofísicos desde una perspectiva social.

A continuación se presenta una revisión de algunos de estos estudios, los cuales se seleccionaron por sus características en la integración de variables espaciales, sociales, biofísicas o del área de estudio, los cuales sirven como antecedentes metodológicos para determinar el estado de la vegetación y los cambios de uso de suelo en algunas zonas del país considerando la visión espacial.

El primer caso localizado que integra esta tecnología es el que realiza un monitoreo multitemporal sobre la calidad de agua en la laguna de Coyuca de Benítez, Guerrero, la cual se realiza a partir de imágenes tipo LANDSAT TM si bien aunque sus parámetros en el desarrollo metodológico son más bien biofísicas, en cierto sentido la importancia de medir la calidad de agua tiene relevancia social (Ruiz-Azuara 1993).

Posteriormente existe otro estudio titulado “Identificación de la Selva Baja Caducifolia en el estado de Morelos, México, mediante imágenes de satélite” (Trejo y Hernández, 1996),¹⁰ en donde a partir de imágenes de satélite tipo Landsat TM fue posible identificar las

¹⁰ Trejo, I. y Hernández, J. 1996. “Identificación de la Selva Baja Caducifolia en el Estado de Morelos, México, mediante imágenes de satélite” En *Investigaciones Geográficas*, núm. (5): 1-18. México: UNAM.

características, pérdida y distribución de la Selva Baja Caducifolia presente en el Estado de Morelos. Este proceso se realizó a partir de un método de clasificación supervisada con trabajo de campo a nivel municipal, en el cual se obtuvieron ocho distintas clases de vegetación que incluían diferentes tipos de bosque, selva y pastizal, además de que permitió ubicar y caracterizar las zonas de cultivo, aéreas urbanas y cuerpos de agua. Esta investigación permitió representar las comunidades vegetales, ubicarlas espacialmente, y hacer un mejor diagnóstico sobre la calidad y cantidad de las selvas en dicho estado.

Existe otro estudio titulado “Análisis espacial de los aspectos demográficos, agrarios y ambientales de tres municipios de la Montaña de Guerrero” (Pérez, et al. 1998),¹¹ en donde además de incorporar variables biofísicas del terreno, se introducen datos sobre la dinámica de la población de tres municipios de Guerrero. Esta investigación realiza un análisis espacial sobre los aspectos demográficos, agrarios y ambientales incorporando diferentes tipos y fuentes de información como son: Censos de Población y Vivienda, información vectorial y bibliográfica sobre las características biofísicas del terreno como: tipo de vegetación, suelo, geomorfología, uso de suelo, grados de marginación y densidad poblacional. Una de las debilidades de esta investigación, es que únicamente utilizó para su análisis el uso de Sistemas de Información Geográfica y no introduce la *percepción remota*.

En el 2007 se realizó un estudio titulado “Identificación de áreas erosionadas por medio de imágenes LANSAT ETM, en Tlaxco y Terrenate, Tlaxcala, México” (Buendía, et al. 2007)¹², en donde a partir de imágenes de satélite tipo LANSAT y considerando variables biofísicas y sociales se caracterizaron las zonas con mayor erosión de estos municipios. Posteriormente para el año 2008 se realizó un trabajo titulado “Análisis espectral y visual de vegetación y uso del suelo con imágenes LANDSAT ETM con apoyo de fotografías aéreas digitales en el corredor biológico Chichinautzin, Morelos, México” (Vega, et al. 2008)¹³, el cual incorpora en su metodología un análisis espectral y visual de la vegetación con imágenes tipo LANSAT.

¹¹ Pérez, Karina, et al., 1998. “Análisis espacial de los aspectos demográficos, agrarios y ambientales de tres municipios de la Montaña de Guerrero” En *Investigaciones Geográficas*, núm. (37): 37-58. México: UNAM.

¹² Buendía, E., F. Islas, and V. De la Cruz. 2007. “Identificación de Áreas Erosionadas Por Medio de Imágenes LANSAT ETM, En Tlaxco Y Terrenate, Tlaxcala, México.” *Terra Latinoamericana* (26): 1-9. México: Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo A.C.

¹³ Vega, A., J. López, and L. Manzo. 2008. “Análisis Espectral Y Visual de Vegetación Y Uso Del Suelo Con Imágenes LANDSAT ETM Con Apoyo de Fotografías Aéreas Digitales En El Corredor Biológico Chichinautzin, Morelos, México” En *Investigaciones Geográficas* (67): 59-75. México: UNAM.

Cabe mencionar que la aportación de este artículo en cuestiones metodológicas es importante ya que introduce el análisis con *percepción remota* para analizar el uso de suelo en el corredor biológico Chichinautzin, Morelos, el cual forma parte del municipio de Tepoztlán, zona de estudio de esta investigación.

Otro artículo que introduce la visión espacial a los estudios sociales es la realizada por Retana y Némiga, 2010¹⁴, titulado “La teledetección como herramienta para la localización de espacios propensos para el desarrollo sustentable. Caso: sustentabilidad social en el sureste de la Zona Metropolitana de la ciudad de Toluca”, en el que se trata la percepción remota como herramienta para la localización de espacios propensos para el desarrollo sustentable y se toman variables relacionadas con la salud, educación e infraestructura. Si bien este artículo está más enfocado al desarrollo sustentable de zonas urbanas, presenta una buena metodología sugerentes para esta investigación, ya que hace uso de datos censales provenientes del Censo de Población y Vivienda y de variables biofísicas.

Actualmente existe un estudio titulado “Conceptualización y medición de lo rural - Una propuesta para clasificar el espacio rural en México”,¹⁵ en donde se propone una metodología para medir y clasificar en términos cuantitativos los espacios rurales de tres regiones articuladas alrededor de las ciudades de: a) Torreón, Coahuila; b) Toluca, Estado de México, y c) Minatitlán, Veracruz Torreón, Toluca y Minatitlán. Esta propuesta incorpora la dimensión espacial a través de la incorporación de los Sistemas de Información Geográfica.

La unidad de estudio proviene de la carta de uso de suelo y vegetación del (INEGI, 2000) a una escala 1: 250,000, lo cual representa dos problemas: 1) la unidad de estudio, la escala y 2) la temporalidad ya que existen más de 10 años de diferencia entre el diseño del estudio y la información vectorial del INEGI. Sin embargo por su naturaleza este estudio servirá como un referente teórico metodológico para este trabajo.

A nivel institucional por ejemplo, este tipo de herramientas comenzaron a insertarse a los estudios sociales para alimentar las Políticas Públicas específicamente en un programa de gobierno a cargo de la Secretaria de Agricultura Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y

¹⁴ Retana, A., y A. Némiga. 2010. “La Teledetección Como Herramienta Para La Localización de Espacios Propensos Para El Desarrollo Sustentable. Caso: Sustentabilidad Social En El Sureste de La Zona Metropolitana de La Ciudad de Toluca”, En *Quivera. Revista de estudios urbanos, regionales, territoriales ambientales y sociales*, (12) (1): 84-95. Toluca: UAEM.

¹⁵ González, S., y A. Larralde. 2013. “Conceptualización Y Medición de Lo Rural. Una Propuesta Para Clasificar El Espacio Rural En México” En *La situación demográfica en México 2013*: 141-157. México: CONAPO. Para consulta: http://www.conapo.gob.mx/en/CONAPO/Conceptualizacion_y_medicion_de_lo_rural_Una_propuesta_para_clasificar_el_espacio_rural_en_Mexico. Consultado el 30 de enero de 2013.

Alimentación (SAGARPA) y a partir del año 2007 se integró de manera oficial este tipo de tecnología al Programa de Apoyos Directos al Campo (PROCAMPO), el cual es un subsidio directo que el gobierno federal otorga a los productores rurales.

Este apoyo consiste en la entrega de recursos monetarios por cada hectárea o fracción de ésta, que se efectúa cuando el productor siembra la superficie registrada en el Programa, o bien la mantiene en explotación pecuaria, forestal o la destina a algún proyecto ecológico, y cumple con lo establecido en la normatividad operativa.

Ahora bien la función de las imágenes de satélite es la de verificar y determinar el estatus de siembra de los predios inscritos a dicho programa para tener acceso al financiamiento (ASERCA, 2012)¹⁶.

Si bien se han presentado diversos estudios de caso en donde introduce la visión espacial mediante la incorporación de la percepción remota o de los sistemas de información geográfica a investigaciones de tipo social dirigidas principalmente hacia los estudios rurales, aún no se han desarrollado suficientes investigaciones que integren la visión espacial, las cuales incorporen indicadores de diferentes fuentes de información como son: variables censales, vectoriales y raster obtenidas a partir de la percepción remota para caracterizar las localidades rurales.

Una vez analizado el papel que ha jugado la incorporación de la percepción remota a los estudios sociales en México, es importante identificar el contexto en el que se centra esta investigación, la cual más allá de entrar en el debate teórico sobre las diferentes posturas de lo rural, busca retomar una postura teórica, la cual permita por una parte comprender los cambios a los que se han enfrentado actualmente los espacios rurales y por otra permita la incorporación de la visión espacial para caracterizar este tipo de espacios.

¹⁶ El Programa de Apoyos Directos al Campo (PROCAMPO) inició labores en 1994 y utiliza imágenes de satélite para verificar el estatus de siembra de los productores registrados.

*Capítulo 2. Lo
rural y su
delimitación
espacial. El caso
de Tepoztlán*

2.1. Introducción

El medio rural en México, al igual que en muchos países de América Latina, ha presentado importantes cambios en las últimas décadas, no sólo en su conformación espacial, sino también en relación con los procesos sociales, económicos, culturales y políticos que tienen lugar en estos territorios. Por esta razón, en este capítulo se aborda, en el primer apartado, algunas de las discusiones teóricas sobre la concepción de lo rural. En el segundo, se muestran algunos de los criterios operativos que se han utilizado en México para definir lo rural en términos cuantitativos. Finalmente, en el tercer apartado, se introduce el caso de estudio –el municipio de Tepoztlán - el cual se encuentra en un proceso dinámico de cambio socio espacial y biofísico.

2.2. La conceptualización de lo rural

La palabra rural, según se encuentra en el diccionario de la Real Academia de la Lengua, proviene del latín *rurālis*, de *rus*, *ruris*, (campo); perteneciente o relativo a la vida del campo y a sus labores. En el campo de la teoría social, dice Francisco Entrena (1992), un espacio *rural* puede ser entendido como un ámbito social que funciona como hábitat, es decir, un lugar de residencia o asentamiento humano que sirve como un marco de referencia para la acción social, en el cual se incluyen las relaciones económico-productivas características de un contexto socio-espacial específico relacionadas al campo y al desarrollo de actividades primarias (Entrena, 1992).

En México los estudios realizados desde la perspectiva de lo *rural* indican una gran diversidad, ya que consideran elementos que tienen que ver con características específicas de un lugar como la tradición, los valores propios de las comunidades y la personalización de las relaciones humanas, por ello las representaciones que se pueden hacer al respecto tienden a ser geográficamente diferenciadas (Blanc, 1997 citado en Paniagua y Hoggart, 2002). Suelen ser imágenes estereotipadas de cada gran área geográfica dentro de un país (*Ibid*: 64), lo que aunado a la gran diversidad cultural y geográfica de México, complica aún más la estandarización de criterios para definir lo rural.

Dentro de la sociología, la definición de lo *rural* debe mucho a la teoría del continuo *rural-urbano*, expuesta en 1929 por Sorokin y Zimmerman en su libro “Principios de sociología *rural* y urbana”. En este documento los autores refieren que la sociedad rural se caracteriza por el predominio del trabajo agrario, la baja densidad de población, la escasa diferenciación y movilidad social, y los vínculos personales de naturaleza primaria. En el otro extremo, se encuentra la sociedad urbana, la cual muestra una compleja división del trabajo, un número y mayor densidad de población, amplia diferenciación social y cultural. Los autores explican que no existe una dicotomía o ruptura entre lo rural y lo urbano, se trata de un continuo y un cambio gradual entre estas dos categorías.

Además de la teoría del continuo, también es importante la interpretación dicotómica entre lo rural y lo urbano. De acuerdo con ésta, lo rural se define por negación, es decir, lo rural es conceptualizado como lo que no es urbano (Entrena 1992). Por ejemplo, Marx establecía esta ruptura basándose en la división del trabajo, el campo y la ciudad eran la expresión espacial de la división del trabajo. El primero, es el lugar de la producción primaria, mientras que lo urbano es donde se llevan a cabo actividades relacionadas con la actividad industrial, comercial y de servicios.

En el marco de la modernización, el campo se convierte en el objeto de desarrollo, y las personas y el territorio que conforman un “ámbito rural” poseen una dinámica social que debe ser cambiada mediante el desarrollo. En México, al comenzar el siglo XX, su modelo “civilizatorio” tenía como premisa la incorporación de la población rural, sobre todo indígena, a la lógica institucional, a través de la desmitificación de sus prácticas culturales y formas de vida locales (Herrera, 2013: 139).

Como parte de la ideología de la modernización económica en México, desde los años cincuenta y hasta los setenta, el desarrollo y las políticas públicas que se impulsaron en ese entonces estuvieron muy influidas por la tecnología y el avance científico. El crecimiento del aparato productivo industrial y la consolidación de las ciudades fueron el referente obligado en los intentos por replicar ese estilo de desarrollo en los espacios rurales (agroindustria y desarrollo tecnológico) (Herrera, 2013: 139).

Este enfoque teórico y de percepción sobre los espacios rurales ha cambiado, ya que actualmente el contexto socio-histórico que surge con la globalización ha obligado a replantear el estudio de lo *rural* en las Ciencias Sociales, en donde una nueva condición y proceso de la transformación del espacio *rural* está centrada en la *desagrarización* de sus actividades económicas. La vida *rural*, que tradicionalmente se encontraba asociada con la actividad agropecuaria, actualmente abriga una diversidad de actividades y relaciones socioterritoriales que la vinculan estrechamente con los centros urbanos y la actividad industrial (De Grammont, 2004).

Estos procesos de transformación del campo generaron una serie de críticas importantes a las visiones tradicionales de lo *rural*. Dentro de estas transformaciones, los autores Rodríguez y Saborío (2008) destacan las siguientes: la diversificación de la estructura productiva, la integración más funcional entre lo *rural* y lo urbano, el desvanecimiento o transformación en los estilos de vida y valores asociados a lo *rural* (tradicional) con lo urbano (moderno) y, finalmente, la descentralización política, mediante la que se busca darle mayor poder a las instancias locales y regionales.

Aquí conviene hacer referencia a un concepto que ha adquirido gran fuerza en los discursos académicos y gubernamentales en América Latina y México, sobre todo a partir de la década de 1990. Se trata de la *nueva ruralidad*. Esta perspectiva de análisis de los problemas rurales surge en el contexto de la globalización en Europa y, como explica H. de Grammont (2004), tiene una estructura gubernamental o normativa la cual tiende a promover el desarrollo en el mundo, sobre todo después de la Segunda Guerra Mundial (De Grammont, 2004).

En México el desarrollo de actividades enfocadas al campo comenzó con una serie de disposiciones políticas entre las que se encuentran la creación y modificación al artículo 27 constitucional (1992), la instrumentación del PROCEDE en las comunidades y ejidos, la nueva ley agraria y la creación y reestructuración de instituciones para regular la propiedad de la tierra. Si bien el objetivo de estos procesos ha sido la reglamentación de la propiedad de la tierra, su desarrollo e implementación ha resultado compleja, pues existen usos y costumbres en cada una de las zonas rurales que se debían respetar, lo que, en ocasiones, ha dado lugar a conflictos e incluso a resoluciones del programa a nivel local que contravenían la propia ley (Appendini 2012:79).

Aunado a esto la implementación del Programa Federal de Pueblos Mágicos, el cual busca impulsar la economía local y el desarrollo sustentable de las zonas rurales en México, ha traído consecuencias no sólo en la composición física de la tierra, sino también ha influido en la transformación de los procesos sociales presentes en dichos espacios. (SECTUR, 1999).

2.3. La medición de lo rural en México

En términos oficiales y operativos, la definición de lo *rural* en México se encuentra acotada exclusivamente al tamaño de la población de las localidades. Desde el Censo de 1910, las poblaciones *rurales* fueron delimitadas con el número de habitantes menor a 4 000. Para el censo de 1921, el criterio fue de 2 000 y menos habitantes; en el Censo de 1930 y hasta 1960 el límite entre la población *rural* y urbana se estableció en 2,500 habitantes.

Fue hasta el Censo de 1970 que se incluyó una clasificación de seis tamaños de localidad, con el fin de facilitar al usuario el empleo del criterio que convenga a sus intereses, pero conservando en el primer estrato el tamaño de menos de 2,500 habitantes, que permitiera la comparabilidad con censos anteriores. (Villalvazo, *et al.* 2002)

En el Censo de 1980 se realizó un cambio importante en el nivel de desagregación de los datos, pues se manejaron los conceptos de área geoestadística básica (AGEB) tanto urbana como rural, donde el primero correspondió al espacio ocupado por poblaciones o áreas urbanas de 2,500 habitantes y más.

El documento metodológico del XI Censo General de Población y Vivienda de 1990 explica que existen polémicas sobre los criterios de diferenciación y definición de la frontera entre *rural* y urbano, pero igual que los censos anteriores, e incluso para los Censos de 2000 y 2010 se sigue utilizando la variable tamaño de la localidad y el mismo rango de población para diferenciar las localidades.

Por su parte, el Consejo Nacional de Población (CONAPO) señala que lo *rural* se identifica con una población distribuida en pequeños asentamientos dispersos, con una baja relación entre el número de habitantes y la superficie que ocupan, así como predominio de actividades

primarias, niveles bajos de bienestar y de condiciones de vida (principalmente en países de menor desarrollo). (*Ibid*: 21)

Es importante mencionar que a partir del Programa de Certificación de Derechos Ejidales y Titulación de Solares (PROCEDE), derivado de las reformas al artículo 27 de la Constitución de nuestro país, se generó información valiosa para definir los límites oficiales y caracterizar el espacio rural de los núcleos agrarios (ejidos y comunidades). No obstante, esta información no es pública.

En la medida en que se visualicen y se consideren las características locales de los espacios rurales, las cuales presentan necesidades administrativas, presupuestarias, y de políticas diferentes, se justifica la necesidad de repensar en la validez del corte *urbano-rural* en México (Araujo, 2005). En este sentido, la preocupación por repensar la definición de *rural* no es solamente científica, está fundamentada en la importancia creciente que adquieren las estadísticas oficiales de los países al momento de formular y monitorear las políticas públicas. Ante esto es necesario que exista una manera funcional de definir y caracterizar lo rural con un rango más amplio de criterios, asociados a un enfoque territorial, y con la ayuda que ofrecen actualmente los sistemas de información geográfica y de información satelital.

En este sentido, la intención de esta investigación es ofrecer una propuesta que abarque una serie más amplia de factores para definir y caracterizar el espacio rural en México de forma más comprensiva.

Es importante decir que en este caso no intentamos debatir sobre el concepto de lo rural, partimos de un ejercicio similar al que aquí se presenta, el cual fue elaborado por González y Larralde, 2013. Los autores retoman las ideas expuestas por el geógrafo Paul Cloke, en su trabajo "Conceptualizing rurality" (Cloke, *et al.* 2006), en éste se define lo rural con base en tres dimensiones. La primera, se refiere a que son asentamientos pequeños y de orden bajo, los cuales son considerados como espacios rurales por la mayoría de sus residentes, debido a la relación que existe entre la superficie construida y su relación con el paisaje. La segunda dimensión establece que son espacios donde predominan los usos de suelo extensivos, particularmente actividades primarias.

Finalmente, la tercera dimensión, refiere a que se produce una forma de vida que se caracteriza por una identidad basada en las cualidades o atributos del medio natural y, un comportamiento asociado al paisaje del campo. (Cloke, *et al.* 2006 en González y Larralde, 2013).

Conviene aclarar que en esta investigación se intenta avanzar sobre algunas limitaciones que se presentan en el trabajo de González y Larralde, sobre todo en la incorporación relacionada con el uso de suelo, -pues incorporan la visión espacial-, este no se realiza con el detalle suficiente para determinar la ocupación real de las localidades, pues utilizan una carta de uso de suelo 1:250,000.

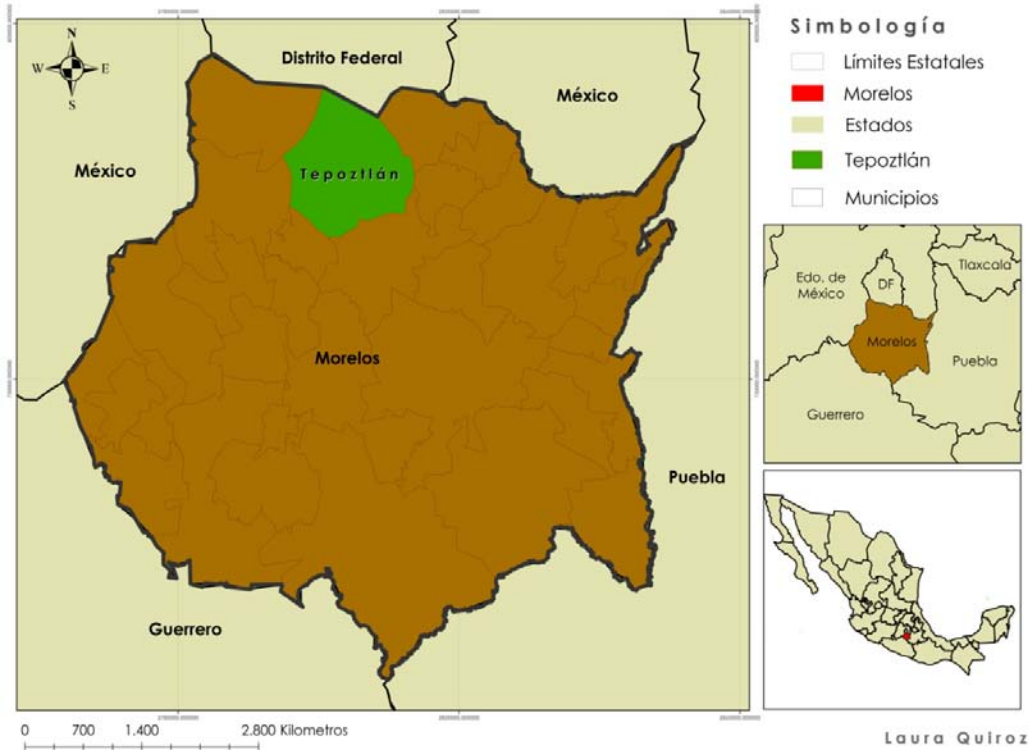
En el siguiente apartado se introduce el caso de estudio: Tepoztlán, un municipio rural del estado de Morelos, el cual representa un ejemplo claro de los cambios que han sufrido los espacios rurales en términos de su estructura y dinámica territorial.

2.4. Tepoztlán, un municipio rural

Tepoztlán, que en náhuatl significa “*lugar junto al cobre*” se encuentra ubicado en el estado de Morelos, a 74 Km de la Ciudad de México (Mapa 1); el clima es principalmente templado subhúmedo y se encuentra rodeado por diversos cerros formando un depositario natural y una especie de barrera que le dan su nombre característico del Valle de Tepoztlán. El municipio, a pesar no de estar dentro de la zona metropolitana de Cuernavaca, sí se encuentra dentro de su área de influencia y tiene una cercana y permanente interacción con ella al poniente y al sur con Yautepec y por ende con la zona conurbada de Cuautla (Municipio de Tepoztlán, 2004)

De acuerdo con los datos del Censo de Población y Vivienda 2010, el municipio de Tepoztlán tiene una superficie de 252.61 Km² y una densidad poblacional de 164.8 hab/Km². Cuenta con una población total de 41, 639 habitantes, de los cuales el 51% son mujeres y el 49% son hombres. El 77% de la población nació en la entidad, es decir 32,135 habitantes. Cuenta con una población económicamente activa de 18,283 habitantes, lo que representa el 43% del total de la población. En términos de las características de vivienda, Tepoztlán tiene un total de 14,720 viviendas de las cuales únicamente 5,827 cuenta con los servicios de luz, agua entubada y drenaje, dato que representa únicamente el 39.5% del total de viviendas de todo el municipio.

El municipio cuenta con 72 localidades registradas, de las cuales únicamente 3 de ellas son consideradas urbanas -por tener más de 2,500 habitantes- lo cual representa el 52.4% del total de la población, (21,856 habitantes). Las 69 localidades restantes son consideradas rurales, lo cual representa el 47.6%, (19,783 habitantes) de población rural. (INEGI, 2010).



Mapa 1. Ubicación espacial del Municipio de Tepoztlán, Morelos.

Un aspecto fundamental en la conformación espacial de Tepoztlán es la tenencia de la tierra, la cual ha existido desde la época colonial y comprendía dos regímenes de tenencia: el comunal y ejidal. Sin embargo de acuerdo a datos del Censo Ejidal (INEGI, 2007a) y del Censo Agrícola, Ganadero y Forestal, (INEGI, 2007b), se ha incorporado el régimen de propiedad privada, abarcando el 6.9% del total del municipio (Tabla 1).

| Régimen | Superficie (Ha) | Porcentaje % |
|---------|-----------------|--------------|
| Ejidal | 2.122,86 | 8,4% |
| Comunal | 21.380,74 | 84,6% |
| Privada | 1.758,00 | 6,9% |
| Total | 25.261,60 | 100% |

Tabla 1. Distribución de la tenencia de la tierra en Tepoztlán (INEGI, 2007).

Tepoztlán cuenta con una importante historia de organización comunitaria conformado por la cabecera municipal con sus respectivos barrios y colonias,¹⁷ consta de ocho barrios que se dividen en los barrios de arriba y los de abajo (Fig. 4), lo cual tiene que ver no sólo con su ubicación geográfica, sino con una jerarquización tanto de la población en término de sus recursos económicos, como de las actividades que desempeñan (Lewis, 1968).

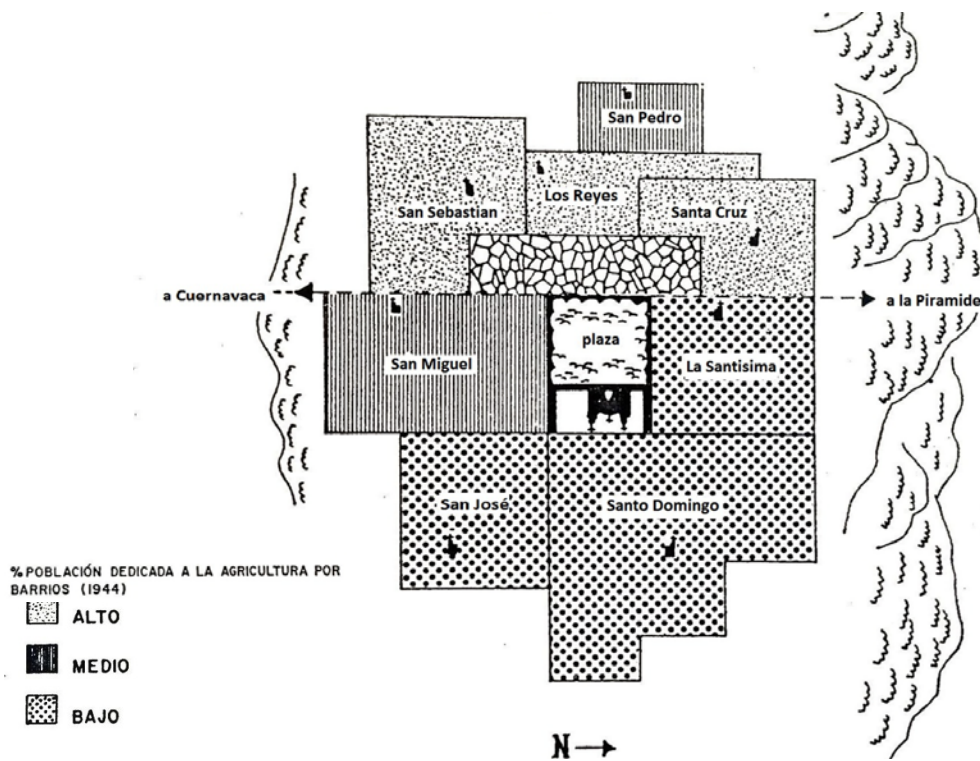


Fig. 4. Ubicación espacial de los barrios que componen la cabecera municipal de Tepoztlán (Lomnitz, 1982).

En las Fig. 5 y 6, se muestran ejemplos de las actividades tradicionales que enmarcaron la vida de Tepoztlán en donde si bien pueden observarse la presencia de pequeños asentamientos, también se observa el desarrollo de actividades enfocadas al campo.

¹⁷ Los barrios se conciben como grandes espacios comunitarios, que tienen costumbres, actividades y dinámicas propias (Lomnitz, 1982).



Fig. 5 y 6. Características históricas que han marcado las actividades productivas en los espacios rurales, en Tepoztlán, Morelos (Laura Quiroz, 2013).

Sin embargo a consecuencia del crecimiento poblacional y de la expansión urbana comenzaron a crearse nuevas colonias y asentamientos alrededor de los barrios tradicionales, los cuales no necesariamente obedecen a la clasificación que tradicionalmente se había realizado con los barrios (Tabla 2).

La creación de las nuevas colonias se realizó en las zonas periféricas del municipio, principalmente en los barrios de abajo en donde comenzó la venta de terrenos por parte de los campesinos, los cuales en su mayoría eran terrenos ejidales. En las Fig. 4 y 5, se muestran ejemplos de zonas ubicadas en la periferia del municipio en donde si bien pueden observarse la presencia de pequeños asentamientos, también se observa el desarrollo de actividades enfocadas al cultivo de tierras.

Esta nueva expansión urbana ha permitido el establecimiento de nuevas residencias y personas ajenas al pueblo que son llamadas *tepoztizos* por parte de los habitantes originarios del pueblo. Este proceso de urbanización también ha sucedido en los barrios de arriba, pero en menor medida, ya que tradicionalmente la conformación de los barrios tiene que ver con cuestiones de parentesco en donde el proceso de herencia de bienes se encuentra más marcado (Lomnitz, 1982).

Tabla 2. División de los barrios del Municipio de Tepoztlán (Lomnitz, 1982).

| Barrio | Actividad productiva | Animal emblemático |
|-----------------------|---|--------------------|
| De arriba | | |
| San Pedro | Comercialización de leña Agricultura | Tlacoache |
| Los Reyes | Comercialización de leña Agricultura | Gusanos de maguey |
| San Sebastián | Agricultura | Alacrán |
| Santa Cruz | Agricultura y fabricación de cuetes | Cacomixtle |
| Barrio | Actividad productiva | Animal emblemático |
| De abajo | | |
| La Santísima Trinidad | Comercio y agricultura | Hormigas |
| San Miguel | Comercio y agricultura | Lagartijas |
| Santo Domingo | Comercio | Los sapos |
| San José | | Hoja de maíz |

Cabe mencionar que Tepoztlán se ha considerado como uno de los principales municipios del estado de Morelos por varias razones: por su ubicación espacial, sus características biofísicas, sus antecedentes históricos y por la presencia de diversos movimientos civiles enmarcados principalmente en la lucha por la tierra y la protección de sus recursos naturales, además de ser considerado uno de los municipios más ricos en cuestión de cultura y tradición (Hernández, 2002). Por estas y otras razones se han realizado diversas investigaciones, principalmente de tipo antropológicas sobre este lugar ¹⁸.

A continuación se hará un breve recorrido por algunos de los procesos sociales por los que ha atravesado este municipio provocando que este lugar se encuentre en una constante reestructuración de sus espacios y actividades considerados como rurales.

Uno de los primeros factores fue la construcción de la carretera México-Cuernavaca en 1936, lo cual permitió que en ese año se diera una mayor integración de algunos territorios. La construcción de dicha infraestructura implicó la reestructuración y descentralización de los medios de producción, tanto de actividades eminentemente agrícolas como de actividades industriales y de servicios, entre ellas las actividades turísticas (Salazar, 2002).

¹⁸ Al respecto se puede consultar: Redfield, 1930; Lewis, 1968; Lomnitz, 1982; Rosas, 1997; Velázquez, 2009; Concheiro, 2012.

Posteriormente, durante el sexenio de Miguel de la Madrid (1982-1988), y de la administración del gobierno estatal de Morelos a cargo de Lauro Ortega Martínez, durante el mismo periodo, se produjo un crecimiento significativo de fraccionamientos, casas de vacaciones o de fines de semana. En 1983, en Tepoztlán existían 60 000 lotes, distribuidos en 460 fraccionamientos, estimando que el 65% era ocupado únicamente los fines de semana (Velázquez, 2009).

Uno de los rasgos que caracteriza a Tepoztlán, desde finales de los años ochenta, es el arribo constante de habitantes nuevos. La movilidad en su mayoría es de personas de clase media y alta de la Ciudad de México (Ibid), la cual no sólo ha influido en el crecimiento urbano sino en las relaciones políticas y culturales internas del pueblo.

Aunado a esto, durante 1992, se libera la propiedad ejidal por la modificación que tiene el art. 27° constitucional, y a partir de esto se da paso a un mercado de tierras formal y legalmente constituido, en donde los campesinos pueden vender sus tierras. Este hecho, más la presión por la propia crisis estructural que vive el campo mexicano hace hoy día la diferenciación marcada entre los anteriormente denominados “espacios rurales” y “espacios urbanos”. Las figuras 7 y 8 muestran rastros de la poca agricultura que existe en la zona y que se encuentra en las zonas periféricas del municipio.



Fig. 7 y 8. Propiedades ejidales dedicadas al cultivo de agave y jitomate, Tepoztlán, Morelos. (Quiroz, 2013)

Durante 1995, se propuso la creación de un Club de Golf, un Mega Proyecto que estaría asentado en el Parque Nacional el Tepozteco. La construcción de este proyecto implicaría no sólo la transformación del aspecto físico de la zona, sino también tendría implicaciones ecológicas

como la disminución de la calidad y cantidad del agua, el empobrecimiento y la contaminación de los suelos, la extinción de flora y fauna silvestre, además de la desintegración de actividades económicas tradicionales, migración, procesos de crecimiento poblacional y urbano, falta de servicios, segregación, entre otros (Munguía y Castellanos, 1997).

Fue así que comenzó un movimiento de lucha y de protesta por parte los habitantes del municipio de Tepoztlán en contra de la construcción del proyecto del campo de Golf. Este movimiento eventualmente evitaría la construcción de dicho proyecto. Como consecuencia, se despertó un gran interés por conservar la naturaleza entre la población local, surgiendo así organizaciones ambientalistas que han impulsado diferentes proyectos para rescatar la reserva ecológica (Velázquez, 2008).

Otro de los factores que influyo en el incremento de la actividad turística en el municipio fue la introducción del programa de Pueblos Mágicos en donde el propósito era contribuir a la revaloración de un conjunto de poblaciones del país que siempre habían permanecido en el imaginario colectivo de la nación y que representaban alternativas diferentes para los visitantes nacionales y extranjeros.

Así durante 2002 Tepoztlán fue declarado en esta categoría, sin embargo, en 2009 Tepoztlán fue excluido de esa categoría por no haber cumplido con los Indicadores de desempeño y con los criterios de certificación del programa, los cuales incluían el involucramiento con la sociedad, la seguridad del destino y el fomento de nuevas empresas, entre otros, además de la venta excesiva de alcohol y la proliferación de comercio informal¹⁹. Pero en junio de 2010, Tepoztlán fue el único (de los tres pueblos sancionados a nivel Federal) que logró recuperar la distinción de “Pueblo Mágico”, ya que disminuyó la venta de alcohol y comenzaron a implementar acciones para mejorar la imagen del pueblo, volviendo a recibir el presupuesto asignado a los pueblos que pertenecen a esta categoría.

Esta serie de acciones de mejora en la imagen del pueblo, han comenzado a adentrarse en la comunidad tepozteca, transformando el espacio, no sólo en términos paisajísticos sino también en torno a las dinámicas sociales locales.

¹⁹ el ambulante pone en evidencia el desorganizado proceso de modernización en Tepoztlán

La falta de conducción de organismos estatales y de apoyo significativo al sector rural han llevado a los habitantes de la localidad a buscar nuevas opciones que se manifiestan en la reducción de la ocupación agrícola y en la incorporación de actividades terciarias, lo cual ha significado no sólo para las habitantes de Tepoztlán, si no para muchas localidades rurales de país, un proceso de adaptación (Salazar, 2002). Pero en junio de 2010, Tepoztlán fue el único de los tres que sancionaron que logró recuperar la distinción de Pueblo Mágico, ya que disminuyó la venta de alcohol, y de esta manera, volvió a recibir los apoyos monetarios por este concepto (ocho millones de pesos anuales).

Esta serie de acciones de mejora en la imagen del pueblo, han comenzado a adentrarse en la comunidad tepozteca, transformando el espacio, no solo en términos paisajísticos sino también en torno a las dinámicas sociales locales. Evidentemente la falta de conducción de organismos estatales y de apoyo significativo al sector rural han llevado a los habitantes de la localidad a buscar nuevas opciones que se manifiestan en la reducción de la ocupación agrícola y en la incorporación de actividades terciarias, lo cual ha significado no solo para las habitantes de Tepoztlán, si no para muchas localidades rurales de país, un proceso de adaptación (Salazar, 2002).

Aunado a esto, durante el 2013 ha comenzado un nuevo conflicto del pueblo, en esta ocasión en contra de la ampliación de la autopista México-Cuautla, la cual, de acuerdo con los comuneros, dividirá las localidades de Santa Catarina, San Andrés de la Cal, Ocotitlán, Amatlán, Ecatepec, Jilotepec y Santiago Tepetlapa, destruirá especies vegetales y animales protegidas de la región; y violará la protección ecológica otorgada al Parque Nacional del Tepozteco.

Así pues analizando el caso de Tepoztlán, podemos identificar como es que los espacios rurales están pasando por un proceso de diversificación ocupacional, en el que se identifican diferentes actividades ligadas al autoconsumo, la compraventa de productos, la migración temporal y en menor grado la agricultura. Estos elementos han transformado el patrón de actividades así como la organización de sus espacios, manteniendo algunas de sus actividades tradicionales, pero también llevando a cabo actividades que se relacionan directamente con el proceso de urbanización.

A manera de resumen y para concluir este capítulo es importante mencionar que el objetivo de este capítulo fue contextualizar el problema de la definición de lo rural y a partir de esto sentar la base teórica de esta investigación. Analizar e Identificar las características de las dinámicas socio territoriales de Tepoztlán y de la composición de sus espacios rurales, permitirá desarrollar Programas y Políticas Públicas a favor del municipio, por ello entender la concepción de lo rural en México y proponer nuevos instrumentos de caracterización de lo rural resulta muy pertinente.

*Capítulo 3.
Delimitación
espacial y
representación
de las localidades
rurales*

3.1. Introducción

El presente capítulo constituye la propuesta metodológica para alcanzar el objetivo que se planteó en la investigación, es decir, integrar información tipo vector y tipo raster para delimitar y caracterizar el espacio rural del municipio de Tepoztlán. En el primer apartado se presentan una descripción de las diferentes fuentes de información para continuar con la delimitación de los espacios rurales fraccionada en dos secciones, la primera se basa en la representación espacial con base en información censal y vectorial de INEGI (2010) y la segunda, en donde se integran los datos que proporciona la percepción remota.

Como ya se mencionó anteriormente la base teórico metodológico que retoma esta investigación es la propuesta realizada por Cloke (véase Cloke, et al. 2006), en donde se definieron los espacios rurales como: asentamientos pequeños (por la relación que existe entre la superficie construida y su relación con el paisaje) y en donde predominan los usos de suelo extensivos con actividades primarias (Cloke, et al. 2006: 20). Con la intención de definir el uso de suelo relacionado con lo rural.

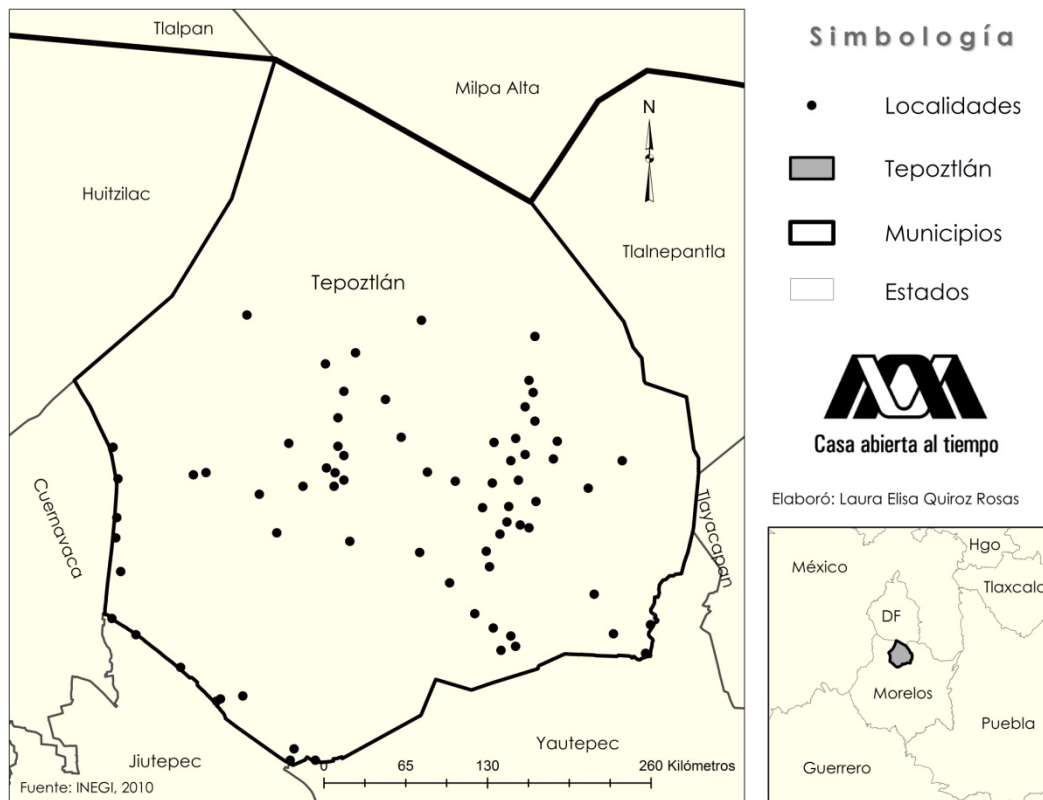
3.2. Fuentes de información

3.2.1. Información Vectorial

La delimitación de los espacios rurales se realizó a partir de la definición de localidad, establecida por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). La concepción de localidad tiene una fuerte relación con lo local y se define como aquel lugar, circunscrito a un municipio o delegación, el cual se encuentra ocupado por una o más viviendas, las cuales pueden estar habitadas o no. Este lugar es reconocido por un nombre dado por la ley o costumbre (INEGI, 2013).

La base de datos que se utilizará es la llamada *ITER*, la cual fue desarrollada a partir de 1990 por el INEGI, la cual presenta los resultados por localidad a través de un conjunto de indicadores de población y vivienda de todo el país, en donde el propósito principal es mostrar la información estadística proveniente de los Censo de Población y Vivienda del 2010 (Anexo 1).

Además de poder extraer la información estadística del *ITER*, el INEGI desarrolló la visualización de localidades mediante un *SIG* de información vectorial, la cual muestra la ubicación espacial con coordenadas geográficas de cada localidad, en este visualizador es posible identificar el problema en la delimitación de localidades por parte de INEGI, pues esta información se encuentra en formato punto, lo que indica únicamente su posición dentro del municipio mas no la superficie que ocupa (Mapa 2).



Mapa 2. Localización de las localidades urbanas y rurales del municipio de Tepoztlán (INEGI, 2010).

3.2.2. Información Raster

3.2.2.1. Características de la imagen

La imagen satelital fue una imagen tipo SPOT 5 que se obtuvo mediante una solicitud enviada a la ERMEX (Estación de Recepción México, institución encargada de la antena para recibir y distribuir las imágenes de satélite de todo el país). Estas imágenes son producidas por la compañía francesa SPOT (Système Probatoire d'Observation de la Terre) con la colaboración de Suecia y Bélgica. El sistema SPOT es una fuente permanente de información geográfica. Se encuentra en operación desde 1986, fecha en que fue lanzado el primer satélite, el SPOT 1.

Actualmente los satélites 1, 2 y 3 están inactivos, los SPOT4 y 5 aún se encuentran en órbita, aunque se prevé el término de su vida útil en el año 2012 y 2015, respectivamente. Las imágenes SPOT permiten observar vastas extensiones de la superficie terrestre, a una escala muy precisa (hasta 1:10 000). Son útiles para estudios de cartografía, defensa, agricultura, planificación urbana y telecomunicaciones (INEGI, 2013).

Una sola imagen SPOT abarca una superficie de 3, 600 km². Al momento, el archivo SPOT cuenta con más de 20 millones de imágenes y cubre varias veces la casi totalidad del globo terrestre. Su campo amplio de observación, es de (60 km x 60 km) y la multirresolución que ofrece una gama completa de imágenes con una resolución de 20 m a 2,5 m, les permiten adaptarse para trabajos a escala local o regional (de 1:100 000 a 1:10 000). Estas imágenes contribuyen a observar y analizar los fenómenos de cambio del territorio y asimismo a comprender de la mejor manera posible los cambios producidos en zonas de gran extensión o en sitios específicos precisos (INEGI, 2013).

La imagen SPOT 5 que se utilizó para esta investigación el del 21 de mayo de 2012. Este tipo de imágenes actualmente manejan una resolución de 10 m, es decir, cada uno de los píxeles que componen la imagen representan 10 metros del espacio geográfico, cuenta con cuatro bandas espectrales, las cuales se muestran gráficamente en la Fig. 9, y cada una de estas bandas por sus características espectrales brinda la posibilidad de capturar diversas formas del terreno (en la Tabla 3 se muestran algunas de ellas).

En términos generales, las imágenes SPOT actualmente representan imágenes de bajo costo y de gran disponibilidad, lo cual hace que se facilite su aplicación.

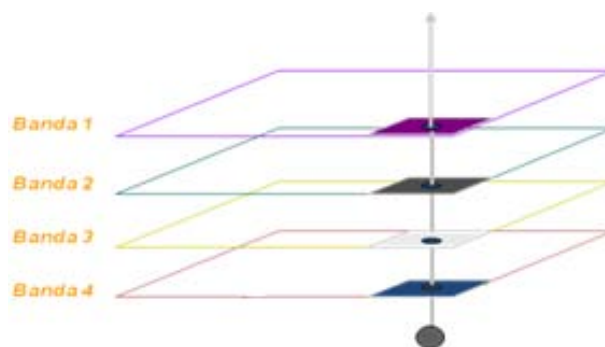


Fig. 9 Bandas espectrales que conforman una imagen SPOT 5.

Tabla 3. Características y potencialidades de las bandas que componen una imagen SPOT 5.

| Número de banda | Características |
|---|--|
| Banda 1: (0.50 a 0.59 micrones - verde -) | Especialmente diseñada para evaluar el vigor de la vegetación sana, midiendo su pico de reflectancia (o radiancia) verde. También es útil para diferenciar tipos de rocas y, al igual que la banda 1, para detectar la presencia o no de limonita. |
| Banda 2: (0.61 a 0.68 micrones - rojo -) | . Es una banda de absorción de clorofila, muy útil para la clasificación de la cubierta vegetal. También sirve en la diferenciación de las distintas rocas y para detectar limonita. |
| Banda 3: (0.78 a 0.89 micrones – infrarojo cercano -) | Es útil para determinar el contenido de biomasa, para la delimitación de cuerpos de agua y para la clasificación de las rocas. |
| Banda 4: (1.58 a 1.75 micrones - infrarojo medio -) | Especialmente seleccionada por su potencial para la discriminación de rocas y para el mapeo hidrotermal. Mide la cantidad de hidróxilos (OH) y la absorción de agua. |

3.2.2.2. Resolución

En esta sección se abordarán principalmente las cuestiones de la escala espacial como un referente importante para analizar diversos fenómenos sobre el territorio. En general los datos de percepción remota no cuentan con una escala como en el caso de los datos vectoriales, es decir, la información que nos proporcionan las imágenes raster se encuentra basada en sus diferentes tipos de resolución, las cuales como se menciona líneas arriba, consisten en resolución tipo espectral, temporal, espacial y radiométrica. Identificar el tipo de resolución de nuestra imagen permitirá, relativamente con mayor facilidad, la interpretación en términos fotogramétricos para el análisis de fenómenos sobre el territorio.

El manejo de la escala proporciona una capa de base necesaria para la digitalización y análisis dentro de un Sistema de Información Geográfica. La resolución que se utiliza más frecuentemente para investigaciones sociales es aquella que proporcionan los sensores de media resolución como son Landsat Thematic Mapper y SPOT, con aproximadamente 10-30 metros del suelo. Resoluciones menores como AVHRR (1 Km), normalmente son utilizadas para análisis de gran escala de los países o regiones en donde los fenómenos a observar no requieren una resolución tan precisa. Y resoluciones muy finas como IKONOS y QuickBird (1 m aprox.), son utilizadas principalmente para procesos urbanos o naturales (Longley, 2002 citado en De Sherbinin, et al. 2002).

También es importante considerar que un sensor de resolución más alta tiende a reflejar con más precisión el alcance real de la cobertura de la tierra y por ende produce un mayor número de clases. Una menor resolución espacial reflejará la clase más dominante y un número menor de clases. Por esta razón es necesario determinar qué escala se trabajará y cuál es la resolución a la que se obtendrán resultados óptimos para el fenómeno que nos interesa, además de considerar los tiempos y costos en el procesamiento de los datos.

Por ello, las imágenes SPOT 5 utilizadas para este estudio resultaron ser el sensor “ideal” para el manejo y análisis de la información. Para hacer más claro este punto, en la Tabla 4, se muestran diferentes tipos de sensor, sus resoluciones y el costo aproximado por m².

Tabla 4. Análisis de los diferentes Sensores Remotos (Metternich, 2003).

| Sensor | Resolución espacial (m) | # de bandas espectrales | Tipo de sensor |
|-------------------|---|-------------------------|----------------|
| Landsat 7 ETM+ | 30(1-5) 60(2) 15 (pan) | 7 | pasivo |
| SPOT 5 | 10 (pancromática) 20 (multiespectral) | 4 | pasivo |
| IRS 1C y 1D | 5.8 (pancromática) 23.5 (multiespectral) | 3 | pasivo |
| IKONOS | 1(pancromática) 4 (multiespectral) | 4 | pasivo |

3.3. Criterios para la definición de localidades

Como ya se menciona anteriormente, el espacio rural del que parte esta investigación es el de localidad, el cual consiste en aquel lugar en donde se encuentran una o más viviendas (INEGI, 2010). Al hablar de localidades, es importante hacer la distinción entre localidades urbanas y rurales, esto en base al número de habitantes (2,500) -única distinción que realiza el INEGI para diferenciarlas-.

Para medir en términos cuantitativos “si una localidad es de orden bajo” tal como lo menciona la base teórica en que se basa esta investigación para definir un espacio rural, fue necesario incluir otro criterio además del número de habitantes. Este consiste en calcular la densidad de la población en el entorno local, el cual se obtiene al dividir el número de habitantes por Km².

Sin embargo, para obtener este dato fue necesario primero la construcción de la superficie de cada localidad, tanto urbanas (tres) como rurales (69) del municipio de Tepoztlán para así obtener el dato en Km² (Tabla 5). La construcción de la superficie permitirá generar datos que anteriormente no podían calcularse debido al formato que presentaba INEGI para representar las localidades.

Tabla 5. Datos obtenidos a partir del ITER, 2010 con variables del Censo de Población y Vivienda 2010.

(Se muestra ejemplo con diez localidades. Versión completa en anexo 1).

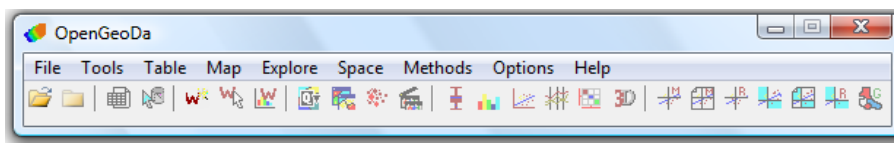
| CLAVE | NOMBRE DE LOCALIDAD | LONGITUD | LATITUD | ALTITUD | POB. TOTAL |
|-----------|-------------------------|----------|---------|---------|------------|
| 170200001 | Tepoztlán | 0990559 | 185907 | 1703 | 14130 |
| 170200002 | Colonia Ángel Bocanegra | 0990147 | 185535 | 1263 | 1235 |
| 170200003 | Amatlán de Quetzalcóatl | 0990211 | 185844 | 1634 | 1029 |
| 170200004 | Ixcatepec | 0990425 | 185822 | 1651 | 786 |
| 170200005 | San Andrés de la Cal | 0990652 | 185725 | 1483 | 1383 |
| 170200006 | Santa Catarina | 0990825 | 185811 | 1623 | 4521 |
| 170200007 | Santiago Tepetlapa | 0990435 | 185758 | 1571 | 847 |
| 170200008 | Santo Domingo Ocotitlán | 0990341 | 190046 | 2072 | 1541 |
| 170200009 | San Juan Tlacotenco | 0990538 | 190102 | 2378 | 1890 |
| 170200010 | Colonia Obrera | 0990220 | 185554 | 1279 | 1316 |

Ahora bien, debido a que el dato de densidad depende en gran parte de la unidad de análisis, es decir, el tamaño del polígono que delimita su espacio y tamaño de la población, fue necesario un análisis previo para seleccionar las localidades útiles para este estudio. Para ello se definieron dos criterios para su selección, los cuales consisten en: **distancia** a otras localidades y **número de habitantes** por localidad. Estos criterios han demostrado ser indicadores adecuados para la identificación y medición del componente espacial de lo rural (González y Larralde, 2013).

Esta selección se realizó mediante la ubicación espacial de los 72 puntos que representan la totalidad de las localidades del municipio de Tepoztlán, de acuerdo con las coordenadas de latitud y longitud marcadas oficialmente por el INEGI. Para seleccionar las

localidades de acuerdo al primer criterio que es **distancia** a otras localidades, se generó una matriz de distancias entre un punto y otro con ayuda del software *OPEN GEODA* (Tabla 6), considerándose únicamente aquellas localidades que presentaban una distancia mayor a 300 m con respecto a otras localidades²¹, presentándose únicamente nueve casos en donde la distancia entre localidades fue menor.

Tabla 6. Matriz de Distancias.



| CVE_LOC 1 | CVE_LOC2 | Millas | Metros | Kilómetros |
|-----------|-----------|-------------|--------|------------|
| 170200113 | 170200097 | 0.082999625 | 133.57 | 0.13 |
| 170200097 | 170200113 | 0.082999666 | 133.58 | 0.13 |
| 170200039 | 170200077 | 0.172469423 | 277.56 | 0.28 |
| 170200077 | 170200039 | 0.172469423 | 277.56 | 0.28 |
| 170200074 | 170200092 | 0.186424312 | 300.02 | 0.30 |
| 170200092 | 170200074 | 0.186424312 | 300.02 | 0.30 |
| 170200046 | 170200075 | 0.205375040 | 330.52 | 0.33 |
| 170200075 | 170200046 | 0.205375040 | 330.52 | 0.33 |
| 170200074 | 170200081 | 0.213971002 | 344.35 | 0.34 |
| 170200081 | 170200074 | 0.213971010 | 344.35 | 0.34 |

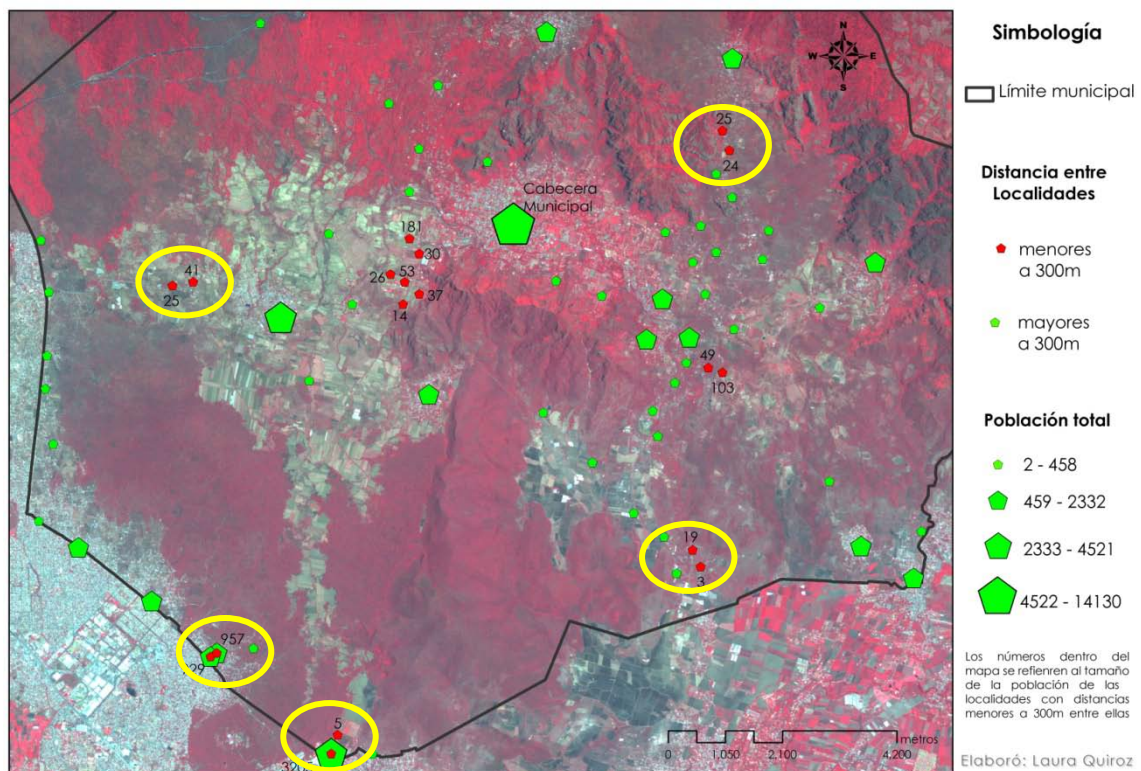
Una vez ubicados espacialmente los puntos de las localidades “muy cercanas”, se aplicó el segundo criterio, **número de habitantes** por localidad (únicamente en los nueve casos que resultaron del proceso anterior) en donde se seleccionó aquella localidad con el mayor número de habitantes, agregándole posteriormente este dato de la localidad más cercana. Este proceso se realizó considerando la relación que existe entre el tamaño de la localidad y su proximidad, la cual sugiere que una parte de las localidades pequeñas, en proximidad, mantienen una relación funcional al menos con la localidad vecina más cercana, especialmente cuando ésta es muy pequeña y se encuentra muy cerca de una de mayor tamaño. Esta agregación, permitió además no perder información sobre el número de personas que habitan dichas localidades.

²¹ El criterio de distancia se realizó a partir de un análisis previo ubicando espacialmente el total de localidades del municipio y las distancias que presentaban entre ellas.

En el Mapa 3, se muestra la ubicación espacial de los nueve casos de los puntos de las localidades que presentaban distancias menores a los 300 m y sus respectivos datos de población. Una vez realizado este proceso, resultaron finalmente 63 puntos, de las cuales tres de ellos son consideradas como puntos de localidades urbanas y 60 como puntos de localidades rurales de acuerdo con la clasificación del INEGI.

A partir de este punto existe una primera diferenciación con los datos reportados por el INEGI para diferenciar las localidades rurales, pues no existe un criterio de distancia para la definición y el establecimiento entre localidades.

Cabe mencionar que a pesar de que el objetivo del trabajo es caracterizar las localidades rurales, también se incluyeron los tres casos de localidades urbanas, puesto que en términos generales el municipio está considerado como un municipio rural, además de que esto permitirá identificar mejor una localidad rural de una urbana.

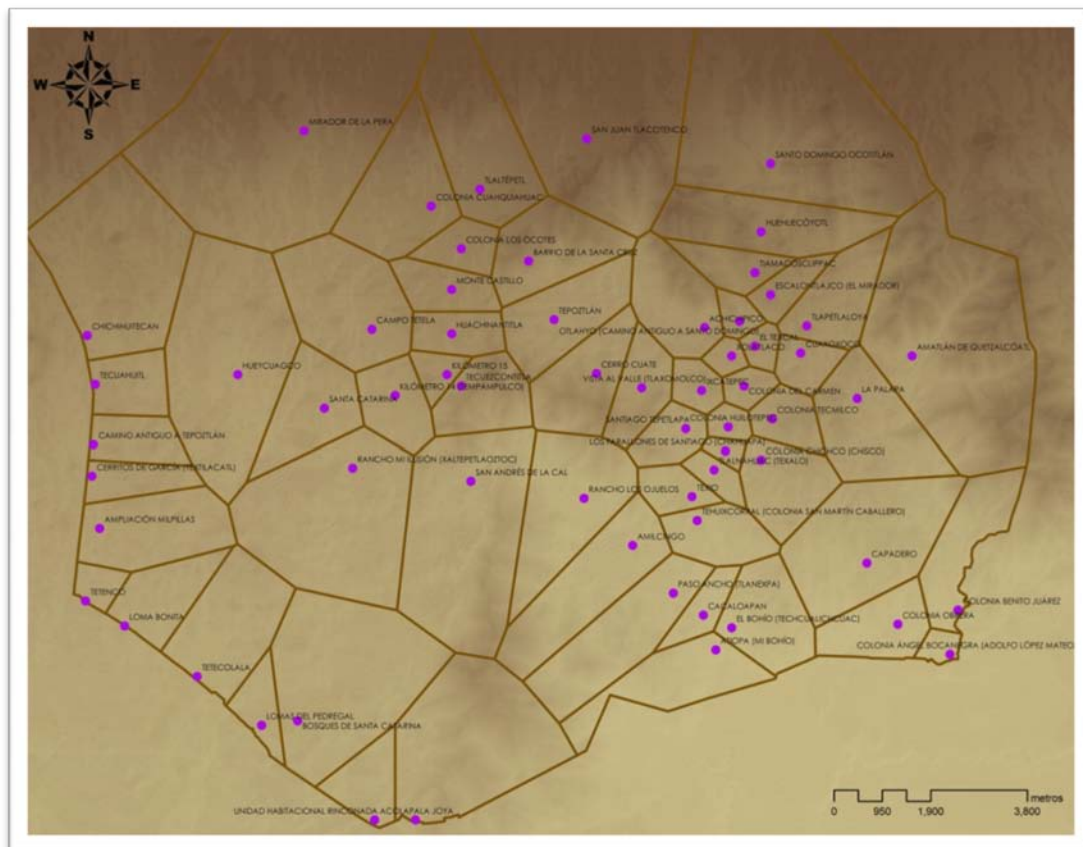


Mapa 3. Ubicación espacial de las localidades urbanas y rurales del municipio de Tepoztlán (INEGI, 2010).

3.4. Vectorización de las localidades rurales

Una vez seleccionados los puntos de las localidades que cumplen con los criterios mencionados anteriormente, se procedió a construir el dato de superficie. Para ello se utilizó la técnica de Thiessen, la cual consiste en la partición del plano euclidiano mediante la utilización un método de interpolación el cual se basa en la distancia euclidiana, en donde se unen los puntos entre sí, obteniendo un límite espacial y trazando mediatrices.²² Las intersecciones entre estas mediatrices determinan una serie de polígonos alrededor de un conjunto de puntos de control, de manera tal que el perímetro de los polígonos generados sea equidistante a los puntos vecinos y designe su área de influencia. (Moreno, 2008).

Dicho procedimiento se realizó con el software de Arc GIS 10, y en el Mapa 4 se muestra el resultado de la creación de los polígonos de Thiessen, utilizando como límite espacial, el polígono del municipio de Tepoztlán, el cual se descargó de la página oficial del INEGI.



Mapa 4. Construcción de 63 polígonos de Thiessen cada una de las localidades del municipio de Tepoztlán.(Elaboración propia, 2013)

²² Mediatriz. s. f. Recta perpendicular a un segmento que se traza por su punto medio. Diccionario Manual de la Lengua Española (Larousse, 2007).

A partir de este momento el dato de las 63 localidades se transformó de entidad vectorial pasando de formato punto a formato polígono, permitiendo hacer el cálculo de densidad por localidad, además de que este nuevo formato será de utilidad en la siguiente sección en donde se introducen datos raster mediante la introducción de la percepción remota para la identificación de los diferentes usos de suelo. A partir de esto se obtuvo una tabla de datos con los registros que incluyen cada una de las localidades seleccionadas (Anexo 2).

3.5. Rasterización de las localidades rurales

En esta sección se utilizará la información generada a partir de la incorporación de la percepción remota para identificar los espacios rurales en donde predominan los usos de suelo extensivos. Ahora bien con el objetivo de identificar las diferentes formas de uso de suelo de las localidades que componen el municipio de Tepoztlán, se incorpora además la información vectorial de los polígonos de las localidades que se obtuvieron anteriormente. Cabe mencionar que a la imagen obtenida se le aplicaron técnicas de clasificación supervisada y no supervisada las cuales se explicarán a continuación.

3.5.1. Técnicas de clasificación

La técnica de clasificación que se aplica a las imágenes satelitales tiene como base metodológica la asignación de un objeto o fenómeno físico a una categoría o clase específica, esta es una técnica muy utilizada en diversos campos, principalmente para el reconocimiento de patrones dentro de un espacio geográfico. La aplicación de este tipo de técnicas nos permitirá agrupar muestras de acuerdo a diversos criterios y métodos.

Existen dos técnicas de clasificación de imágenes: supervisada y no supervisada, y cabe mencionar que con la finalidad de determinar las ventajas y desventajas de cada una de estas técnicas de clasificación se aplicaron ambos procesos.

No obstante, cabe decir que antes de comenzar con las técnicas de clasificación, fue necesario realizar un corte a la imagen SPOT 5, esto con el fin de obtener y acotar la información únicamente para el municipio de Tepoztlán. El procedimiento que se utilizó para realizar este corte de la imagen fue mediante la herramienta *extract* (obtenida a partir de *Spatial Analysis>extracción>extract by mask*) del software Arc GIS 10, con el objetivo de aplicar los procesos únicamente al polígono del municipio de Tepoztlán (Fig. 10).

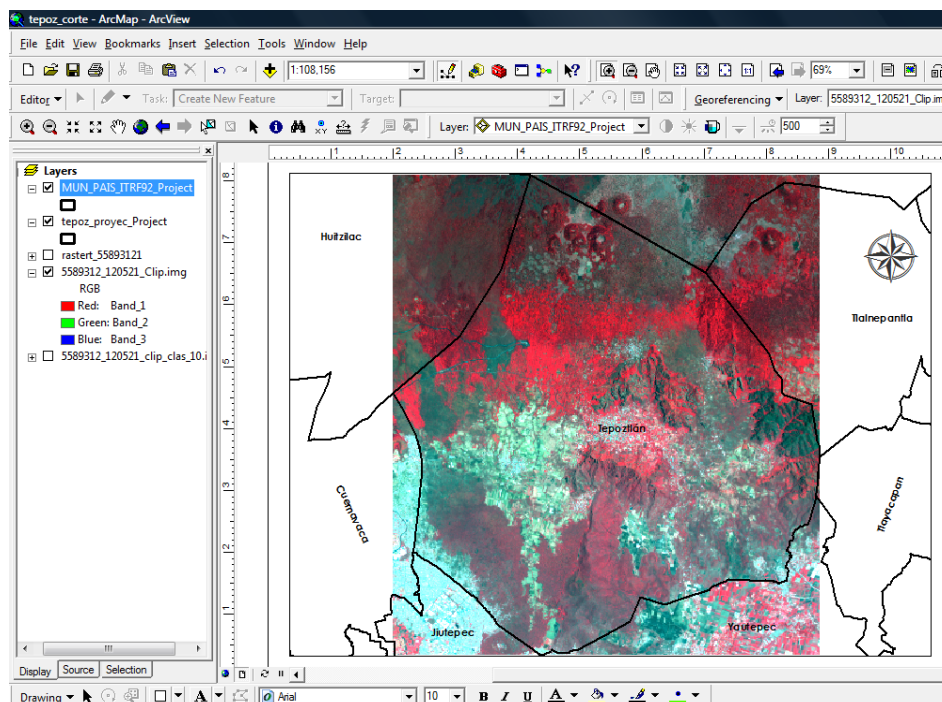


Fig. 10. Corte de la imagen de satélite con base al polígono del Municipio de Tepoztlán.

3.5.1.1. Clasificación no supervisada

En la técnica de clasificación no supervisada, cada una de las cuatro bandas espectrales que componen la imagen SPOT 5 es considerada como un eje del espacio hexadimensional, y cada píxel de la imagen (según su nivel de reflectancia), es colocado en la posición que le corresponde a dicho espacio. Al realizar este procedimiento, los píxeles que muestran mayor semejanza en sus valores de reflectancia en todas las bandas tienden a formar grupos en una región del espacio estadístico (Chuvieco, 2002). Los criterios para la creación de grupos son definidos por el usuario, es decir, número de grupos a crear, tamaño mínimo (en píxeles) del grupo, procedimiento para determinar la pertenencia a uno u otro grupo (distancia euclidiana, p.e.), distancia mínima entre grupos, variancia máxima de un grupo, etc.

Este procedimiento es iterativo, es decir, una vez que los grupos han sido creados, sus centros geométricos son recalculados y la asignación de los píxeles y reorganización de los grupos inicia de nuevo. El proceso se detiene cuando los cambios de posición de los centroides de los grupos se tornan “insignificantes” entre un ensayo de clasificación y el siguiente.

Es importante mencionar que las variaciones de posición se dan en el espacio estadístico que mide los niveles de reflectancia, los cuales no tienen nada que ver con el espacio geográfico (Hinton, 1996).

Procedimiento

Una vez realizado el corte de la imagen SPOT 5 se aplicó la técnica de clasificación no supervisada con ayuda del software ERDAS IMAGINE. Este procedimiento se realizó con diez, 15 y 20 clases respectivamente, con la finalidad de generar un número de clases tal, que no permitiera que se combinaran las clases por sus valores de reflectancia. En la Fig. 11, se muestra uno de los ejercicios elaborados para diez clases.

Debido a que la información resultante continúa siendo una imagen, es necesario transformar esta información a formato vector para facilitar su manejo e identificar si la definición de clases en las que se dividió el espacio estadístico de la imagen fueron las suficientes para diferenciar las clases que nos interesa analizar en el espacio geográfico.

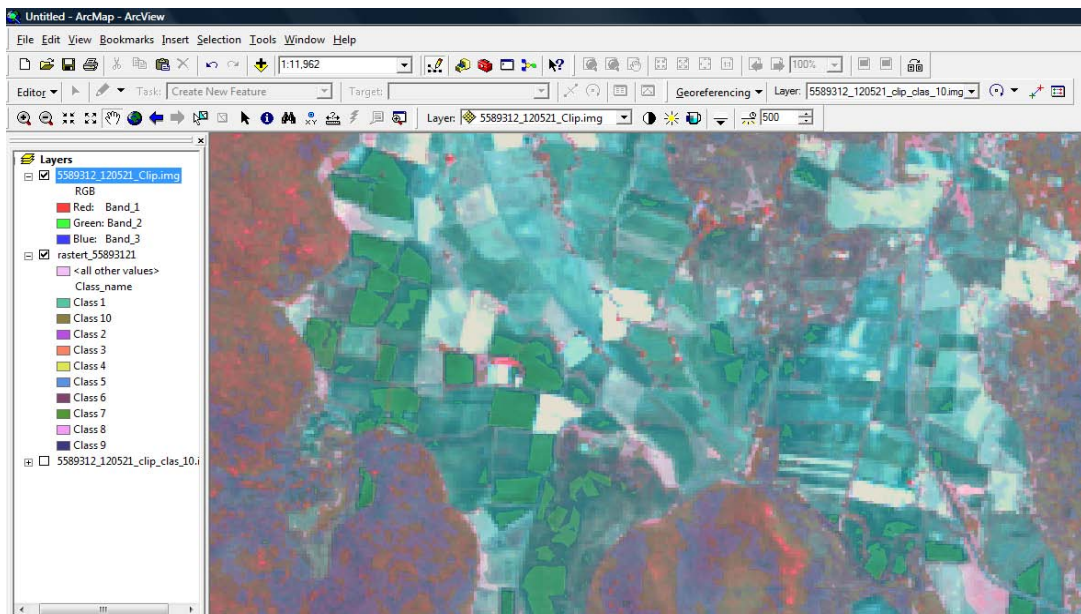


Fig. 11. Clasificación no supervisada con diez clases.

Vectorización de polígonos

Para cada uno de los ejercicios de clasificación no supervisada se transformaron los datos de formato raster a vector con la finalidad de contabilizar el área m² de cada una de las clases (Fig. 12). Una vez en formato vector, se identificó a qué tipo de uso de suelo correspondía cada una de las clases. Es importante destacar que este proceso no resultó útil ya que aún con la clasificación de 20 clases, los datos de reflectancia se confundían entre las clases establecidas anteriormente y no permitía una correcta clasificación.

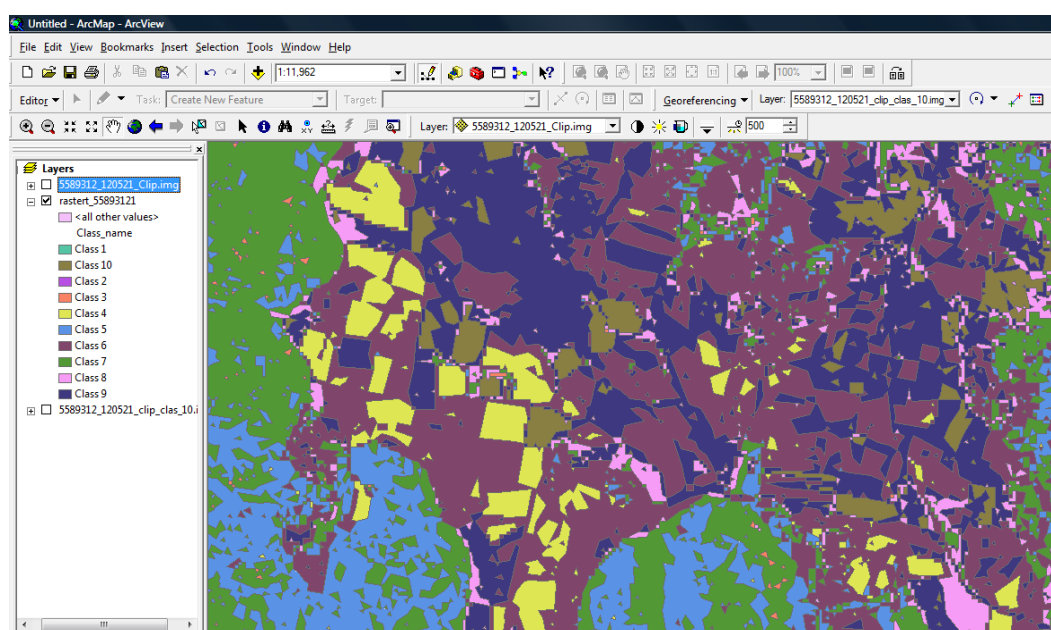


Fig. 12. Vectorización de polígonos con diez clases.

3.5.1.2. Clasificación supervisada

La técnica de clasificación supervisada es muy similar a la anterior, en el sentido de que los píxeles son asignados a grupos o clases; sin embargo, en este caso las clases son definidas con referencia al espacio estadístico, es decir, por una muestra de píxeles que el usuario considera “a priori” como suficientemente representativos de una clase particular de cobertura (bosque, pasto, agua, urbano, etc.). Esta muestra de píxeles definidos “a priori” se define como “muestras de entrenamiento” o “parcelas de control”, las cuales constituyen el marco estadístico para la clasificación multidimensional de todos los píxeles.

Además de definir las “parcelas de entrenamiento”, el usuario también debe escoger entre una serie de algoritmos que permiten asignar los píxeles a uno u otro grupo (clase). Entre los algoritmos más conocidos se encuentran el de máxima verosimilitud, caja multidimensional y distancia euclidiana (Chuvieco, 2002).

Procedimiento

El proceso de la clasificación supervisada se realizó con el software ERDAS IMAGINE en donde la selección de las “muestras de entrenamiento” se realizó en base a seis categorías establecidas anteriormente. La definición de las categorías de uso de suelo, se realizó a partir de un estudio de Análisis Espectral y uso de suelo con imágenes Landsat para el corredor Chichinautzin, Morelos (Vega, et al. 2008). En este estudio se obtuvieron once categorías entre las que se encontraban diversos tipos de vegetación, asentamientos urbanos, zonas de cultivo, etc.

El motivo de basar la definición de categorías en este estudio fue porque una parte de dicho corredor se encuentra localizado dentro del Municipio de Tepoztlán y aunque en este estudio realizan una diferenciación muy específica de los diferentes tipos de vegetación presentes en la zona (siete categorías), el objetivo de este trabajo no requiere tal definición de categorías, por lo que únicamente se consideró la clase como “vegetación natural”.

Resultando finalmente seis categorías para el uso de suelo de Tepoztlán, entre las que se encuentran: 1) vegetación natural; 2) suelo desnudo; 3) afloramiento rocoso; 4) cultivos sembrados; 5) cultivos no sembrados y 6) área construida. Con la finalidad de que la clasificación tuviera mejores resultados se realizaron varias muestras de entrenamiento para cada una de las seis clases establecidas (Tabla 7).

Tabla 7. Número de muestras de entrenamiento por categoría.

| Categorías | Clave | Número de muestras de entrenamiento |
|----------------------|-------|-------------------------------------|
| Vegetación Natural | VN | 50 |
| Suelo Desnudo | SD | 34 |
| Afloramiento Rocosos | AR | 12 |
| Cultivos Sembrado | S | 72 |
| Cultivo no sembrado | NS | 48 |
| Área construida | MU | 31 |

Dicho procedimiento generó un total de 247 clases diferentes, las cuales representan la sumatoria total de las semillas de entrenamiento. En la siguiente figura se muestran algunas de las clases con sus respectivos datos RGB. (Fig. 13).

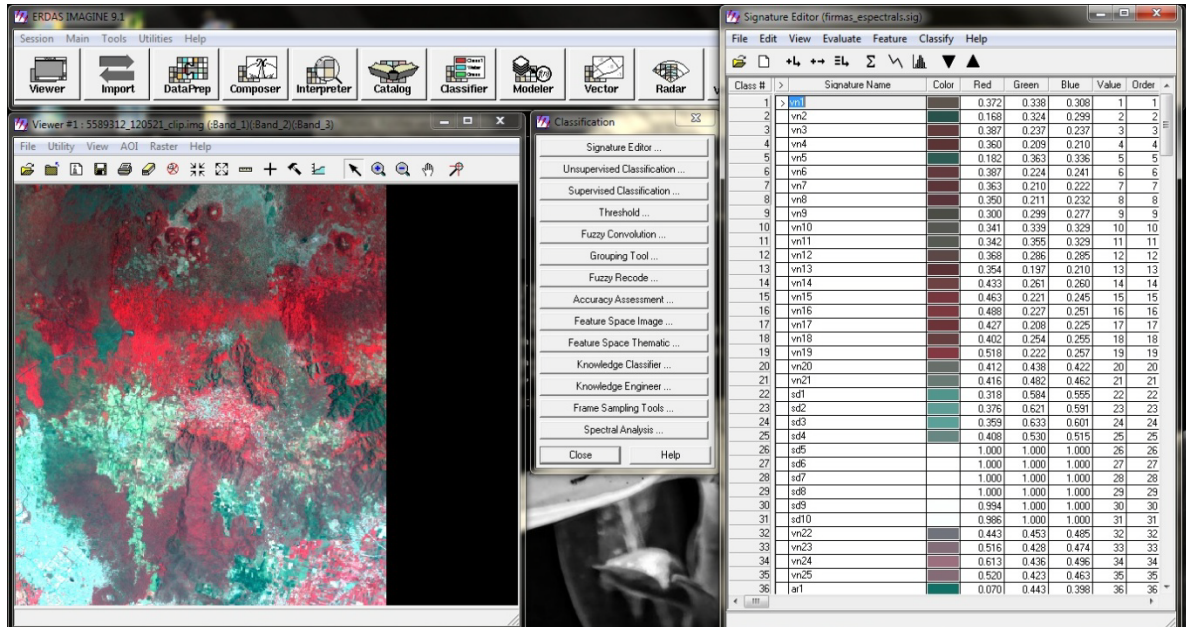


Fig. 13. Muestra de las clases generadas en la clasificación supervisada.

Los parámetros utilizados para realizar dicha clasificación fueron los parámetros del Maximun Likelihood (máxima verosimilitud), el cual es un algoritmo que a diferencia de otro clasificadores asume alguna distribución estadística particular para las clases consideradas (Fig. 14). El clasificador de máxima verosimilitud es uno de los más empleados en la clasificación supervisada y utiliza el modelo probabilístico de distribución gaussiana para formular sus reglas de decisión en la categorización de los píxeles. Los parámetros necesarios para el modelo, como la media y la matriz de covarianza se obtienen de los datos de las áreas de entrenamiento.

Vectorización de polígonos

Posteriormente al igual que en el proceso de clasificación no supervisada, se realizó la transformación de los datos de formato raster a vector, esto con la finalidad de contabilizar el área m² de cada una de las clases y determinar el área que ocupa cada una de las seis categorías en las localidades que integran el municipio de Tepoztlán (Fig. 14).

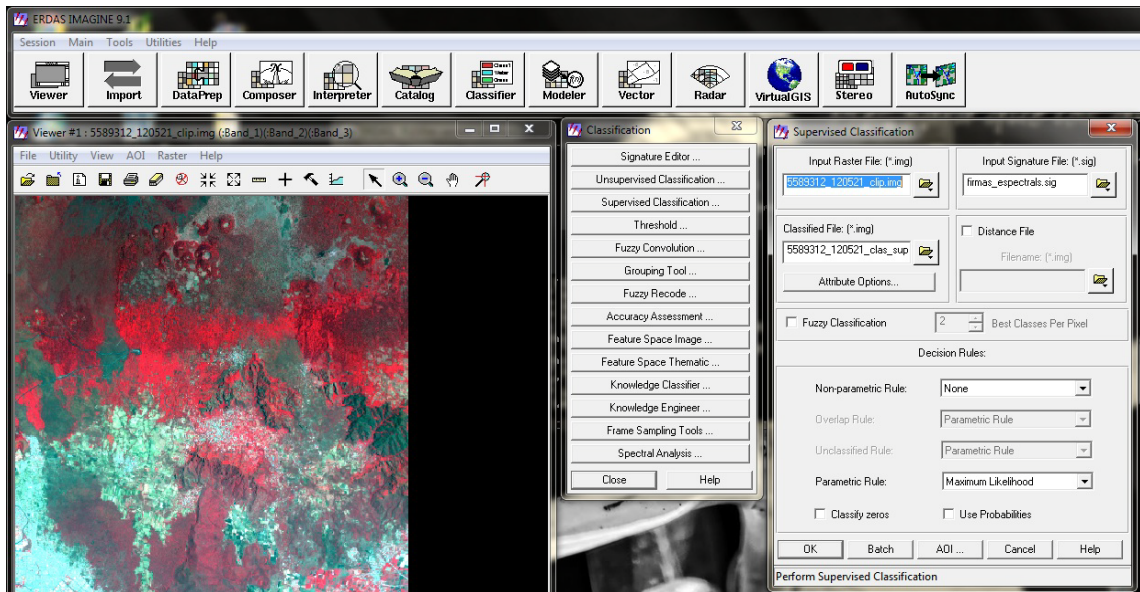


Fig. 14. Máxima verosimilitud aplicada en la clasificación supervisada.

Se obtuvieron datos del RGB para cada una de las firmas espectrales establecidas anteriormente, es decir, de las 247 clases que incluyen las seis categorías establecidas anteriormente (Fig. 15).

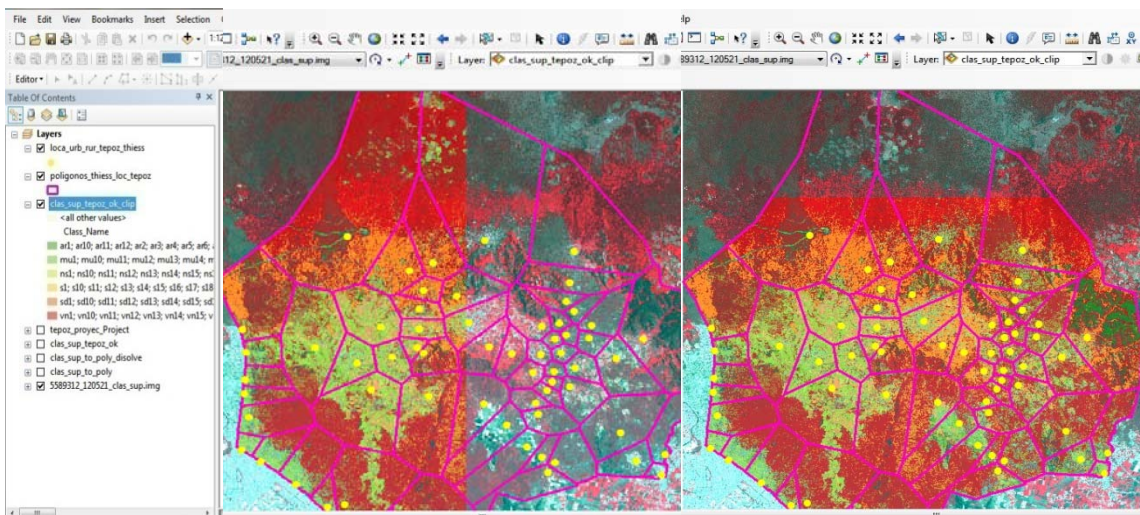


Fig. 15. Proceso de transformación de formato raster a vector en Arc Gis 10.

Posteriormente gracias a la herramienta INTERSECT del Arc GIS, se realizó un corte para cada uno de los 63 polígonos generados anteriormente, conservando los datos RGB del vector original (Fig. 16 y 17).

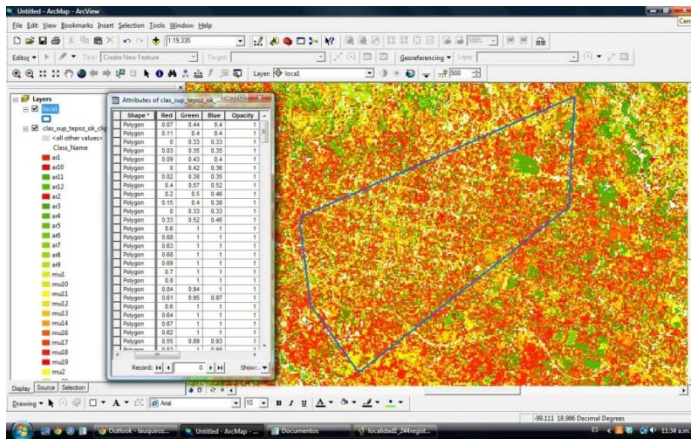


Fig. 16. Vectorización de la imagen con datos RGB.

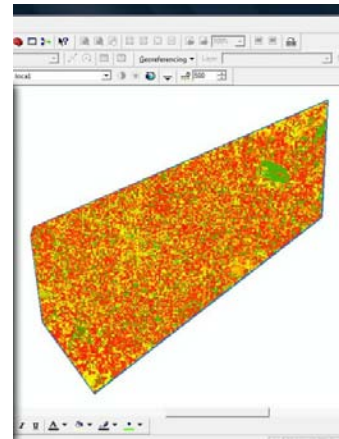


Fig. 17. Corte de la imagen por localidad.

Una vez que se contó con esta información por localidad se procedió a hacer una reclasificación, esto con la finalidad de fusionar los 247 registros y contar únicamente con la información de las seis categorías generadas. Cabe mencionar que este proceso no se realizó anteriormente para todo el municipio, debido a que al realizar estas operaciones se pierde la información de los datos RGB, la cual puede ser útil en alguna futura investigación.

El procedimiento de reclasificación se realizó mediante la herramienta DISOLVE del Arc GIS, con la finalidad de que todos los registros se disuelvan y generen nuevos registros, resultando como ya se mencionó anteriormente, las seis categorías establecidas, en la Fig. 18 aparece como ejemplo la localidad 1, en donde se muestran las categorías establecidas y su proporción en m².

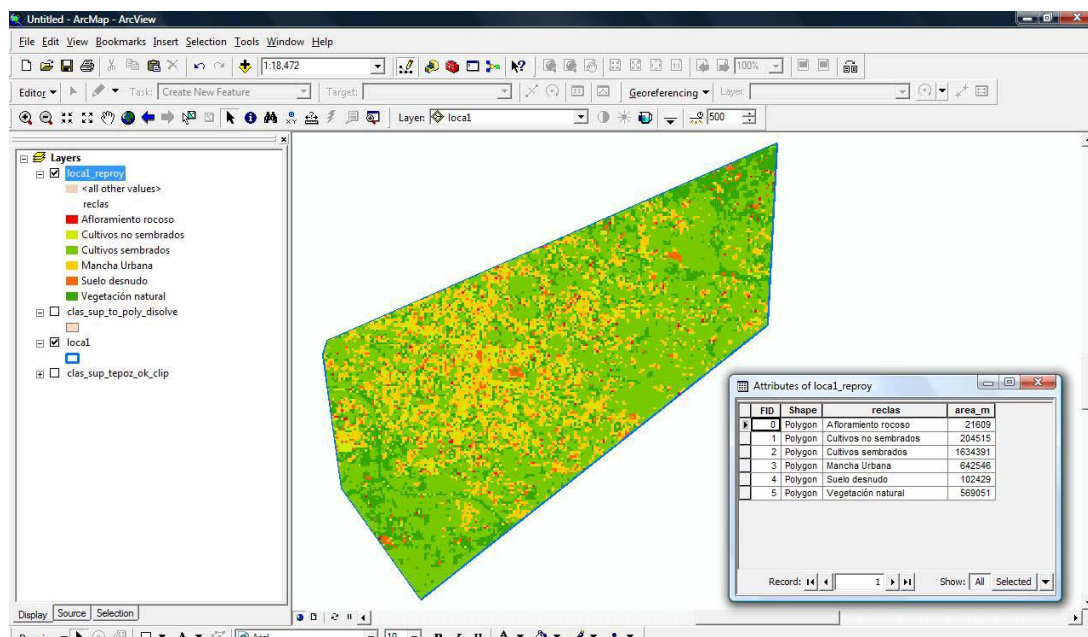


Fig. 18. Corte del polígono de la localidad 1 "Tepoztlán" con datos de área.

Una vez realizado este proceso se calculó el área en m², y este procedimiento se repite para las 63 localidades. Es importante mencionar que para realizar este proceso, el archivo debe tener una proyección en metros, ya que el programa no puede generar el dato si la proyección se encuentra en coordenadas geográficas. Por ello la proyección de todos los datos fue establecida en WGS84 UTM Z14N (Fig. 19).

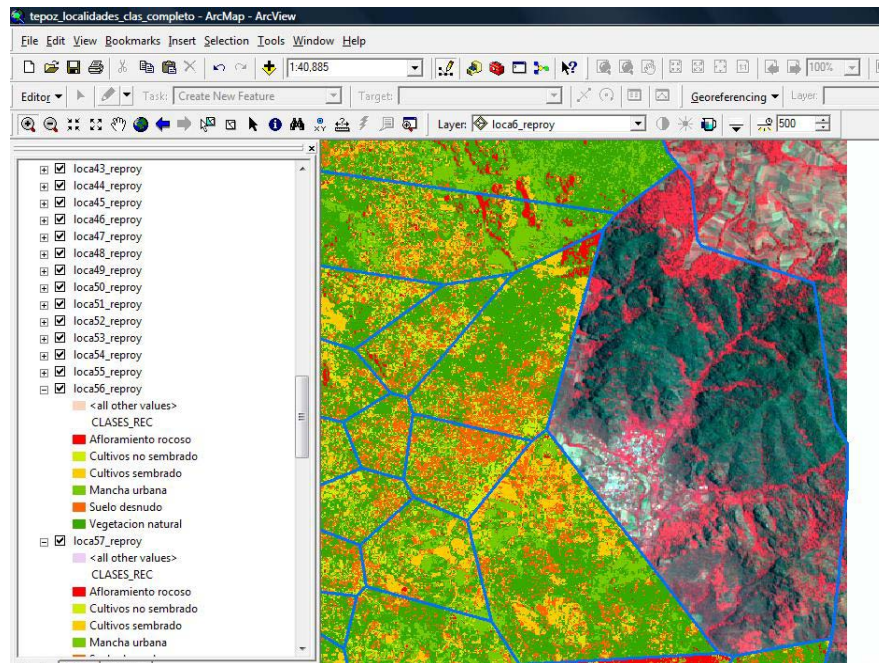


Fig. 19. Procedimiento realizado a las 63 localidades.

El primero se enfocó en definir los espacios rurales con base en la densidad poblacional por lo que se utilizaron variables como el tamaño de la población y la superficie de las localidades, la cual se construyó a partir de los polígonos de Thiessen, y la segunda sección definió el espacio rural con la integración de los sensores remotos con la finalidad de identificar las características del uso de suelo de las localidades de Tepoztlán.

A manera de resumen y para concluir este capítulo, es importante mencionar que aquí se realiza la propuesta metodológica para delimitar los espacios rurales con base en dos tipos de información diferentes pero complementarios: vector y raster.

Además de que esta propuesta considera además del número de habitantes, la construcción de la densidad poblacional, la cual se utilizará como otro elemento para la caracterización de los espacios rurales en el municipio de Tepoztlán.

Capítulo 4.

Caracterización

del espacio rural

4.1. Introducción

El presente capítulo contiene los resultados que se obtuvieron con base en la metodología anteriormente propuesta. Éstos se dividieron en tres partes, la primera consiste en la caracterización de las localidades con base en la información vectorial, a partir de los datos censales del Censo de Población y Vivienda (INEGI, 2010). En la segunda sección se presenta la caracterización de lo rural con base en información raster obtenida a partir de las imágenes de satélite en donde se muestran los datos de los usos de suelo del municipio y de cada una de las 63 localidades. Finalmente, en la tercera sección se realiza la integración de las diferentes fuentes de información a través de un análisis factorial y la elaboración de una tipología de las localidades rurales.

4.2. Caracterización de lo rural con base en la información vectorial

Esta sección tiene el objetivo de caracterizar los espacios rurales con base en información vectorial, la cual contiene los datos censales, por lo que para identificar si las localidades del municipio cumplen con las características de los espacios rurales, las cuales son: “asentamientos pequeños y de orden bajo” se propuso el cálculo de la densidad poblacional a nivel localidad. Para ello se consideraron las variables de: 1) *población total*, recabada de los datos del Censo de Población y Vivienda (INEGI, 2010) y 2) *de superficie por localidad*, obtenidos a partir de la creación de los polígonos de Thiessen.

Los resultados de la caracterización en base a la información vectorial se presentan en tres apartados: población total, superficie total y densidad poblacional, los cuales muestran a continuación.

4.2.1. Población total

- Localidades con menos de 2,500 habitantes

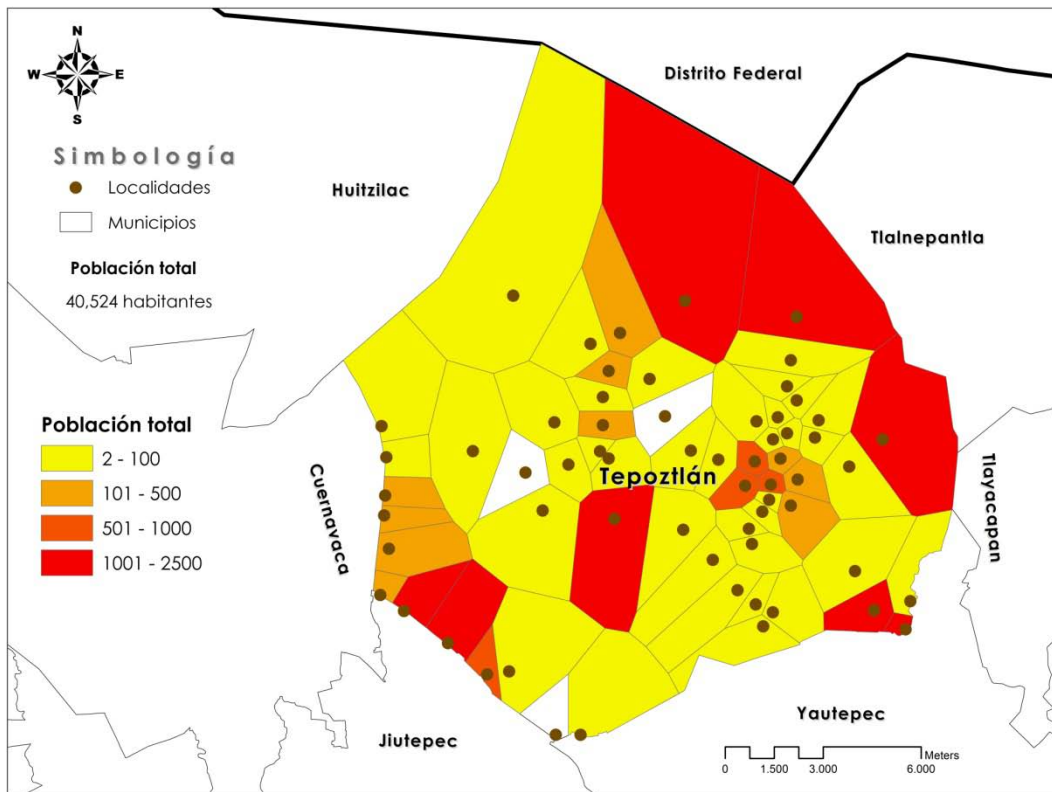
De las 63 localidades incluidas en el municipio de Tepoztlán, el 94% de estas son consideradas localidades rurales (60 localidades), esto por contar con menos de 2,500 habitantes (cifra oficial marcada por el INEGI para definir las localidades como urbanas o rurales). En la Tabla 8 se muestran los estadísticos descriptivos de los datos de población total.

Tabla 8. Estadísticos descriptivos de población de las localidades rurales (INEGI, 2010).

| Estadísticos descriptivos | | | | | |
|---------------------------|--------|--------|--------|-------|------------|
| | Mínimo | Máximo | Suma | Media | Desv. típ. |
| Población total | 2 | 2,332 | 19,768 | 329 | 572 |

La media de la población total para las localidades rurales es de 329 habitantes por localidad, presentándose valores máximos y mínimos dispersos ya que existen localidades que cuentan con menos de 10 habitantes como son: el Capadero, Mirador las Pera, Paso Ancho, Amilcingo, Cuaxoxoco, Rancho los Ojuelos, Rancho mi ilusión y Tiamacosclipac; y localidades que cuentan que cuentan con hasta 2,332 habitantes.

A partir de estos resultados podemos observar que existe un amplio rango de datos si consideramos únicamente la variable *población total* para definir los espacios rurales, explicando así el valor de la desviación estándar, el cual fue de 572, valor que representa el grado de dispersión de los datos con respecto al valor promedio de la población. En el Mapa 5 se muestra la ubicación espacial de las localidades con menos de 2,500 habitantes agrupados en cinco categorías.



Elaboración propia. Septiembre, 2013.

Mapa 5. Distribución espacial de las localidades con menos de 2,500 habitantes (INEGI, 2010).

El primer grupo encontramos 38 localidades que se encuentran en la categoría de 0 – 100 habitantes, representando el 60% del total de localidades del municipio. En la segunda categoría que va de los 101 a los 500 habitantes encontramos diez casos: Tetenco, Colonia del Carmen, Huachinantla, Colonia los Ocotes, Tlaltépetl, Colonia Chisco, Ampliación Milpillas, Camino antiguo a Tepoztlán, Cerritos de García y Colonia Tecmilco. De la categoría de de 501 a 1,000 habitantes por localidad, existen únicamente tres casos, siendo estos: Ixcatepec, Santiago Tepetlapa y Colonia Huilotepec.

Finalmente existen nueve casos de localidades que cuentan con una población que va de los 1,000 a los 2,500 habitantes, siendo estas: Loma Bonita, San Juan Tlacotenco, Lomas del Pedregal, Santo Domingo, Tetecolala, San Andrés de la Cal, Colonia Obrera, Colonia Ángel Bocanegra y Amatlán de Quetzalcóatl.

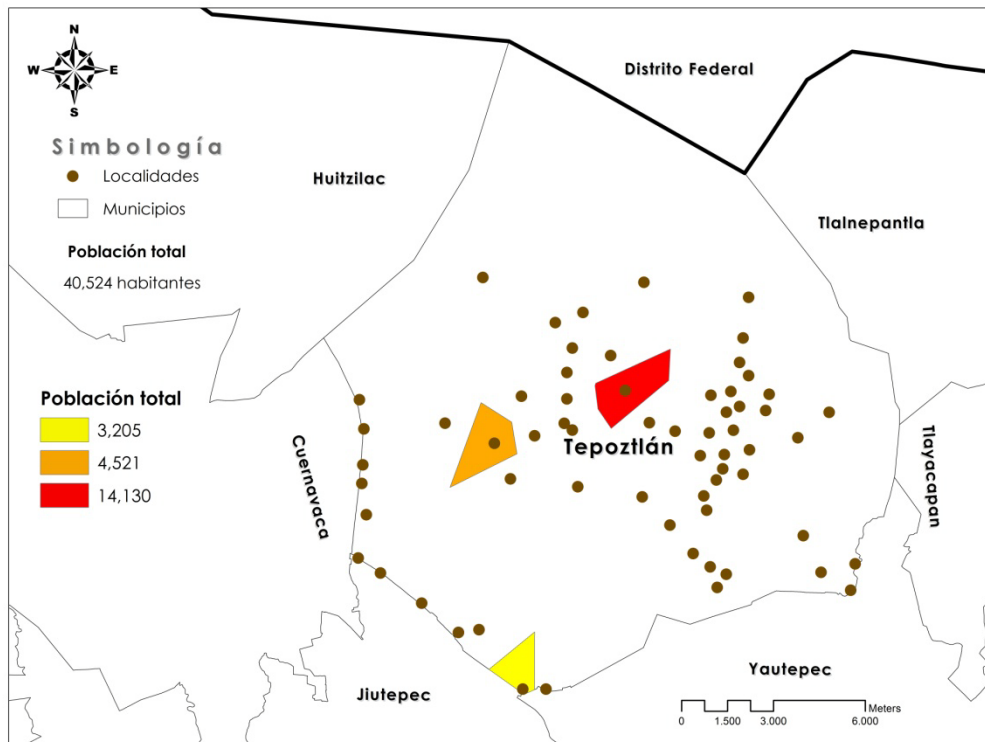
- Localidades con más de 2,500 habitantes

Tres de las localidades que se integraron al estudio son consideradas como localidades urbanas, al tener más de 2,500 habitantes (cifra oficial marcada por el INEGI para definir las localidades como urbanas o rurales). Estas localidades son: Tepoztlán (cabecera municipal) con 14,130; Santa Catarina con 4,521 y Unidad Habitacional Rinconada Acolapa con 3,220 habitantes. En la Tabla 9 se muestran los estadísticos descriptivos de los datos de población total, mostrando también los datos entre la población femenina y masculina.

Tabla 9. Estadísticos descriptivos de población de las localidades urbanas (INEGI,2010).

| Estadísticos descriptivos | | | | | |
|---------------------------|--------|--------|--------|----------|------------|
| | Mínimo | Máximo | Suma | Media | Desv. típ. |
| Población total | 3,220 | 14,130 | 21,856 | 7,290.33 | 5,958.93 |

La población total de las tres localidades urbanas representa el 52.48% del total de la población de todo el municipio, el valor de la media para estas tres localidades es de 7,290 habitantes, sin embargo esto se debe a que la cabecera municipal por si sola representa el 34% del total de población de todo el municipio, manteniéndose con valores más o menos constantes las localidades de Santa Catarina y Unidad Habitacional Rinconada Acolapa. En el Mapa 6 se muestra la ubicación espacial de estas localidades.



Elaboración propia, Septiembre, 2013.

Mapa 6. Distribución espacial de las localidades con más de 2,500 habitantes (INEGI, 2010).

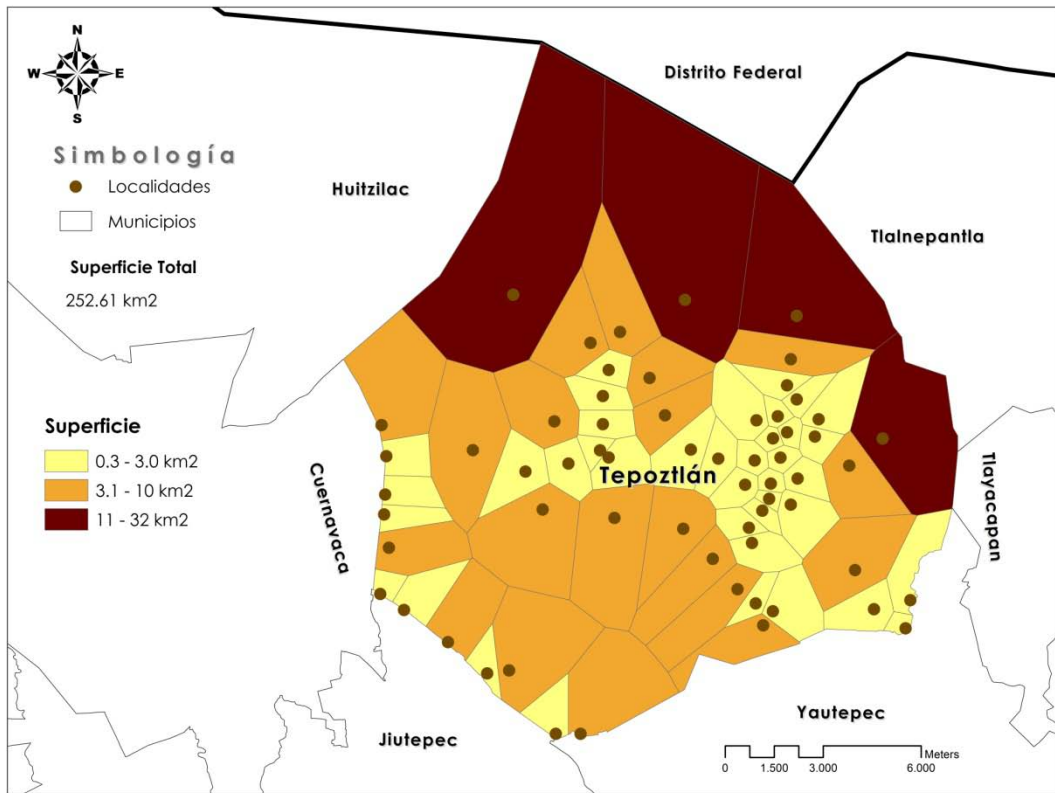
4.2.2. Superficie total

A partir de la construcción de los polígonos de Thiessen propuesta en la metodología fue posible construir el dato de superficie en km^2 para cada una de las 63 localidades. Los resultados muestran que la localidad más pequeña es: Los Farallones de Santiago con 0.34 km^2 y la localidad con mayor superficie es la localidad de la Pera con 31.61 km^2 . En la Tabla 10 se muestran los estadísticos descriptivos con los datos de superficie (área total en km^2) por las 60 localidades rurales.

Tabla 10. Estadísticos descriptivos de superficie de las 63 localidades (Elaboración propia, 2010).

| Estadísticos descriptivos | | | | | |
|-----------------------------|--------|--------|--------|-------|------------|
| | Mínimo | Máximo | Suma | Media | Desv. típ. |
| Área total en Km^2 | 0.34 | 31.61 | 252.61 | 4.01 | 5.51 |

Debido a que los polígonos de Thiessen se hacen a partir de una triangulación, el valor del área total de cada localidad se encuentran en base a la cercanía con otras localidades. En el Mapa 7 se muestra la ubicación espacial de las localidades con respecto al valor de superficie.



Elaboración propia. Septiembre, 2013.

Mapa 7. Distribución espacial de las localidades de acuerdo a la superficie terrestre (INEGI, 2010).

Los resultados se agruparon en tres categorías, siendo el grupo primer grupo el más pequeño en cuanto a extensión territorial, el cual va de 0.3 km² a los 3.0 km², presentándose un total de 39 casos, los cuales representan el 61.9% del total de las localidades del municipio. El segundo grupo está integrado por localidades con una extensión territorial que va de los 3.1 km² a los 10 km², presentándose un total de 20 casos, representando el 31% del total.

Finalmente existen cuatro localidades que cuentan con el mayor valor de superficie total con respecto al resto de localidades, las cuales presentan una superficie que va de los 11km² a los 32 km² entre las que se encuentran: Amatlán de Quetzalcoatl, Santo Domingo, San Juan Tlacotenco y el Mirador la Pera.

Por otra parte existen doce localidades que cuentan con el menor valor de superficie total con respecto al resto de localidades, las cuales que presentan una superficie menor de 1 km², siendo la localidad de Los Farallones de Santiago la más pequeña con un valor de 0.33 km²

4.2.3. Densidad poblacional

Los resultados de densidad poblacional -el cual se refiere a la cantidad de personas por km²- muestran que el valor mínimo de densidad lo ocupa la localidad de: el Mirador la Pera, esto debido a que cuenta con una población total de 4 habitantes y una superficie de 31.61km², por otra parte el valor máximo de densidad lo ocupa la localidad de: Tepoztlán, la cabecera municipal, el cual es de 4,451 habitantes por km². En la Tabla 11 se muestran los estadísticos descriptivos con los datos de densidad poblacional para las 63 localidades.

Tabla 11. Estadísticos descriptivos de densidad poblacional de las localidades rurales (INEGI, 2010).

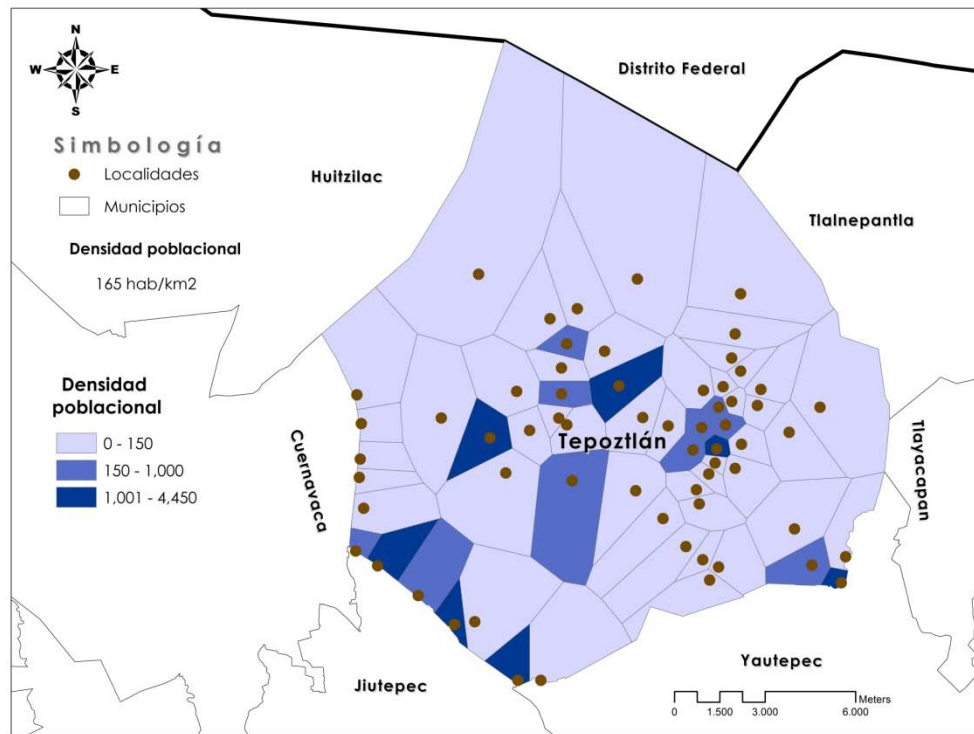
| Estadísticos descriptivos | | | | |
|---------------------------|--------|----------|-------|------------|
| | Mínimo | Máximo | Media | Desv. típ. |
| Densidad poblacional | 0.13 | 4,451.04 | 336 | 771 |

En este caso, al igual que las dos anteriores se realizó una categorización de localidades con respecto al valor de densidad, siendo el primer grupo las localidades con una densidad de 0 a 150 habitantes por km². Esta categoría corresponde al índice de ruralidad propuesto por el (Banco Mundial, 2005) en donde menciona que una zona rural es aquella en donde la densidad de población, es menor a 150 habitantes por km². En esta categoría se encuentran 46 localidades, lo cual representa el 73% del total de localidades del municipio. El segundo grupo tiene un rango de 150 a 1,000 habitantes por km², presentándose 10 casos y representando el 15% del total.

Finalmente el tercer grupo comprende una densidad de 1,001 a 4,451 habitantes por km², el cual presenta 7 casos representando únicamente el 11% del total de localidades del municipio. En el Mapa 8 se puede visualizar la ubicación espacial de estas localidades con respecto al valor de densidad.

Los resultados que se generaron a partir de la información censal para caracterizar los espacios rurales en formato vector, resultaron útiles para dar una idea clara de la composición de las localidades en términos de su población y su densidad poblacional, sin embargo, la falta de un dato “oficial” sobre la superficie que ocupa cada una de estas localidades resultó ser un criterio importante a considerar, dato que pudo solucionarse a partir de la creación de los

polígonos de Thiessen, sin embargo, es importante considerar no solo los datos estadísticos de cada localidad sino además considerar la dinámica particular de cada espacio para poder determinar su grado de ruralidad.



Elaboración propia, Septiembre, 2013.

Mapa 8. Distribución espacial de las localidades de acuerdo a la densidad poblacional (INEGI, 2010).

4.3. Caracterización de lo rural con base en la información de las imágenes de satélite

A continuación se muestran los resultados de la clasificación supervisada de la imagen SPOT 5. En la Fig. 20, podemos apreciar el municipio de Tepoztlán, el cual está compuesto por 63 polígonos, los cuales corresponden a cada una de las localidades seleccionadas anteriormente.

Cada uno de los polígonos contiene información sobre su delimitación espacial – expresada en km^2 - y la proporción de cada una de las cinco categorías de uso de suelo, en las que se clasificó la imagen²².

²² Una vez que se obtuvieron los datos de los 63 polígonos que comprenden las localidades de Tepoztlán, se realizó el procedimiento de suma para obtener los datos para todo el municipio. Es importante mencionar que aunque se cuentan con los datos diferenciados sobre las zonas de cultivo (sembrados y no sembrados) gracias al proceso de la clasificación, al momento de hacer los análisis correspondientes sobre el uso de suelo, estas categorías se unieron, ya que para cubrir el objetivo de este trabajo no era de utilidad saber el estatus de siembra.

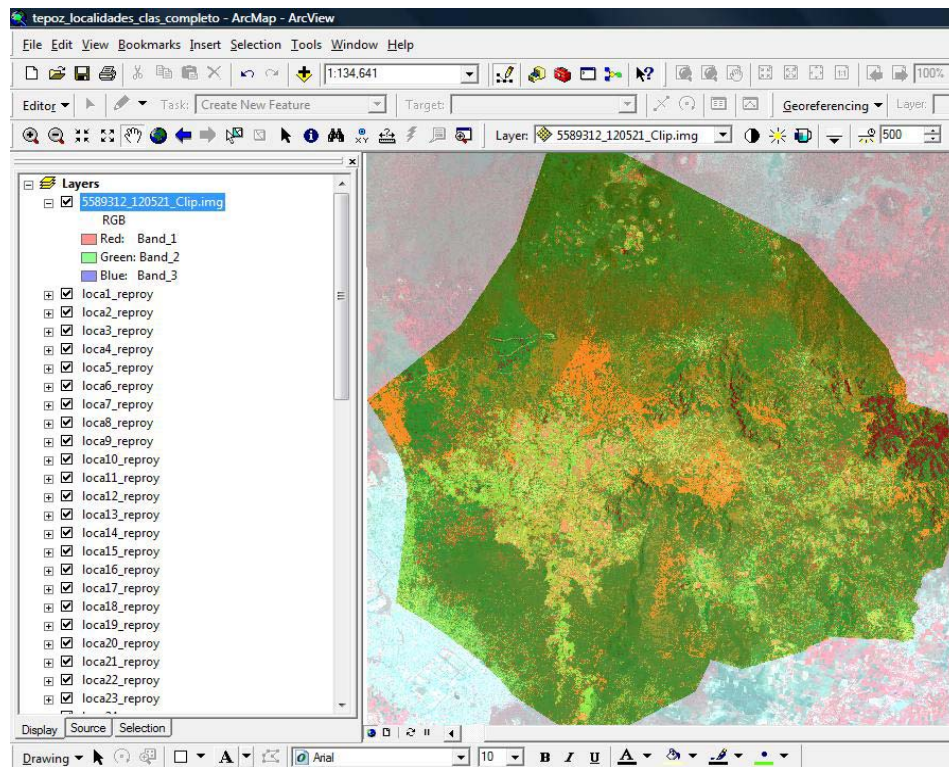


Fig. 20. Sobreposición de la imagen original y los 63 polígonos que representan cada una de las localidades.

A continuación se reportan los datos obtenidos por cada una de las cinco categorías establecidas en el proceso de clasificación:

1. **Cultivos:** Existe un 26% de zonas en donde se realizan cultivos, dato que representa una superficie de 65.72km², los cuales de acuerdo con información de la Oficina Estatal de Información para el Desarrollo Sustentable, estos cultivos son principalmente de maíz, jitomate, avena, sorgo, ciruela, frijol, aguacate, agave y tomate verde (Secretaría de Desarrollo Urbano y Obras Públicas, 2002).
2. **Vegetación natural:** El municipio Tepoztlán cuenta con una superficie del 60.8% de vegetación natural, dato que representa una superficie de 153.80 km², siendo este el porcentaje más alto dentro del municipio. En esta categoría de vegetación natural no se realizó una diferenciación entre los diversos tipos de vegetación, ni de la calidad de la vegetación, es decir, si se encuentra perturbada o abundante.

3. **Área construida:** Esta categoría se refiere a las zonas o áreas que se presenta construcciones e infraestructura únicamente de tipo habitacional. El resultado que se obtuvo fue de 2.7% de área construida, dato que representa una superficie de 6.99 km², este resultado coincide con la primera dimensión en la que se baso esta investigación (Cloke, 2006), la cual menciona que un espacio rural es aquel que cuenta con asentamientos pequeños y de orden bajo.

4. **Afloramiento rocoso:** debido a sus características biogeofísicas del terreno cuenta con un 2.18% de afloramiento rocoso, dato que representa una superficie de 5.49 km², los cuales para referencia del lector son los cerros del Tepozteco, Chalchi, Meztitla, entre otros.

5. **Suelo desnudo:** Los datos de suelo desnudo son en su mayoría suelos erosionados, infraestructura carretera y el reflejo de algunos invernaderos que se encuentran en la zona de cultivos, dentro del municipio ocuparon un 8%, dato que representa una superficie de 2.05 km² (Mapa 9).

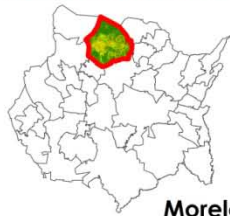
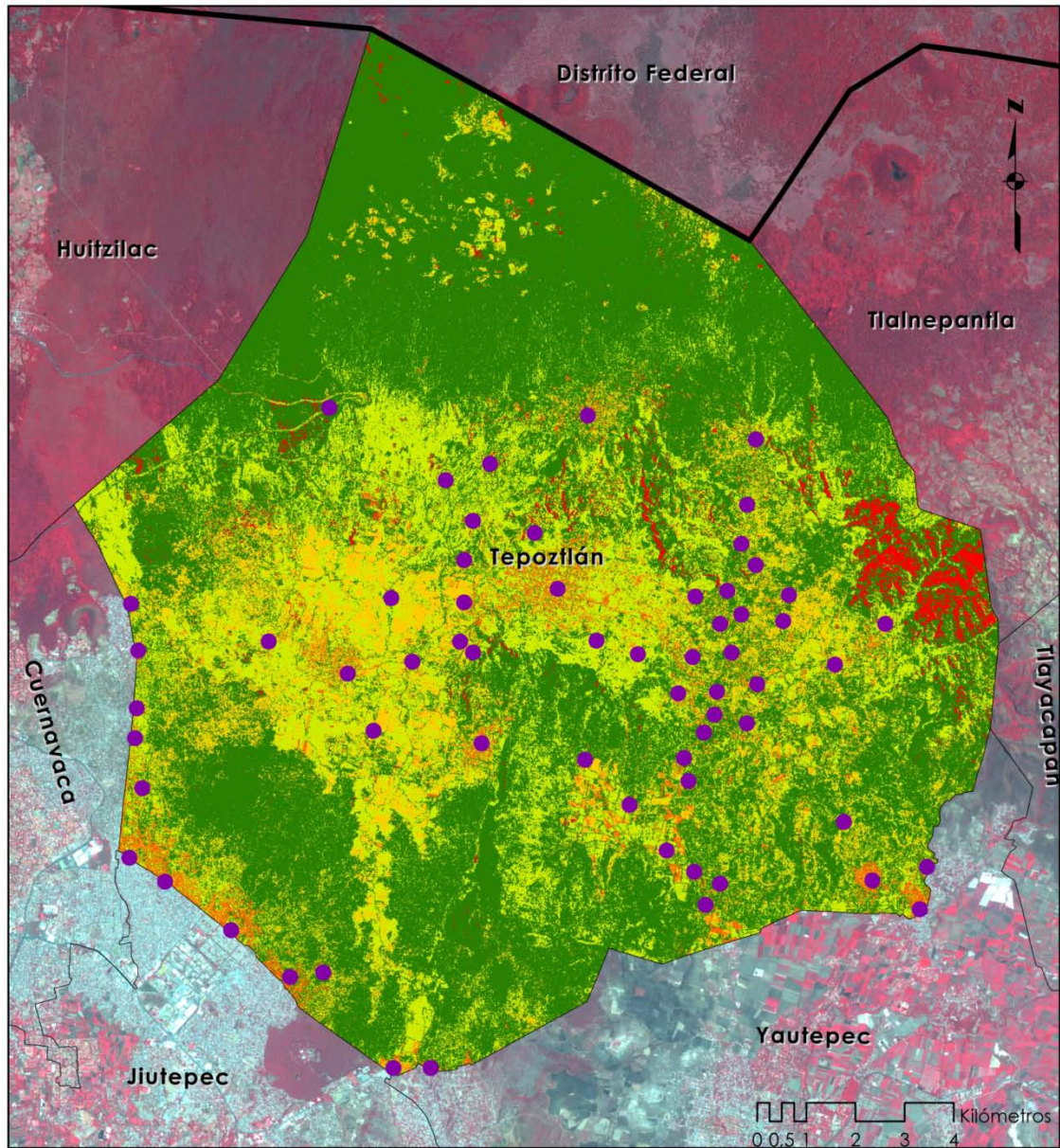
Antes de continuar, es pertinente hacer un paréntesis para comparar los resultados obtenidos con otro análisis realizado en el Programa de Ordenamiento Territorial de Tepoztlán de 2004 (Municipio de Tepoztlán, 2004). Esta comparación se realiza por que en este estudio - Programa de Ordenamiento Territorial de Tepoztlán de 2004- se incorporo la tecnología satelital y considero pertinente analizar los resultados de ambos trabajos.

El Programa de Ordenamiento Territorial de Tepoztlán de 2004, contiene información sobre los porcentajes de uso de suelo obtenidas a través de imágenes IKONOS, las cuales tienen una resolución espacial de a un metro por pixel. A partir de esta comparación podemos observar que los resultados difieren a primera vista, en la Tabla 12 se muestra la comparación entre los resultados obtenidos.

Tabla 12. Tabla comparativa de los resultados obtenidos con dos sensores diferentes.

| USO DE SUELO | IKONOS, 2004 | SPOT, 2012 |
|--------------------|--------------|------------|
| Vegetación natural | 76,90% | 60,89% |
| Agricultura | 12,60% | 26,02% |
| Área urbanizada | 7,90% | 2,77% |
| Otras coberturas | 2,70% | 2,18% |
| * Suelo desnudo | * | 8,15% |

Caracterización del espacio rural del Municipio de Tepoztlán, Morelos



Morelos

Elaboración propia. Septiembre, 2013.

Simbología

- Localidades
- Municipios

Área Total en Km²

252,61

Categorías de Clasificación

| Categorías de Clasificación | % |
|-----------------------------|-------|
| Cultivos | 26,02 |
| Vegetación natural | 60,89 |
| Área construida | 2,77 |
| Suelo desnudo | 8,15 |
| Afloramiento Rocoso | 2,18 |

Mapa 9. Caracterización del espacio rural del municipio de Tepoztlán. Elaboración propia con base en la clasificación de la imagen SPOT, 3013)

La diferencia de resultados se presenta por tres situaciones: la primera se debe a la resolución espacial, mientras que las imágenes SPOT tienen una resolución de 3m, las imágenes IKONOS tienen una resolución de 1m.

La segunda se debe a la temporada en la que cada una de las imágenes fue capturada, es decir, dentro del municipio de Tepoztlán es posible encontrar comunidades forestales que corresponden a la Selva Baja Caducifolia, en donde una de sus características es la pérdida de las hojas durante un periodo de 5 a 8 meses, este proceso da como resultado cambios no solo en la tonalidad de las hojas, sino también en los datos de reflectancias de los sensores satelitales a lo largo de las diferentes épocas de año. Sin embargo no se cuenta con la fecha exacta de la toma de la imagen IKONOS, pero la imagen SPOT se tomó durante el mes de mayo, la cual indica el inicio del periodo de lluvias.

La tercer situación se debe al establecimiento de categorías para la clasificación, mientras que en el Programa de Ordenamiento Territorial de Tepoztlán (POET) se establecieron 24 categorías diferentes, la clasificación de la imagen SPOT únicamente se establecieron 6 categorías. Esta diferencia no se basa únicamente en el establecimiento de categorías, sino también en la integración de la información de cada una de ellas.

Por ejemplo en la categoría de vegetación natural, mientras que en el POET realiza una diferenciación entre los diferentes tipos de vegetación que incluyen: la Selva Baja Caducifolia, Bosque Templado, Bosque de Galería y otras coberturas de vegetación. No incluye la vegetación que está integrada dentro de la zona urbana, es decir, esta se encuentra incluida en la categoría de área urbanizada, la cual incluye también asentamientos humanos, urbanos, áreas verdes y vialidades pavimentadas.

La categoría de otras coberturas incluye cuerpos de agua, rocas y zonas sin vegetación aparente, mientras que la categoría de agricultura el POET incluye agricultura de temporal, de riego y viveros.

Ahora bien, retomando nuestro análisis, se presenta el análisis a nivel localidad para cada una de las cinco categorías en las que se clasificó la ocupación del suelo (Anexo 3). En las tablas que se muestran a continuación, se identificaron las localidades que representan aproximadamente un porcentaje mayor al 50% de una categoría específica, esto debido a que se considera que este valor es significativo en relación con los demás valores.

Cultivos

Comenzamos con la categoría de cultivos, en donde se presenta un total de 7 localidades, siendo la colonia Los Ocotes la que encabeza la lista con un total de 65.56% de su superficie total (Tabla 13).

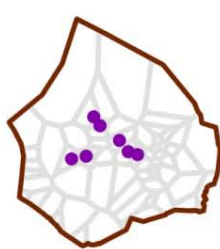
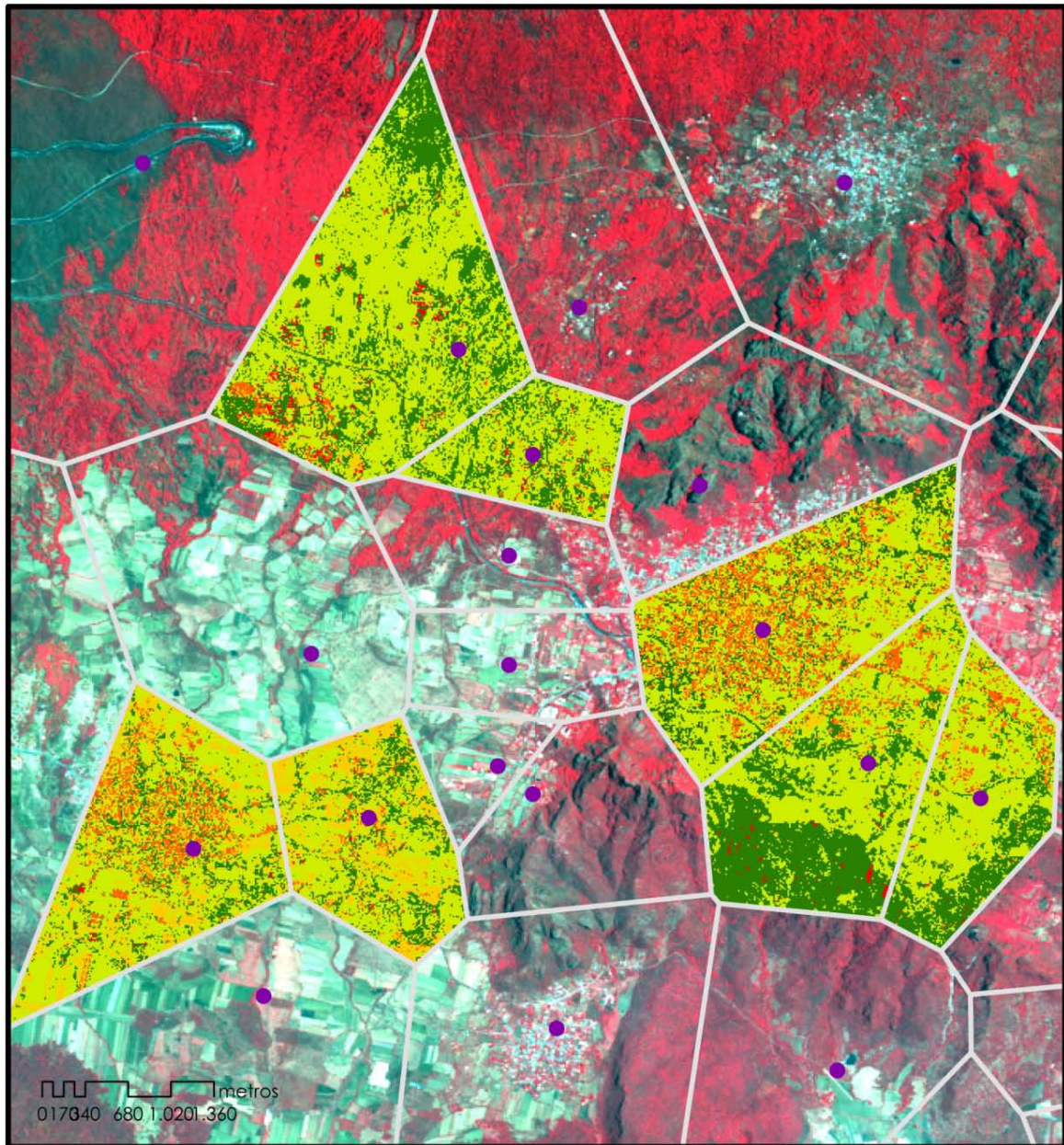
Tabla 13. Localidades con mayor porcentaje de área para cultivos.

| Núm. | Nombre de la localidad | Ocupación del suelo | | | | |
|------|-----------------------------|---------------------|----------------------------|-------------------------|-----------------------|-------------------------------|
| | | Cultivos % | Vegetación natural % | Área construida % | Suelo desnudo % | Afloramientos rocosos % |
| 54 | Colonia los Ocotes | 65.56 | 28.96 | 2.73 | 1.34 | 1.42 |
| 42 | Colonia Cuahquiahuac | 63.53 | 30.76 | 2.27 | 1.37 | 2.06 |
| 39 | Vista al Valle (Tlaxomolco) | 62.56 | 29.03 | 5.40 | 2.35 | 0.65 |
| 1 | Tepoztlán | 57.93 | 17.93 | 20.24 | 3.23 | 0.68 |
| 6 | Santa Catarina | 55.91 | 14.36 | 11.59 | 17.53 | 0.61 |
| 18 | Kilómetro 14 (Tempampulco) | 54.17 | 17.95 | 4.00 | 23.12 | 0.76 |
| 28 | Cerro Cuate | 50.45 | 42.37 | 4.64 | 1.68 | 0.85 |

En el Mapa 10 se muestra la ubicación espacial de las 7 localidades del municipio de Tepoztlán que presentan más del 50% de la superficie para cultivos, en este se puede observar que las localidades que desarrollan más este tipo de actividades primarias son aquellas que se encuentran localizadas al centro del municipio con respecto al resto de localidades.

Vegetación natural

Posteriormente en relación a la categoría de categoría de vegetación natural en la Tabla 14 se muestran los datos de las localidades que presentan el mayor porcentaje de esta categoría. En esta se localizan 34 casos, es decir, el 54% del total de las localidades del Municipio. Esto se debe a que el municipio de Tepoztlán forma parte del corredor biológico Ajusco - Chichinautzin (Lomas, 2009) y de que las localidades de: San Andrés de la Cal, San Juan Tlacotenco, Santo Domingo Ocotitlán y Amatlán de Quetzalcóatl pertenecen al Parque Nacional El Tepozteco.



Simbología

- Localidades
- ▭ Municipio de Tepoztlán
- ▭ Polígonos de Thiessen



Categorías

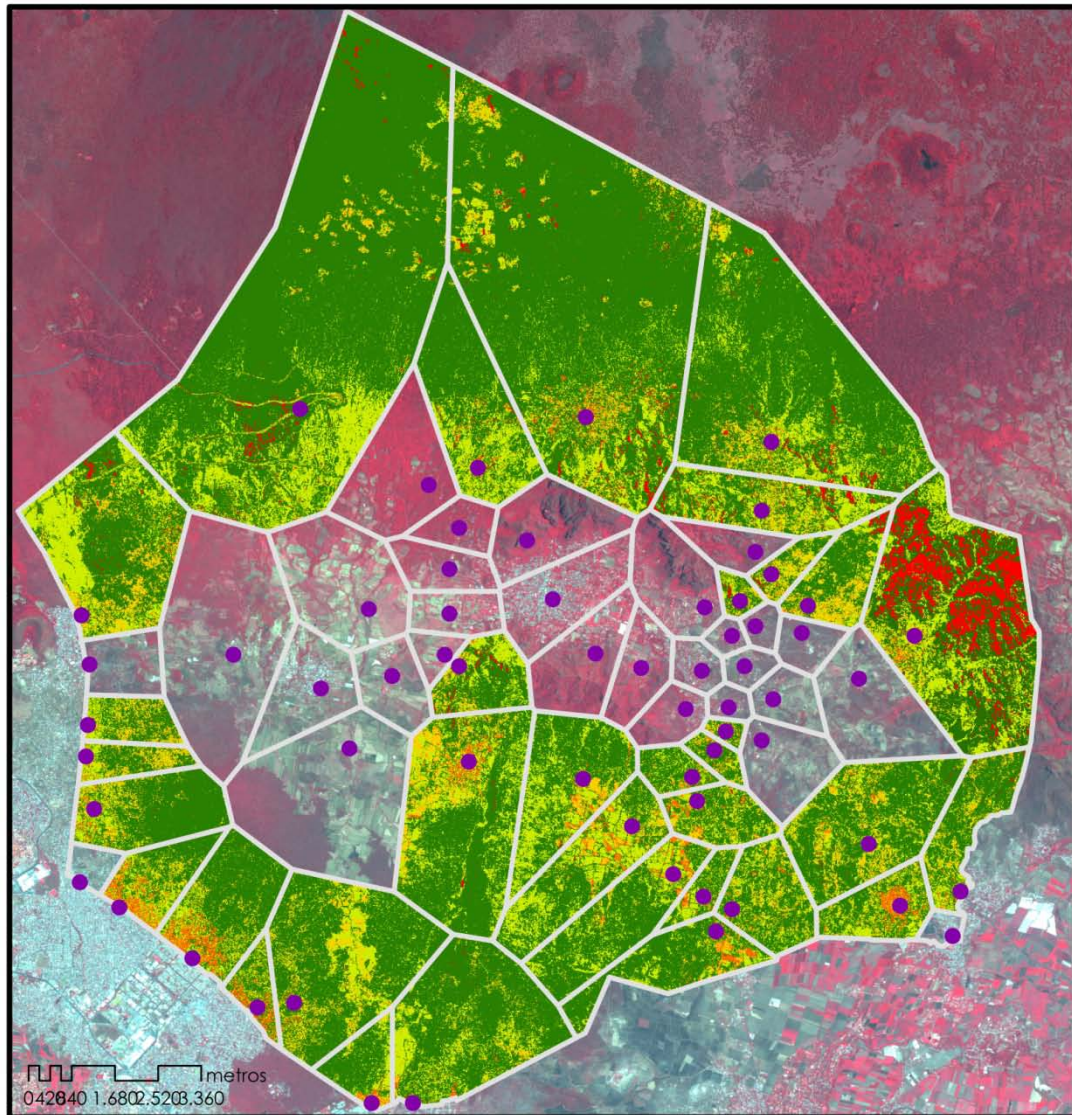
- Cultivos
- Vegetación natural
- Área construida
- Suelo desnudo
- Afloramiento rocoso

Mapa 10. Ubicación espacial de las localidades con mayor porcentaje de cultivos.

Tabla 14. Localidades con mayor área de vegetación natural.

| Núm. | Nombre de la localidad | Ocupación del suelo | | | | |
|------|---|---------------------|--------------------|-----------------|---------------|-----------------------|
| | | Cultivos | Vegetación natural | Área construida | Suelo desnudo | Afloramientos rocosos |
| | | % | % | % | % | % |
| 21 | Mirador de la Pera | 13.20 | 84.10 | 0.22 | 1.44 | 1.05 |
| 9 | San Juan Tlacotenco | 10.60 | 83.85 | 0.79 | 3.16 | 1.60 |
| 8 | Santo Domingo Ocotitlán | 14.61 | 80.79 | 0.52 | 2.58 | 1.49 |
| 51 | La Joya | 17.22 | 76.69 | 1.15 | 4.74 | 0.19 |
| 56 | Ampliación Milpillas | 14.57 | 74.76 | 3.19 | 7.31 | 0.17 |
| 16 | Atiopa (Mi Bohío) | 18.60 | 72.63 | 5.35 | 3.40 | 0.03 |
| 62 | Bosques de Santa Catarina | 18.00 | 71.84 | 0.62 | 9.46 | 0.08 |
| 46 | Paso Ancho (Tlanexpa) | 22.69 | 70.63 | 3.63 | 3.02 | 0.03 |
| 44 | Capadero | 16.67 | 70.28 | 0.79 | 11.88 | 0.38 |
| 19 | Tlaltépetl | 27.12 | 70.14 | 1.34 | 0.51 | 0.89 |
| 29 | Colonia Benito Juárez | 15.86 | 69.75 | 1.84 | 11.92 | 0.63 |
| 36 | Tetecolala | 15.75 | 69.51 | 9.66 | 5.04 | 0.04 |
| 37 | Texio | 22.64 | 68.60 | 4.72 | 3.91 | 0.12 |
| 48 | Unidad Habitacional Rinconada Acolapa | 21.91 | 68.18 | 4.99 | 4.81 | 0.11 |
| 41 | El Bohío (Techcualichcuac) | 23.42 | 63.92 | 1.77 | 10.89 | 0.01 |
| 43 | Tlalnáhuac (Texalo) | 24.38 | 63.12 | 5.05 | 7.27 | 0.18 |
| 5 | San Andrés de la Cal | 26.30 | 62.78 | 3.15 | 7.34 | 0.43 |
| 47 | Rancho los Ojuelos | 32.22 | 61.15 | 2.44 | 3.98 | 0.22 |
| 15 | Cacaloapan | 28.24 | 60.97 | 5.11 | 5.63 | 0.06 |
| 34 | Tehuixcorral (Colonia San Martín Caballero) | 23.34 | 59.26 | 5.54 | 11.72 | 0.15 |
| 33 | Tecuezcontitla | 30.58 | 57.90 | 0.90 | 7.66 | 2.96 |
| 26 | Los Farallones de Santiago (Chahuapa) | 25.15 | 57.47 | 6.62 | 10.26 | 0.49 |
| 35 | Tlapetlaloya | 18.24 | 57.08 | 0.47 | 20.93 | 3.29 |
| 60 | Otlahyo (Camino Antiguo a Santo Domingo) | 24.16 | 55.58 | 0.82 | 16.29 | 3.14 |
| 63 | Chichihuitecan | 30.63 | 54.66 | 0.34 | 12.79 | 1.58 |
| 57 | Camino Antiguo a Tepoztlán | 24.23 | 54.08 | 1.39 | 20.03 | 0.27 |
| 45 | Loma Bonita | 26.28 | 52.61 | 14.55 | 6.54 | 0.02 |
| 10 | Colonia Obrera | 26.44 | 52.55 | 10.07 | 10.88 | 0.05 |
| 14 | Amilingo | 37.00 | 52.32 | 3.84 | 6.64 | 0.20 |
| 3 | Amatlán de Quetzalcóatl | 20.67 | 51.82 | 1.08 | 3.54 | 22.89 |
| 61 | Cerritos de García (Textilacatl) | 23.99 | 51.41 | 2.47 | 21.88 | 0.24 |
| 59 | Lomas del Pedregal | 20.19 | 51.05 | 20.52 | 8.23 | 0.01 |
| 17 | Huehucóyotl | 34.81 | 50.63 | 1.52 | 7.61 | 5.43 |
| 31 | Escalontlajco (El Mirador) | 21.52 | 50.39 | 0.58 | 26.07 | 1.44 |

En el siguiente mapa se muestra la ubicación espacial de las 34 localidades del municipio de Tepoztlán, las cuales cuentan con más del 50% de la superficie de vegetación natural, en el podemos observar que la distribución espacial de estas localidades con respecto al resto, es que se encuentran ubicadas en las zonas periféricas del municipio, mientras que las localidades que se encuentran al centro obtuvieron menos del 50% de esta categoría (Mapa 11)



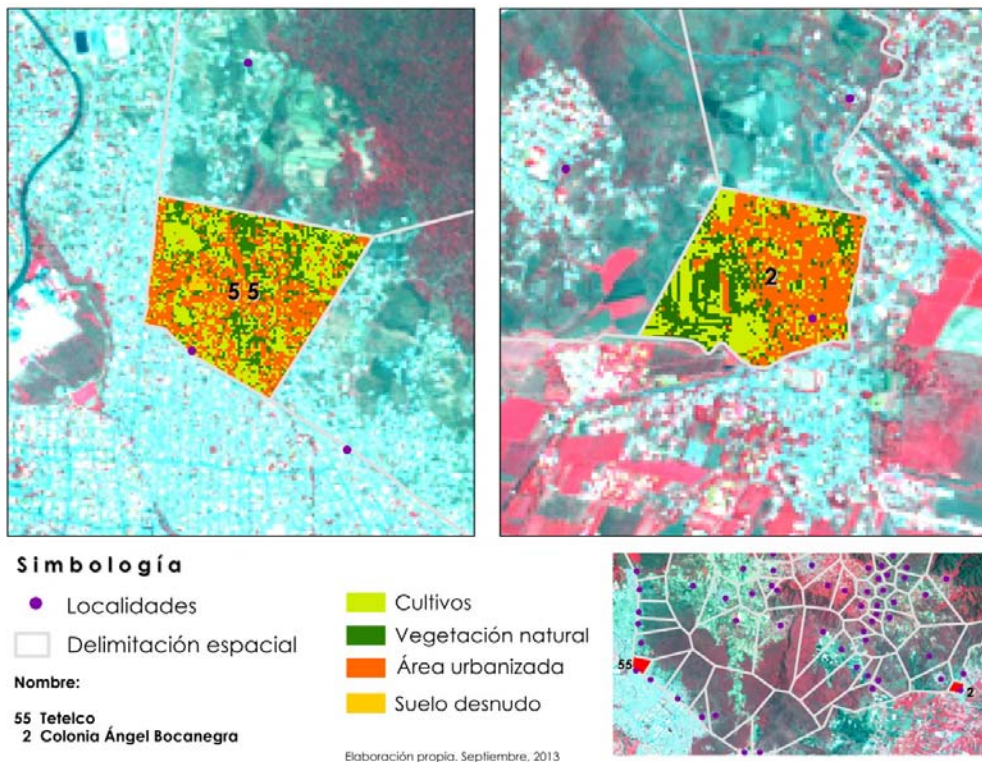
Mapa 11. Ubicación espacial de las localidades con mayor porcentaje de vegetación natural.

A partir de esta sección no se registraron datos superiores al 50% como sucedió anteriormente, por lo que se muestran los datos que obtuvieron el mayor porcentaje para cada categoría. Ahora bien, en tercer lugar tenemos que la categoría de área construida podemos únicamente presenta dos casos, los cuales se encuentran ubicados de igual manera en la periferia del municipio, en la Tabla 15 se muestran los datos de las localidades con mayor porcentaje en la categoría de área construida.

Tabla 15. Localidades con mayor área construida.

| Núm. | Nombre de la localidad | Ocupación del suelo | | | | |
|------|---|---------------------|-------------------------|----------------------|--------------------|----------------------------|
| | | Cultivos % | Vegetación natural % | Área construida % | Suelo desnudo % | Afloramientos rocosos % |
| 2 | Colonia Ángel Bocanegra (Adolfo López Mateos) | 31.61 | 25.61 | 40.55 | 2.16 | 0.07 |
| 55 | Tetenco | 35.95 | 22.17 | 38.83 | 3.04 | 0.00 |

La ubicación de estas dos localidades tiene un carácter particular y lo podemos observar en el Mapa 12. La localidad 55 que corresponde a la Colonia Ángel Bocanegra se encuentra en el límite entre Tepoztlán y Cuernavaca, y la localidad 2 que corresponde a la localidad de Tetenco, se encuentra en el límite entre Tepoztlán y Yautepec. Estas localidades presentan el efecto de transición entre lo urbano y lo rural.



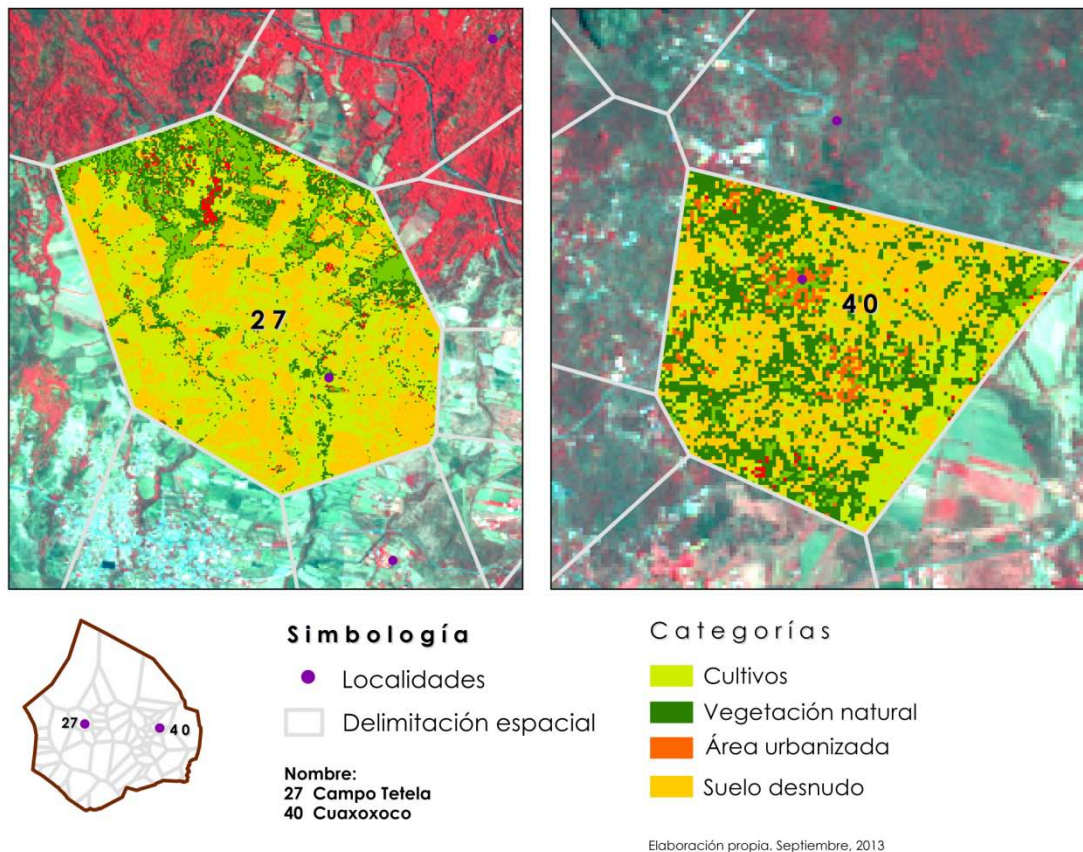
Mapa 12. Ubicación espacial de las localidades con mayor porcentaje de área construida.

En cuarto lugar se encuentra la categoría de suelo desnudo, en donde únicamente se registraron dos localidades con el mayor porcentaje, la cual de acuerdo a los criterios de clasificación está integrada por: 1) invernaderos y 2) suelos erosionados (Tabla 16).

Tabla 16. Localidades con mayor área de suelo desnudo.

| Núm. | Nombre de la localidad | Ocupación del suelo | | | | |
|------|------------------------|---------------------|--------------------|-----------------|---------------|-----------------------|
| | | Cultivos | Vegetación natural | Área construida | Suelo desnudo | Afloramientos rocosos |
| | | % | % | % | % | % |
| 40 | Cuaxoxoco | 26.93 | 33.03 | 3.86 | 35.68 | 0.50 |
| 27 | Campo Tetela | 48.25 | 13.90 | 0.94 | 35.29 | 1.62 |

La ubicación espacial de estas dos localidades se muestra a continuación en el Mapa 13, siendo Cuaxoxoco y Campo Tetela las localidades del municipio de Tepoztlán que presentan el mayor porcentaje de suelo desnudo con respecto al resto de localidades. Es importante mencionar que la localidad 27 Campo Tetela, tiene un porcentaje importante de zonas de cultivo a diferencia de la localidad 40, Cuaxoxoco, la cual presenta mayor porcentaje de vegetación natural. Por lo que en el primer caso el suelo desnudo se trata principalmente de invernaderos, mientras que en el segundo se trata principalmente de suelos erosionados.



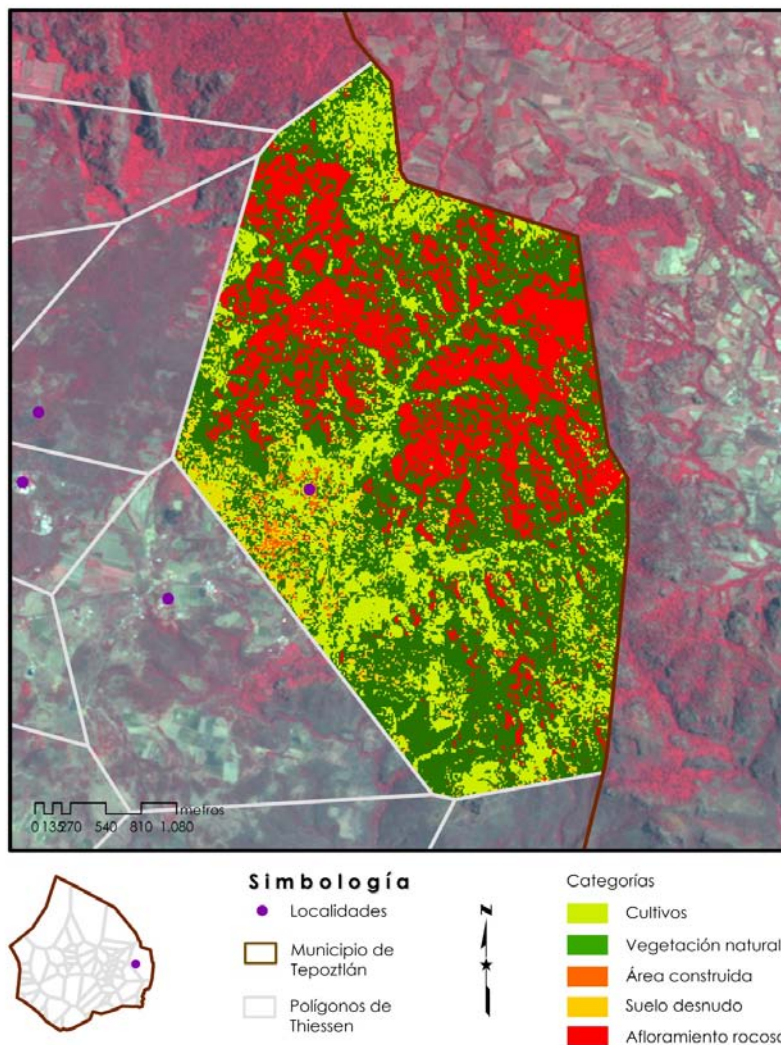
Mapa 13. Ubicación espacial de las localidades con mayor porcentaje de suelo desnudo.

Finalmente, la quinta categoría corresponde a los afloramientos rocosos los cuales corresponden a las zonas altas llamados comúnmente: cerros, los cuales poseen dos elementos principalmente vegetación natural y suelo desnudo (Tabla 17). En esta categoría únicamente encontramos a la localidad de Amatlán de Quetzalcóatl con 22% de su superficie.

Tabla 17. Localidades con mayor área de afloramiento rocoso.

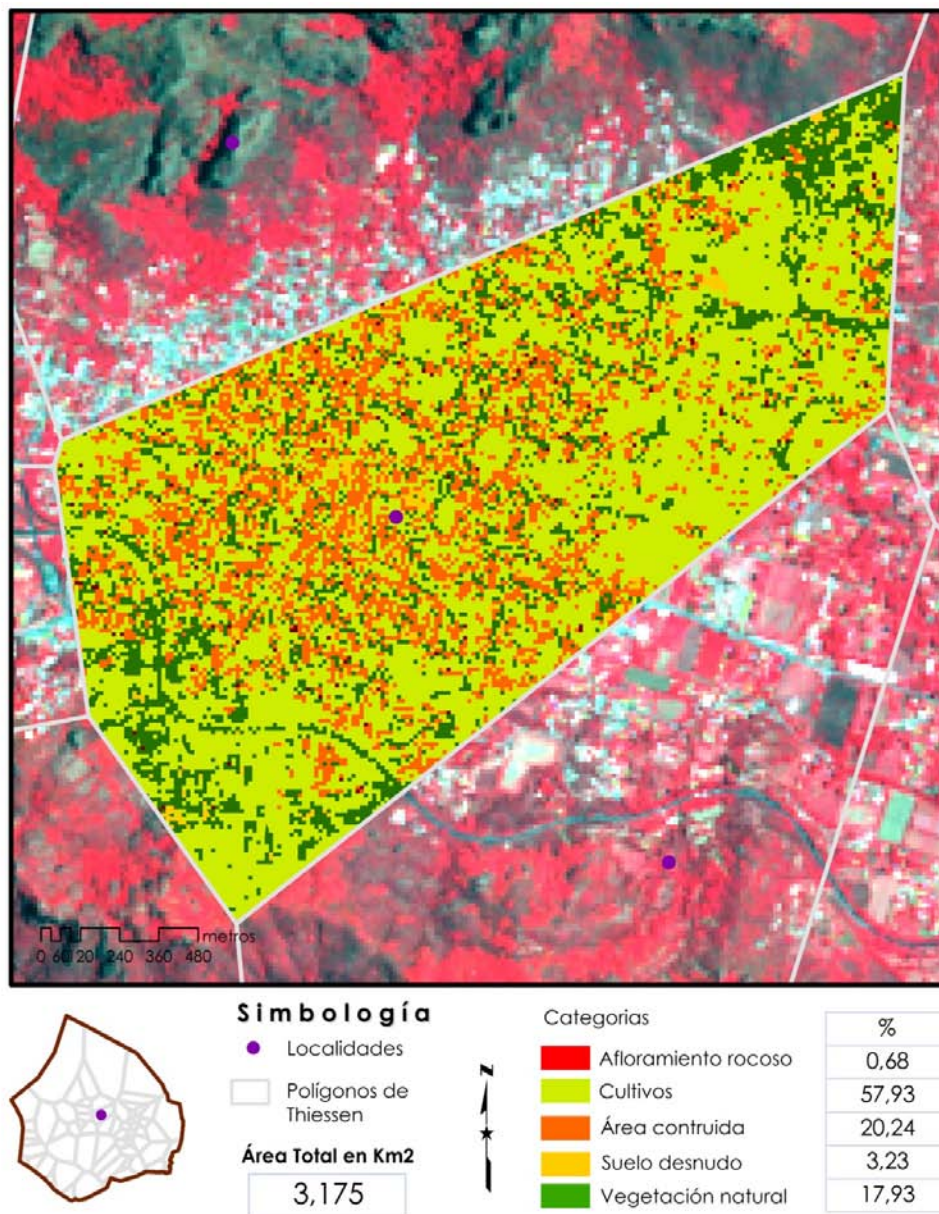
| Núm. | Nombre de la localidad | Ocupación del suelo | | | | |
|------|-------------------------|---------------------|--------------------|-----------------|---------------|-----------------------|
| | | Cultivos | Vegetación natural | Área construida | Suelo desnudo | Afloramientos rocosos |
| | | % | % | % | % | % |
| 3 | Amatlán de Quetzalcóatl | 20.67 | 51.82 | 1.08 | 3.54 | 22.89 |

En el Mapa 14, se muestra la ubicación espacial de la localidad del municipio de Tepoztlán que presenta el mayor porcentaje de suelo desnudo con respecto al resto de localidades.



Mapa 14. Ubicación espacial de las localidades con mayor porcentaje de afloramiento rocoso.

Es importante mencionar que si bien se han explicado en conjunto los datos de las 63 localidades para cada una de las cinco categorías, también se cuenta con los mapas para cada una de las 63 localidades. A manera de ejemplo se presenta el caso de la cabecera municipal (Mapa 15). Dichos resultados muestran que en esta localidad, a pesar de que tiene la categoría de localidad urbana debido a que su población es mayor a 2,500, más del 57% de su uso de suelo está compuesta de cultivos. Esto se da porque aún existen viviendas en Tepoztlán con grandes extensiones de vegetación dentro de sus terrenos, sin embargo a pesar de tener espacios contruidos relativamente pequeños en comparación al total de área que ocupa la localidad, el total de población es de 14,130 habitantes, lo que hace que la densidad poblacional sea de 4,450 habitantes por km².



Mapa 15. Caracterización del espacio rural de la cabecera municipal de Tepoztlán.

En las secciones anteriores se mostraron los resultados de la caracterización de las localidades en Tepoztlán: vectorial y raster, estos resultados muestran información importante en términos de su población y de sus diferentes formas de ocupación de suelo, lo cual nos brinda información sobre la dinámica territorial de cada localidad, la capacidad de poder integrar ambas fuentes de información permitirá identificar y clasificar los espacios rurales de acuerdo a su grado de ruralidad, objetivo que tiene la siguiente sección.

4.4. Integración de la información: vectorial - raster y Tipología

Con el propósito de integrar la información de población y de densidad, proveniente del Censo de Población y Vivienda 2010, y a partir de los datos de uso de suelo rural, obtenida a partir de la clasificación supervisada de las imágenes de satélite (2013), se elaboró un índice que resume todos aquellos aspectos que consideramos relevantes para definir lo rural. Para ello se elaboró un análisis factorial (análisis de componentes principales). Posteriormente, se realizó un análisis de conglomerados para desarrollar subgrupos y plantear una tipología de lo rural para el municipio de Tepoztlán.

Análisis Factorial

El primer paso para realizar el análisis factorial fue la elaboración de la matriz de correlación.²³ A continuación se elabora una breve descripción de los resultados (tabla 18).

- a) Existe una correlación positiva **significante** con un valor de 0.320 entre las variables de *área construida* y *población total*; esto quiere decir que a mayor población, mayor será el porcentaje de área construida. Este efecto se da principalmente por el crecimiento urbano y la creación de viviendas.
- b) Existe una correlación positiva **significativa** con un valor de 0.673 entre las variables de *área construida* y *densidad poblacional*; esto quiere decir que a mayor densidad poblacional mayor será el porcentaje de superficie construida.

²³ En estadística, el coeficiente de correlación de Pearson es una medida de la relación lineal entre dos variables aleatorias cuantitativas (More y Comas, 2004).

- c) Existe una correlación negativa **significativa** con un valor de -0.825 entre las variables de *zonas de cultivo y vegetación natural*; esto quiere decir que entre más crece la zona cultivada menor es la superficie de zonas de vegetación natural.
- d) Existe una correlación negativa **significativa** con un valor de -0.430 entre las variables de *suelo desnudo y vegetación natural*; esto quiere decir que entre más superficie de suelo desnudo existe menos es la superficie de vegetación natural. Esto sucede porque como ya se mencionó anteriormente, el suelo desnudo está representado en este caso por suelo erosionado o bien es el reflejo del techo de los invernaderos.

Tabla 18. Correlaciones entre las variables censales y de uso de suelo.

| Matriz de Correlaciones | | | | | | | |
|-------------------------|-----------------|----------------|-----------------------|-----------------|-------------------|-----------------|----------------------|
| N= 62 | Población Total | Densidad | Afloramiento rocoso % | Cultivos % | Área construida % | Suelo Desnudo % | Vegetación Natural % |
| Población Total | 1.0 | 0.687** | -0.0039 | -0.0662 | 0.320* | -0.1542 | -0.0055 |
| Densidad poblacional | 0.687** | 1.0 | -0.1435 | -0.0104 | 0.673** | -0.0944 | -0.1994 |
| % Afloramiento rocoso | -0.0039 | -0.1435 | 1.0 | 0.0214 | -0.1699 | -0.0995 | -0.0688 |
| % Cultivos | -0.0662 | -0.0104 | 0.0214 | 1.0 | 0.1012 | 0.0446 | -0.825** |
| % Área construida | 0.320* | 0.673** | -0.1699 | 0.1012 | 1.0 | -0.1962 | -0.364** |
| % Suelo Desnudo | -0.1542 | -0.0944 | -0.0995 | 0.0446 | -0.1962 | 1.0 | -0.430** |
| % Vegetación Natural | -0.0055 | -0.1994 | -0.0688 | -0.825** | -0.364** | -0.430** | 1.0 |

** La correlación es **significativa** al nivel 0.01 (bilateral).

* La correlación es **significante** al nivel 0.05 (bilateral).

El siguiente paso para la elaboración del análisis fue la selección de las variables. En este caso se incluyeron todas, incluso la de afloramiento rocoso, que no presentó correlaciones significativas con ninguna de las otras. Esto fue así por cuestiones teóricas.

Posteriormente, se realizó el análisis factorial. Se eligió el método de componentes principales, pues el propósito era resumir la información en el menor número de factores. Como se observa en la tabla 19 el primer componente explica casi 30% de la varianza. El segundo, 28%. Finalmente, el tercero, asociado a los afloramientos rocosos 15%.

Tabla 19. Matriz de varianza.

| Varianza total explicada | | | | | | | | | |
|--------------------------|-----------------------|------------------|-------------|--|------------------|-------------|---|------------------|-------------|
| Componente | Autovalores iniciales | | | Sumas de las saturaciones al cuadrado de la extracción | | | Suma de las saturaciones al cuadrado de la rotación | | |
| | Total | % de la varianza | % acumulado | Total | % de la varianza | % acumulado | Total | % de la varianza | % acumulado |
| 1 | 2,817 | 35,211 | 35,211 | 2,817 | 35,211 | 35,211 | 2,376 | 29,702 | 29,702 |
| 2 | 1,862 | 23,277 | 58,488 | 1,862 | 23,277 | 58,488 | 2,209 | 27,610 | 57,312 |
| 3 | 1,179 | 14,733 | 73,222 | 1,179 | 14,733 | 73,222 | 1,273 | 15,910 | 73,222 |
| 4 | ,855 | 10,685 | 83,907 | | | | | | |
| 5 | ,698 | 8,727 | 92,634 | | | | | | |
| 6 | ,500 | 6,250 | 98,884 | | | | | | |
| 7 | ,089 | 1,116 | 100,000 | | | | | | |
| 8 | ,000 | ,000 | 100,000 | | | | | | |

Se obtuvo una matriz de componentes no rotados, luego se rotó con el método varimax (tabla 20). Como se observa en la tabla las variables población, densidad y mancha urbana cargan sobre el primer factor. Mientras que las variables de cultivos sembrados y de vegetación natural cargan sobre el segundo factor. Finalmente, la variable de afloramiento rocoso sobre el tercer factor.

Tabla 20. Matriz de pesos factoriales.

| Matriz de componentes rotados | | | |
|-------------------------------|-------------|--------------|-------------|
| | Componente | | |
| | 1 | 2 | 3 |
| población total | .847 | .069 | .123 |
| densidad poblacional | .927 | .125 | -.105 |
| área total Km2 | -.041 | -.554 | .546 |
| % afloramientos rocosos | -.134 | .160 | .835 |
| % cultivos | .155 | .848 | .149 |
| % mancha urbana | .733 | .196 | -.255 |
| % suelo desnudo | -.425 | .423 | -.401 |
| % vegetación natural | -.194 | -.959 | .047 |

Método de rotación normalización varimax con Kaiser

Se calculó el índice de ruralidad con el método de componentes principales y luego se procedió a realizar la estratificación a través de un análisis de conglomerados.

Análisis de conglomerados

Con el propósito de identificar las similitudes entre las localidades se procedió a aplicar un análisis de conglomerados (*cluster analysis*), técnica estadística que permite construir grupos homogéneos en cuanto a sus observaciones y maximizar las diferencias entre grupos (Porter, 1998). Cabe mencionar que para este ejercicio se eliminó de la base de datos de las 63 localidades, la localidad no. 1 –Tepoztlán, la cual corresponde a la cabecera municipal, esto debido a que el tamaño de la población era significativamente más grande (14,130 habitantes) que el resto de las localidades (62), lo cual provocaba una fuerte variación en los datos.

Después de una serie de pruebas y ejercicios los resultados del análisis de clúster arrojaron tres grandes grupos de localidades los cuales por sus características se identificaron principalmente como: localidades rurales tradicionales, en transición, y perimetropolitanas (Anexo 4). En la Tabla 21 se muestran los estadísticos descriptivos que permiten ver las características de agrupamiento entre las localidades.

El primer grupo se definió como *rural tradicional*, ya que son aquellas localidades cercanas a la definición de (Clope, et al. 2006) la cual menciona que lo rural son aquellos asentamientos pequeños y de orden bajo, considerados como tal por la mayoría de sus residentes por la relación que existe entre la superficie construida y su relación con el paisaje, en los cuales además predominan los usos de suelo extensivos con actividades primarias (ya sea en el pasado o en el presente atribuible a la actividad agropecuaria y silvícola).

Tabla 21. Estadísticos descriptivos del segundo clúster.

| Clúster | VARIABLES | Núm. de casos | Mínimo | Máximo | Suma | Media | Desv. típ. |
|----------------------------|----------------------|---------------|--------|----------|----------|--------|------------|
| Rural tradicional | Población total | 48 | 2.00 | 3,220.00 | 6,155.00 | 128.23 | 462.49 |
| | Densidad | | 0.00 | 1.98 | 4.46 | 0.09 | 0.30 |
| | % Cultivos | | 13.20 | 65.56 | 1,563.18 | 32.57 | 13.67 |
| | % Área construida | | 0.22 | 10.44 | 157.42 | 3.28 | 2.26 |
| | % Suelo Desnudo | | 0.51 | 35.68 | 600.89 | 12.52 | 9.09 |
| | % Vegetación Natural | | 13.90 | 84.10 | 2,421.59 | 50.45 | 17.21 |
| Rurales perimetropolitanos | Población total | 2 | 341.00 | 1,235.00 | 1,576.00 | 788.00 | 632.15 |
| | Densidad | | 0.52 | 2.93 | 3.45 | 1.73 | 1.70 |
| | % Cultivos | | 31.61 | 35.95 | 67.56 | 33.78 | 3.07 |
| | % Área construida | | 38.83 | 40.55 | 79.38 | 39.69 | 1.21 |
| | % Suelo Desnudo | | 2.16 | 3.04 | 5.21 | 2.60 | 0.62 |
| | % Vegetación Natural | | 22.17 | 25.61 | 47.79 | 23.89 | 2.43 |

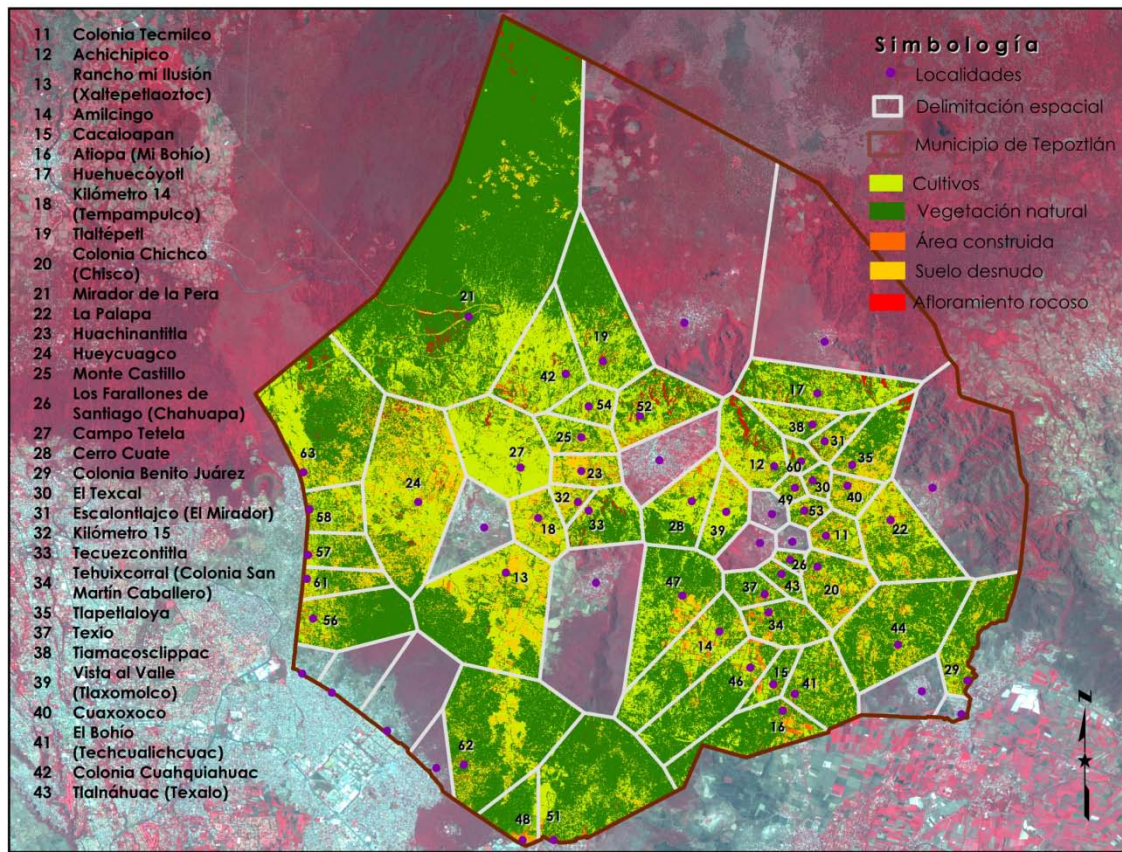
| | | | | | | | |
|------------------------|----------------------|----|--------|----------|-----------|----------|----------|
| Rural en transición | Población total | 12 | 786.00 | 4,521.00 | 19,778.00 | 1,648.17 | 1,025.09 |
| | Densidad | | 0.07 | 1.67 | 8.86 | 0.74 | 0.62 |
| | % Cultivos | | 10.60 | 55.91 | 332.39 | 27.70 | 13.93 |
| | % Área construida | | 0.52 | 20.52 | 94.98 | 7.91 | 6.40 |
| | % Suelo Desnudo | | 1.78 | 25.46 | 97.05 | 8.09 | 6.98 |
| | % Vegetación Natural | | 14.36 | 83.85 | 646.08 | 53.84 | 19.06 |

En esta categoría encontramos 48 localidades, la media de población es de 130 habitantes por localidad, presentándose valores mínimos que van desde 2 habitantes (localidad El Capadero) hasta 3,220 habitantes (localidad Unidad Habitacional Rinconada Acolapa) considerada como localidad urbana. Este grupo de conglomerados tiene una media de densidad poblacional de 0.09 habitantes por km², presentándose el valor máximo de 2 habitantes por km².

En cuanto a la superficie cultivada, el valor de la media es de 32.5%, presentando valores mínimos de 13.2% y máximos del 65.5%. Una característica importante para este primer grupo de conglomerado y en relación a la definición de (Cloke, et al. 2006), está en la relación negativa que existe entre las variables de área construida y vegetación natural, ya que la categoría de área construida tiene una media del 3.2% mientras que la categoría de vegetación natural tiene un valor del 50.4% presentado valores mínimos de 13.9% y máximos de 84.1%.

Mientras que las variables de vegetación natural y cultivos son las que predominan en este grupo, pues estas variables de acuerdo al análisis factorial mantienen una relación positiva. Finalmente para la categoría de suelo desnudo, el valor de la media es de 12.5%, presentado valores mínimos de 0.5% y máximos de 35.6%. En el siguiente mapa (Mapa 16) se muestra la ubicación espacial del primer grupo de conglomerados predominantemente rurales.

El segundo grupo se definió como localidades *rurales perimetropolitanas*. Este grupo solo cuenta con 2 localidades, las cuales tiene características censales y de uso de suelo particulares, es decir, el valor de la media en la categoría de población es de 788, presentándose valores mínimos de 341 (Tetelco) y máximos de 1,235 (Colonia Ángel Bocanegra), valores más altos que el primer grupo. En cuanto a su densidad de población tiene un valor medio de 1.73 habitantes por km², presentándose el valor máximo con un valor de 3 habitantes por km², datos más altos con respecto al primer grupo.

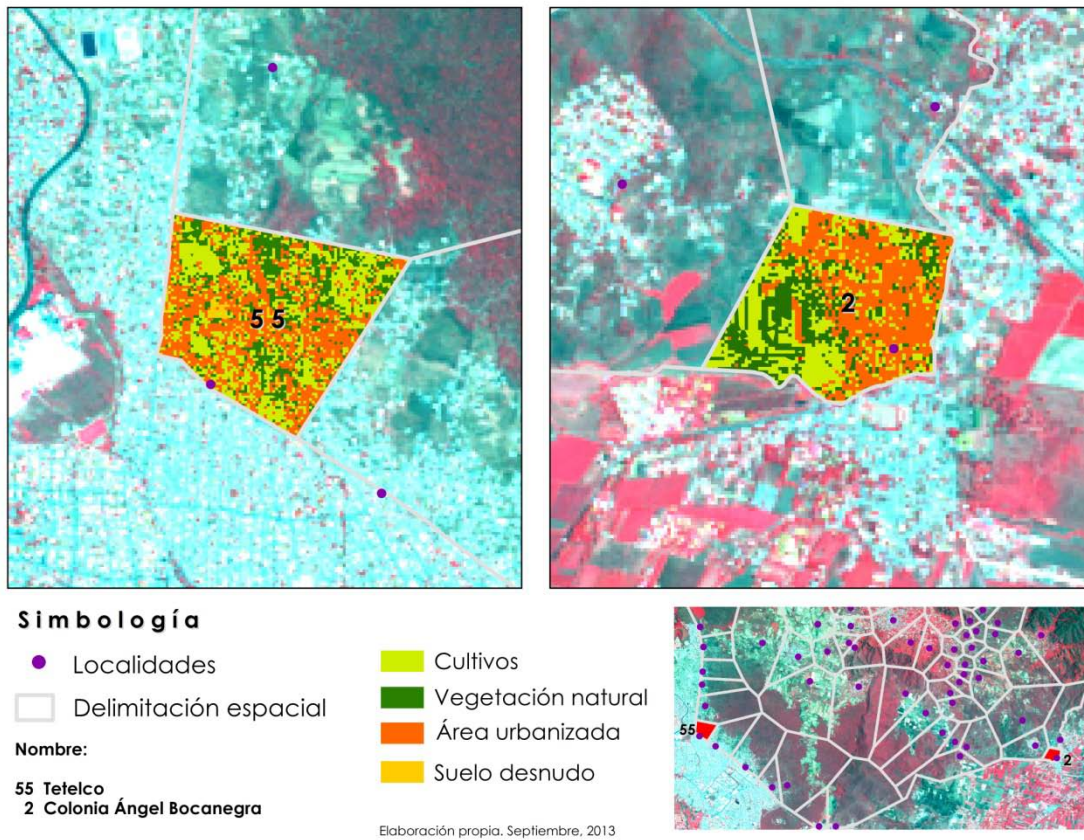


Mapa 16. Ubicación espacial de las localidades “predominantemente rurales” del municipal de Tepoztlán.

En cuanto a la superficie cultivada, el valor de la media es de 33.7%, presentando valores mínimos de 31.6% y máximos del 35.9%. Es importante mencionar que este grupo tiene el mayor valor de área construida con respecto a los otros dos grupos (rural tradicional y rural en transición) con un 39.6%, mientras que la categoría de vegetación natural tiene un valor del 23.8% presentado valores mínimos de 22.1% y máximos de 25.6%, siendo estos datos relativamente más bajos con respecto al primer grupo. Finalmente para la categoría de suelo desnudo, el valor de la media es de 2.6%, presentado valores mínimos de 2.1% y máximos de 3.4%. Este grupo presenta estas características particulares por su cercanía con dos grandes zonas metropolitanas (Cuernavaca y Yautepec).

En el Mapa 17 se muestra la distribución espacial únicamente de las localidades del segundo grupo, las llamadas en transición “*rurales perimetropolitanas*”, las cuales se observa tienen una superficie relativamente pequeña de 0.65 Km² y 0.42 Km², en comparación con los otros dos grupos. La localidad Tetenco se encuentra en el límite entre Tepoztlán y Cuernavaca, considerada un municipio Urbano y la Colonia Ángel Bocanegra se encuentra entre el límite

entre Tepoztlán y Yautepec, y aunque último también es considerado un municipio rural como es el caso de Tepoztlán, esta localidad se encuentra muy cercana a un desarrollo urbano.



Mapa 17. Ubicación espacial de las localidades “en transición urbano-rural”.

La característica principal de este grupo es la relación positiva que existe entre la proporción de área construida y la densidad poblacional, efecto que se da por el crecimiento urbano de las zonas metropolitanas.

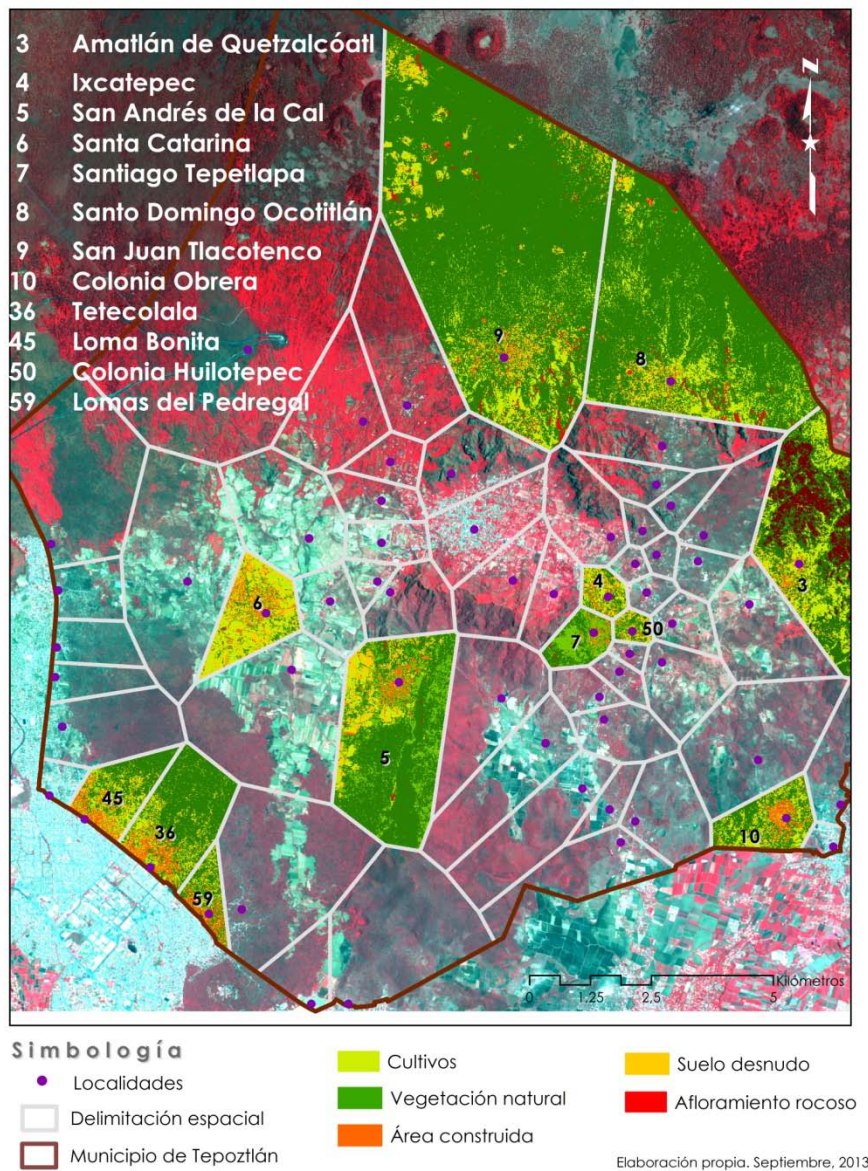
El tercer grupo se definió como *rurales en transición*, con un total de 12 localidades, la media de población es de 1,648 habitantes por localidad, presentándose valores mínimos que van de 786 habitantes (localidad Ixcatepec) hasta 4,521 habitantes (localidad Santa Catarina) con considerada como localidad urbana de acuerdo a la clasificación dada por el INEGI.

Este grupo de conglomerados tiene una media de densidad poblacional de 0.74 habitantes por km², presentándose el valor máximo con un valor de 2 habitantes por km², valores más altos con respecto al primer grupo.

En cuanto a la superficie cultivada, el valor de la media es de 27.7%, presentando valores mínimos de 10.6% y máximos del 55.9%, valores más bajos con respecto al primer grupo. La categoría de área construida tiene un valor en la media de 7.91%, mayor que en el primer grupo. Sin embargo, la categoría de vegetación natural tiene un valor en la media de 53.8% presentado valores mínimos de 14.3% y máximos de 83.8%, similares al primer grupo. Lo que explica que estas localidades a pesar de tener el mayor porcentaje de área construida aun conservan una relación positiva (aunque menor de vegetación y cultivos).

Finalmente para la categoría de suelo desnudo, el valor de la media es de 8.0%, presentado valores mínimos de 1.7% y máximos de 25.4%. Los resultados muestran que si bien aún se conservan características propias de los espacios rurales, la dinámica que actualmente están presentando este grupo de localidades, tanto de población como de ocupación del suelo, se encuentran en el marco de la reestructuración de los espacios rurales.

En el siguiente mapa (Mapa 18) se muestra la ubicación espacial del tercer grupo de conglomerados, podemos observar que si bien las localidades de Loma Bonita, Tetecolala y Lomas del Pedregal presentan las mismas características de ubicación que el conglomerado de *rurales perimetropolitanas*, es decir, se encuentran limitando con la zona metropolitana de Cuernavaca, estas se distinguen: 1) por el tamaño del polígono y 2) por que el área construida solo se concentra en uno de los extremos de la localidad.



Mapa 18. Ubicación espacial de las localidades “rurales en transición” del municipal de Tepoztlán.

En este capítulo se mostraron los resultados de la caracterización de los espacios rurales en base a la información vectorial, -considerando las variables de población y densidad poblacional- y de la información raster, la cual nos muestra las formas de ocupación del espacio, la gran ventaja de este tipo de tecnología es que brinda la posibilidad de identificar la dinámica socio territorial de los espacios rurales. La integración de ambos tipos de información, permitió por una parte, identificar la relación entre variables que influyen en los espacios rurales y por otra, permitió crear grupos de localidades y clasificarlos de acuerdo a sus características de ocupación y grado de ruralidad.

Discusión y

Conclusiones

5.1. Introducción

En este capítulo se muestran la discusión y las conclusiones sobre la caracterización del espacio rural realizada en esta investigación. En la primera sección se aborda la relevancia de los postulados teóricos que sustentan el presente trabajo de investigación, en donde se consideran principalmente dos conceptos: el primero se refiere a la definición de lo rural como base teórica para esta investigación y la segunda aborda la contribución de la percepción remota a los estudios sociales. La segunda sección aborda la discusión en términos de la propuesta metodológica que se desarrolló para definir del espacio rural en Tepoztlán. En la tercera sección se retoman los resultados. Finalmente, se presentan algunas recomendaciones para futuras investigaciones.

5.2. Implicaciones teóricas

En esta sección se discutirá sobre la pertinencia de retomar la definición de lo rural como base teórica para sustentar esta investigación, analizando principalmente las aportaciones y dificultades que resultaron de la integración de la dimensión espacial a través de la información generada por la *percepción remota*.

El concepto de lo rural sirvió para implementar un diseño metodológico más apropiado, sin embargo, en torno a las concepciones de *lo rural*, se puede afirmar que existen dos problemas analíticos principales. Por un lado, la falta de un consenso para definir el concepto de lo rural en términos teóricos; y por otro, la dificultad práctica para encontrar parámetros de medición de este tipo de espacios.

Tomando en consideración las diversas posturas teóricas que se enfocan en la delimitación de estos espacios, la propuesta de Cloke (2006), resultó muy conveniente al definir lo rural, ya que proporciona un referente teórico sobre la definición de las zonas rurales, pero además permite operacionalizarla en términos cuantitativos. Dicha propuesta se adaptó a las necesidades de la investigación retomando únicamente dos de las tres dimensiones propuestas.

Ambas dimensiones sirvieron para caracterizar los espacios rurales en formato vectorial y raster, pues establecieron el marco para ubicar: asentamientos pequeños, de orden bajo y con uso de suelo extensivo.

La incorporación del enfoque espacial a partir de la incorporación de los sensores remotos y los Sistemas de Información Geográfica representó la posibilidad de identificar y caracterizar la dinámica socio-territorial de las localidades rurales, a partir de datos censales y de la tipificación de las diferentes formas de ocupación del suelo.

Si bien todos los espacios rurales están sufriendo una serie de transformaciones socio territoriales, tomar como caso de estudio el municipio de Tepoztlán, Morelos, resultó ser una buena referencia, pues su configuración socio espacial permitió identificar y clasificar grupos de localidades con diferentes grados de ruralidad.

Además de retomar la conceptualización de Cloke (2006) para analizar las localidades rurales, la revisión bibliográfica permitió identificar dos propuestas que incluían la *percepción remota* para el análisis de procesos sociales, siendo una de éstas la realizada por Liverman (1998) llamada “Las personas y los píxeles” y la de Geoghegan, *et al.* (1998) “Socializar el píxel”, en donde se incorporan diversos factores socioeconómicos tales como el tamaño de la población, la ubicación geográfica, las políticas, el tipo de localidad, etc., visibles a través de las imágenes de la *percepción remota* para identificar cambios en la estructura y la dinámica del territorio. Ambos planteamientos sirvieron como referente teórico para desarrollar la propuesta metodológica.

La incorporación de la dimensión espacial para el estudio de los sistemas sociales en el ámbito rural representó un reto metodológico desde la captura y localización de la información, hasta cuestiones más prácticas para integrar la información que tenían que ver con tres aspectos principalmente: a) la incorporación de variables, b) la escala y c) la representación espacial.

En lo que se refiere a la incorporación de variables a la información generada por la percepción remota, éstas fueron únicamente de tipo censal, considerando sólo la población por localidad y la densidad poblacional. A partir de este ejercicio es posible pensar en incluir la información proveniente del Registro Agrario Nacional (RAN), del Programa de Certificación de Derechos Ejidales y Titulación de Solares (PROCEDE) y del Sistema Catastral del municipio,

pues sirve como información complementaria, referente espacial y oficial sobre los diferentes usos de suelo de los espacios rurales en Tepoztlán.

Por ello este ejercicio no incluyó ningún otro tipo de variable de tipo económica, de vivienda, de marginación, etc. Esto no quiere decir que estas variables no sean compatibles con la propuesta metodológica diseñada, pues la base de datos permite incorporar datos georeferenciados de diferentes instancias como: los datos de Microrregiones de SEDESOL, las variables del Censo Económico del INEGI y el Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas, también del INEGI.

Utilizar los Censos de Población y Vivienda permitió llevar a cabo mediciones de la población y su densidad poblacional, integrándola a la información generada por los sensores remotos- Dicho proceso permitió combinar la información de los límites administrativos, las mediciones poblacionales y las medidas de la extensión urbana de manera más precisa. Las diferencias en los valores espectrales pueden estar asociadas a 1) diferentes usos de suelo, 2) diferentes formas de tenencia de la tierra, o 3) distinciones sociales importantes, los cuales pueden estar enmarcados por una clasificación de la cubierta terrestre.

La incorporación del análisis de la escala y la representación espacial también permitió observar de manera gráfica los vínculos existentes entre el uso del territorio y las características biofísicas de la superficie terrestre, proporcionando una imagen real y visible de la cobertura del territorio, además de que permitió hacer visibles los límites entre las diferentes coberturas y formas de ocupación del suelo. Esto resultó útil para obtener información sobre la dinámica territorial del municipio de Tepoztlán, no solo en términos de las proporciones de sus diferentes usos del suelo, sino además permitió la incorporación de datos sobre las características poblacionales del lugar.

Sin lugar a dudas la cantidad de datos que nos ofrecen los sensores remotos proporciona información sobre ciertos procesos, los cuales permiten su integración por medio del análisis de diversas fuentes de datos derivadas de estudios de campo, censos o registros administrativos, y en el mejor de los casos, servirán de apoyo para la orientación de políticas públicas en materia de lo rural.

5.3. Aportaciones metodológicas sobre la definición del espacio rural

En esta sección se discute sobre el desarrollo de la parte metodológica que sustenta esta investigación, analizando principalmente las aportaciones y dificultades que resultaron de la integración de la dimensión espacial a través de la información generada por la *percepción remota*.

Los Polígonos de Thiessen

En México no existe una definición territorial propia que establezca la extensión y los atributos de las localidades rurales; así como para los municipios o las entidades federativas. Aunado a esto, una de las concepciones más utilizadas para definir y delimitar las comunidades rurales se reduce exclusivamente al tamaño de la población, es decir, menos de 2,500 habitantes -de acuerdo a los lineamientos establecidos por el Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI).

La representación espacial de las localidades rurales en formato punto, representa un problema al momento de establecer límites entre una comunidad y otra, si bien existe información sobre límites territoriales entre localidades dados por el Registro Agrario Nacional (RAN), del Programa de Certificación de Derechos Ejidales y Titulación de Solares (PROCEDE) y del Sistema Catastral del municipio, dicha información no es pública, y por esta razón es difícil acceder a ella. Por otro lado, en el caso del PROCEDE, sólo se tiene para las zonas rurales que son de propiedad social (ejidos y comunidades).

Por ello la creación de polígonos de Thiessen, fue una de las propuestas de este trabajo de investigación para subsanar este problema. Los polígonos sirvieron como una guía en la delimitación espacial de las localidades del municipio de Tepoztlán, la creación de los polígonos de Thiessen es uno de los métodos de interpolación más simples en donde se crean una serie de polígonos, a partir de un conjunto de puntos de control. Por ello el tamaño del polígono depende en gran parte de la concentración de puntos, es decir, entre mayor dispersión existe entre las localidades, mayor será el tamaño del polígono. Por ello la discriminación inicial de localidades en base a su distancia (menos de 300 m) resultó muy útil.

Debido a que el tamaño del polígono obedeció más a un análisis espacial de interpolación -y no necesariamente a los límites reales y políticos de la localidad- los valores tanto de densidad poblacional como del porcentaje de cada una de las categorías varían respecto a su ubicación dentro del espacio y a su relación con sus localidades vecinas, pues el efecto polígono influye en la caracterización de una localidad, sobre todo en las localidades con mayor superficie, las cuales tienen una menor densidad.

Para hacer explícita la respuesta a la pregunta de investigación planteada al inicio: ¿De qué forma se puede integrar la información derivada de la *percepción remota* con la información censal -proveniente del Censo de Población y Vivienda 2010 (INEGI, 2010)-, con el propósito de definir y caracterizar de forma más precisa las zonas rurales del municipio de Tepoztlán, en el momento actual?. Es preciso decir que el vínculo entre las dos fuentes de información fue la incorporación de los polígonos de Thiessen, pues estos fueron el vínculo entre los datos censales y los datos generados por los sensores remotos.

Características de la Imagen de Satélite

La incorporación de los de las imágenes del satélite SPOT 5, permitió observar gráfica y espacialmente el municipio de Tepoztlán en su totalidad, esto representó una ventaja en términos de cobertura territorial y de resolución, ambos permitieron identificar las características del suelo y los usos que se presentan en cada localidad.

Actualmente, por sus características y potencial, las imágenes SPOT 5 son utilizadas por la SEMAR (Secretaría de Marina y Armada de México) para identificar coberturas de suelo, ya que permiten generar datos formato vector, para convertir los píxeles de las clases en polígonos y así calcular las extensiones de las coberturas de suelo. Además de que en un futuro se pueden hacer análisis temporales, pues este sensor está en operación desde los años noventa.

La capacidad de poder visualizar a través de una imagen la dinámica socio – territorial de una localidad y además tener la capacidad de integrarla con información censal, permite caracterizar mejor los espacios rurales.

La resolución espacial que se utilizó para el desarrollo de esta investigación fue el de una imagen SPOT 5, la cual corresponde a 10 metros por píxel, este tipo de resolución permitió obtener una buena calidad y cantidad de datos para los fines de esta investigación. Si bien un

sensor de alta resolución hubiera implicado mayor precisión en el alcance real de la cobertura de la tierra, también habría producido un mayor número de clases, lo cual no necesariamente representaban utilidad para este proyecto.

En términos generales, las imágenes SPOT 5 resultaron ideales para el desarrollo de investigaciones para la determinación y clasificación de usos de suelo, además de que actualmente representan imágenes de bajo costo y gran disponibilidad, lo cual hace que se facilite su aplicación.

Clasificación Supervisada

Como ya se mencionó anteriormente, una imagen de satélite se puede utilizar para identificar las áreas con diferentes tipos de cubierta vegetal. La clasificación supervisada resultó ser útil para discriminar y separar los diferentes tipos de ocupación de suelo y clasificar categorías como vegetación natural, zonas de agricultura, zonas urbanas, etc.

La técnica utilizada de clasificación fue la de máxima verosimilitud (o máxima probabilidad) ya que es el algoritmo más comúnmente utilizado en percepción remota, además de que se considera uno de los procedimientos de discriminaciones más acertadas y eficientes. Por otra parte el proceso de la clasificación no supervisada, no resultó útil para este trabajo ya que aunque se hicieron varios ejercicios con diferentes números de clases, los valores de reflectancia (en todos los casos) se confundían y no resultaban útiles para ubicar las categorías que ya se habían establecido anteriormente.

Además, una de las grandes ventajas de los procesos de clasificación es que permite analizar diversas fechas con el fin de identificar áreas que han experimentado cambios específicos en la cubierta vegetal y en las formas de ocupación del suelo.

La definición de categorías de clasificación y el conocimiento previo del territorio, resultan ser elementos importantes dependiendo de la naturaleza de la investigación y de los elementos que se quieran resaltar, pues estos resultados repercuten en la interpretación de resultados y pueden dar una idea errónea de los diferentes usos de suelo. Como en el caso de la comparación de los datos resultantes con los del POET, 2004 realizado por el Municipio, en donde la combinación de categorías entre un trabajo y otro muestran diferencias importantes.

La caracterización de localidades rurales no sólo comprendió un proceso de selección de variables y la incorporación de la información generada a partir de la *percepción remota*, sino que además incorporó la técnica de agregación, la cual permitió, por un lado identificar patrones de localización (concentración – dispersión) de las localidades rurales, y por otro lado permitió estimar el grado de ruralidad rural, esto en términos de su población y densidad poblacional, incorporando también la información sobre las proporciones de uso de suelo de cada localidad obtenidas a partir de la *percepción remota*.

Los resultados mostraron que si sólo consideramos las zonas rurales en términos de su población, Tepoztlán cuenta con 69 localidades rurales y 3 urbanas; mientras que si utilizamos la densidad poblacional, indica que el 26%, es decir 17 localidades presentan un valor de densidad poblacional de más de 150 habitantes por km², dato que de acuerdo al Banco Mundial (2005) hace referencia a una localidad urbana. Mientras que esta tipología clasifica todas las localidades de tepoztlán como rurales, pero con diferentes niveles de ruralidad.

En cuanto a la identificación de patrones de localización, esto se hizo visible a través de los procesos estadísticos y de la representación gráfica de las localidades, la cual consideró tanto la información poblacional y los diferentes usos de suelo.

En este ejercicio de agregación se pudo observar como las localidades rurales en transición se encuentran localizadas al centro del municipio, en donde las actividades primarias se encuentran en menor porcentaje que en las localidades predominantemente rurales, las cuales tiene una ubicación espacial más hacia la periferia, observándose en la imagen zonas de cultivo y una amplia presencia de vegetación natural. Esto se debe también a que gran parte del municipio se encuentra dentro de dos categorías de protección, por una parte está el corredor Ajusco – Chichinautzin y por el otro el Parque Nacional el Tepozteco. Por último fue posible identificar las localidades que se encuentran en proceso de transición urbano - rural, las cuales se localizan junto a las zonas metropolitanas de Cuernavaca y Yautepec.

5.4. Recomendaciones generales

La integración de la información social y biofísica obtenida a partir de los datos censales y demográficos y del análisis de imágenes satelitales dados por la *percepción remota*, permite realizar una caracterización y delimitación espacial de las localidades rurales del Municipio de Tepoztlán, Morelos con base en la ocupación y el uso de suelo.

A simple vista el panorama *rural* hoy en día es profundamente diferente al tradicional, porque se han construido nuevos territorios, nuevos actores sociales, nuevas relaciones sociales; y en general, una nueva sociabilidad no sólo en el campo mismo, sino en su relación con la ciudad. La preocupación por (re) pensar la definición de *rural* no es solamente normativa. Está fundamentada en la importancia creciente que adquieren las estadísticas oficiales de los países, al momento de la formulación y posterior monitoreo de políticas públicas.

Los datos obtenidos por *Percepción remota* son una tecnología que puede abordar, evaluar y vigilar lo que se encuentra en la superficie de la tierra, es decir, proporciona datos reales de la cobertura o los cambios de uso del suelo que se producen en un entorno construido.

Otra de las grandes ventajas que representó la integración de las imágenes tipo SPOT 5 para esta investigación fue la capacidad de poder compararlas en diversas series de tiempo, aunque en este trabajo se realizó una caracterización de la situación uso de suelo para el 2012, en alguna investigación futura podría realizarse y comparar los diferentes estudios, además de que estos datos pueden ser fácilmente actualizados.

En términos de política pública es importante considerar que además de que esta caracterización del espacio rural permite identificar y conocer mejor los espacios rurales, permite también ser replicable para diferentes localidades del país. Esto con la finalidad de desarrollar política pública más diferenciada y localizada de acuerdo a las características locales de cada espacio rural, considerando las características poblaciones y de ocupación del suelo.

Es importante reconocer cómo en el territorio confluyen diversos sectores (económicos, sociales, ambientales, entre otros) y cómo estos influyen tanto en las relaciones sociales como en su distribución en el espacio, además de que: 1) tener la capacidad de integrarlo, 2) visualizarlo y 3) analizarlo gráficamente a través de la *percepción remota*, representó una aportación importante para los estudios en el ámbito rural. Además la dimensión espacial como medio de comunicación integró diferentes modelos de conocimiento, y facilitó el intercambio del mismo. Por ello es necesario abandonar imágenes de lo rural como una economía basada exclusivamente en lo agrícola.

Los resultados de esta propuesta metodológica permitieron avanzar en un enfoque multivariado de lo rural, la cual proporcionó evidencia sobre las dinámicas socio-espaciales de las localidades rurales. Esta situación refleja la necesidad de explorar nuevas técnicas de análisis capaces de captar la complejidad que guarda este tipo de espacios.

Bibliografía

- Appendini, K. 2012. "La regularización de la tierra después de 1992. La 'apropiación' campesina de PROCEDE." In *Economía rural*, 197. Los grandes problemas de México Tomo 11. México: El Colegio de Mexico AC.
- Araujo, C. 2005. "Redefiniendo el espacio urbano y rural de México: ¿es posible una mejor Caracterización de la diversidad Municipal?" Informe sobre Desarrollo Humano. México: Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. http://www.undp.org.mx/IMG/pdf/Araujo_final_2005.pdf.
- Arias, P. 2002. "Hacia El Espacio Rural Urbano; Una Revisión de la relación entre el campo y la Ciudad en la Antropología Social Mexicana." *Estudios Demográficos y Urbanos*, no. mayo - agosto: 363 – 380.
- ASERCA, SAGARPA. 2012. "PROCAMPO "Programa de Apoyos Directos Al Campo"". México. <http://www.sagarpa.gob.mx/irc/Libros%20Blancos/Sintesis%20PROCAMPO.pdf>.
- Ávila, H. 2004. "La Agricultura en las Ciudades y su periferia: Un Enfoque desde la Geografía." *Boletín Del Instituto de Geografía*. UNAM, 98 – 121.
- Banco Mundial. 2005. "La Pobreza Rural En México". Banco Mundial.
- Barrera, F., y A. Curiel. 1998. "La pérdida actual de selvas y bosques y su relación con los cambios globales. México." In Guadalajara Jalisco. <http://siga.jalisco.gob.mx/moet/SubsistemaNatural/OcupacionDelSuelo/perdida.htm>.
- Blumberg, D., and D. Jacobson. 1997. "New Frontiers: Remote Sensing in Social Science Research." *The American Sociologist Fall*, 62 – 68.
- Buendía, E., F. Islas, and V. De la Cruz. 2007. "Identificación de áreas erosionadas por medio de imágenes LANSAT ETM, En Tlaxco y Terrenate, Tlaxcala, México." *Terra Latinoamericana*, no. 26: 1 – 9.
- Chuvieco, E. 2002. *Teledetección Ambiental. La Observación de la Tierra desde el Cielo*. España: Ariel Ciencia.
- Cloke, Paul, T. Marsden, and P. Mooney. 2006. *Handbook of Rural Studies*. SAGE.
- Concheiro, L. 2012. *Zapata cabalga por el Tepozteco*. México, D.F.: Universidad Autónoma Metropolitana - Xochimilco.
- Crews, K., and S. Walsh. 2009. "Remote Sensing and the Social Sciences." In *The SAGE Handbook of Remote Sensing*, 337 – 445. SAGE Publications. http://www.populationenvironmentresearch.org/papers/CrewsWalsh_Chap31_HandbookonRS_2009.pdf.
- De Grammont, H. 2004. "La Nueva Ruralidad en América Latina." *Revista Mexicana de Sociología*, no. 66: 279 – 300.
- De Sherbinin, A., D. Balk, K. Yaguer, M. Jaiteh, F. Pozzi, C. Giri, and A. Wannebo. 2002. *A CIESIN Thematic Guide to Social Science Applications of Remote Sensing*. New York: Center for International Earth Science Information Network (CIESIN).

- Devaux, N., J. Fotsing, and J. Chéry. 2011. "Extraction automatique d'habitations en milieu rural de PED à partir de données THRS." *European Journal of Geography*, no. 1: 1 – 11.
- Entrena, F. 1992. "Cambios en la Concepción y en la Organización del Espacio Rural." *Estudios Regionales*, no. 34: 147 – 162.
- Evans, T., and E. Morgan. 2002. "Spatial Integration of Social and Biophysical Factors Related to Landcover Change." *Population and Development Review* 28. Supplement: Population and Environment: Methods of Analysis: 165 – 186.
- Francois, J., J. Reyes, y A. Pérez. 2003. "Evaluación de la confiabilidad temática de mapas o de imágenes clasificadas: Una Revisión." *Investigaciones Geográficas, Boletín Del Instituto de Geografía, UNAM*, no. 51: 53 – 72.
- Gatrell, J., and R. Jensen. 2008. "Sociospatial Applications of Remote Sensing in Urban Environments." *Geography Compass*, no. 2: 728 – 743.
- Geoghegan, J., L. Pritchard, Y. Ogneva - Himmelberger, R. Chowdhury, S. Sanderson, and B. Turner. 1998. "'Social the Pixel' and 'Pixelizing the Social' in Land – Use and Land – Cover Change." In *People and Pixels: Linking Remote Sensing and Social Science*, 50 – 93. Washington, D.C: National Academy Press.
- Gómez Piñeiro, F. 2000. "Análisis Geográfico y Las evaluaciones ambientales estratégicas." *Lurralde (Investigación y Espacio)*, no. 23. INGEBA: 11 – 20.
- González, S. 2010. "Integración de La dimensión espacial: Revisión de Los Principales Enfoques Analíticos." In *Reflexiones Sobre El Espacio En Las Ciencias Sociales*, 161 – 183. México, D.F.: Universidad Autónoma Metropolitana - Cuajimalpa.
- González, S., and A. Larralde. 2013. "Conceptualización y Medición de lo Rural. Una Propuesta Para Clasificar el Espacio Rural en México." http://www.conapo.gob.mx/en/CONAPO/Conceptualizacion_y_medicion_de_lo_rural_Una_propuesta_para_clasificar_el_espacio_rural_en_Mexico.
- Hansen, M., R. Dubayah, and R. DeFries. 1996. "Classification Trees: An Alternative to Traditional Land Cover Classifiers." *International Journal of Remote Sensing*, no. 17: 1075 – 1081.
- Hernández, A. 2002. *Breve Historia de Morelos*. Breves Historias de los Estados de la Republica Mexicana. México: El Colegio de México.
- Herrera, F. 2013. "Enfoques y Políticas de Desarrollo Rural En México. Una Revisión de Su Construcción Institucional." *Política Y Gestión Pública XXII* (1): 131 – 159.
- Hiernaux Nicolás, D. 2000. "Las Nuevas Formas Urbanas y Reestructuración del Mundo Rural." *Procesos Metropolitanos Y Agricultura Urbana*. UAM-X-CBS-CAD Y FAO, 31 – 41.
- Hinton, J. 1996. "GIS and Remote Sensing Integration for Environmental Applications." *International Journal of Geographic Information Systems* 10 (7): 877 – 890.
- Hoalst, P., and N. Patterson. 2011. "Applications and Trends of Remote Sensing in Professional Urban Planning." *Geography Compass* 5: 249 – 261.

- INEGI. 2007a. "Censo Ejidal". México: Instituto Nacional de Estadística y Geografía.
- . 2007b. "Censo Agrícola, Ganadero y Forestal". Instituto Nacional de Estadística y Geografía.
- . 2010. "Censo de Población y Vivienda". México: Instituto Nacional de Estadística y Geografía.
- . 2013. "Aspectos Técnicos de las Imágenes LANDSAT." http://www.inegi.org.mx/geo/contenidos/imgpercepcion/imgsatelite/doc/Aspectos_tecnicos_imagenes_%20landsat.pdf.
- Kam, T. 1995. "Integrating GIS and Remote Sensing Techniques for Urban Land-Cover and Land-Use Analysis." *Geocarto International*, no. 10: 39 – 49.
- Larousse. 2007. "Diccionario Manual de la Lengua Española". Larousse.
- Levi, S. 2006. "Geografía Humana y Geomática." *Instituto de Estudios Socioambientais. Boletín Goiano de Geografía. ARTIGOS 26 (1): 11 – 29.*
- Lewis, O. 1968. *Tepoztlán un pueblo de México*. Universidad de Texas, Illinois: Mortiz.
- Lillesand, T., and R. Kiefer. 2000. *Remote Sensing and Image Interpretation*. New York: John Wiley and Sons.
- Liverman, D., R. Moran, R. Rindfuss, and P. C. Stern. 1998. *People and Pixels: Linking Remote Sensing and Social Science*. Washington, D.C: National Academy Press.
- Lomas, C. 2009. "Dinámica de La Frontera Forestal en la Sierra Ajusco Chichinautzín". México: Colegio de Postgraduados, Instituto de Enseñanza e Investigación en Ciencias Agrícolas. http://www.cm.colpos.mx/inicio/images/tesis_p/forestal/tesis_dinamica.pdf.
- Lomnitz, C. 1982. *Evolución de Una Sociedad Rural*. Vol. 27. 29465 Series. México: Fondo de Cultura Económica.
- Manrique, S., V. Núñez, J. Franco, y L. Seghezzo. 2010. "Predicción de Biomasa Natural a Partir de Sensores Remotos En El Valle de Lerma." *Avances, Energías Renovables y Medio Ambiente 14 (6): 63 – 70.*
- Mesev, V. 2003. "Remotely Sensed Cities: An Introduction." In *Remotely Sensed Cities*, 1 – 19. London: Taylor and Francis.
- Metternich, G. 2003. "Vegetation Indices Derived from High – Resolution Airborne Videography for Precision Crop Management." *International Journal of Remote Sensing 24 (14): 2855 – 2877.*
- More, D., y J. Comas. 2004. *Estadística Básica Aplicada*. 2da ed. España: Antoni Bosch.
- Moreno, A. 2008. "Delimitación de Áreas próximas y Polígonos de Voronoi/Thiessen En Sistemas y Análisis de Información Geográfica." In *Manual de Autoaprendizaje Con Arc GIS*, 940. México.

- Munguía, J., y M. Castellanos. 1997. *Morelia y Tepoztlán: Dos Aproximaciones Sociológicas*. 1a ed. UAM, Unidad Xochimilco, División de Ciencias Sociales y Humanidades, Departamento de Relaciones Sociales.
- Municipio de Tepoztlán. 2004. "Programa de Ordenamiento Ecológico del Territorio del Municipio de Tepoztlán, Morelos."
- Paniagua, A., y K. Hoggart. 2002. "Lo Rural, ¿hechos, discursos o representaciones? Una perspectiva geográfica de un debate dlásico." *Globalización Y Mundo Rural*, no. 803: 61 – 71.
- Pérez, K., Y. Hernández, y C. Toledo. 1998. "Análisis Espacial de los Aspectos Demográficos, Agrarios y Ambientales de tres Municipios de la Montaña de Guerrero." *Investigaciones Geográficas*, no. 37: 37 – 58.
- Pickles, J. 1997. "Tool or Science?: GIS Techno-Science and the Theoretical Turn." *Annals of the Association of American Geographers* 8: 363 – 372.
- Porter, M. 1998. "Cluster and the New Economics of Competition." *Harvard Busines Review*, no. Nov - Dic: 78 – 79.
- Redfield, R. 1930. *Tepoztlán, a Mexican Village: A Study of Folk Life*. Chicago University Press.
- Retana, A., y A. Némiga. 2010. "La Teledetección Como Herramienta Para La Localización de Espacios Propensos para el Desarrollo Sustentable. Caso: Sustentabilidad Social en el Sureste de La Zona Metropolitana de La Ciudad de Toluca." *Revista de Estudios Urbanos, Regionales, Territoriales Ambientales Y Sociales* 12 (1): 84 – 95.
- Richards, J., and X. Xia. 1999. *Remote Sensing Digital Image Analysis: An Introduction*. Berlín: Springer.
- Rindfuss, R., and P. Stern. 1998. "Linking Remote Sensing and Social Science: The Need and the Challenges." In *People and Pixels: Linking Remote Sensing and Social Science*, 70 – 93. Washington, D.C: National Academy Press.
- Rodríguez, A., y M. Saborío. 2008. "Lo Rural es diverso: evidencia para el Caso de Costa Rica". Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. <http://www.iica.int/Esp/organizacion/LTGC/DesRural/Publicaciones%20Desarrollo%20Rural/URBANO%20-%20RURAL.pdf>.
- Rosas, M. 1997. *Tepoztlán: crónica de desacatos y resistencia*. Vol. 281. México, D.F.: Ediciones Era.
- Ruiz-Azuara, P. 1993. "Monitoring Water Quality in a Small Mexican Coastal Lagoon with ' Simultaneous' Landsat Imagery: Multi-Temporal Approach." *International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing*, no. 29: 367–367.
- Sabalaín, C. 2005. "El Concepto de 'rural' En los Países de La Región". Unidad de Desarrollo Agrícola, CEPAL.
- Salazar, A. 2002. "El Uso Social del Patrimonio Cultural: El Dilema de La Ciudadanización." *Revista de Arqueología Americana*, no. 21: 107–21.

- Secretaría de Desarrollo Urbano y Obras Públicas. 2002. "Programa Estatal de Desarrollo Urbano 2007 - 2012."
- Simmel, G. 1986. *Sociología: Estudios sobre la Socialización*. Madrid: Alianza.
- Sobrinó, J. 2000. *Teledetección*. Valencia: Universidad de Valencia.
- Toledo, V., P. Alarcón - Cháires, y L. Barón. 2002. *La Modernización Rural de México: Un Análisis Socioecológico*. México: Instituto Nacional de Ecología. <http://www.inecc.gob.mx/descargas/publicaciones/356.pdf>.
- Tomadonij, C., y S. Knierbein. 2009. "La Producción del Espacio Urbano en cambio." *Gestión Y Ambiente* 12 (1): 13 – 17.
- Trejo, I., y J. Hernández. 1996. "Identificación de la Selva Baja Caducifolia en el Estado de Morelos." *Investigaciones Geográficas*, no. 5: 1 – 18.
- Turner, M., D. Wear, and R. Flam. 1996. "Land Ownership and Land-Cover Change in the Southern Appalachian Highlands and the Olympic Peninsula." *Ecological Society of America* 6 (4). Ecological Applications: 1150 – 1172.
- Vega, A., J. López, y L. Manzo. 2008. "Análisis espectral y visual de vegetación y uso del suelo con Imágenes LANDSAT ETM con apoyo de fotografías aéreas digitales en el corredor Biológico Chichinautzin, Morelos, México." *Investigaciones Geográficas, Boletín Del Instituto de Geografía, UNAM*, no. 67: 59 – 75.
- Velázquez, M. 2008. "La construcción de un movimiento ambiental en México. El club de golf en Tepoztlán, Morelos." *Región y Sociedad: Revista de El Colegio de Sonora* 20 (43).
- . 2009. *Los Movimientos Ambientalistas de Tepoztlán, Morelos y El Cytrar en Hermosillo, Sonora*. México: El Colegio de Sonora Hermosillo.
- Villalvazo, P., J. Corona, y S. García. 2002. "Urbano-Rural, Constante búsqueda de fronteras conceptuales." *Revista De Información y Análisis*, no. 20: 17 – 24.
- Young, J., and G. Sánchez. 2004. "The Role of Geographical Information Systems and Optical Remote Sensing in Monitoring Boreal Ecosystems." *Ecological Bulletins*, no. 51: 363 – 378.

Anexos

Anexo 1. Total de Localidades que comprende el municipio de tepoztlán.

(Datos obtenidos a partir del ITER, 2010 con variables del Censo de Población y Vivienda 2010)

| ID | CLAVE | NOMBRE DE LA LOCALIDAD | LONGITUD | LATITUD | ALTITUD | POBLACIÓN | MARGINACIÓN | ÁMBITO |
|----|-----------|---------------------------------------|----------|---------|---------|-----------|-------------|--------|
| 1 | 170200001 | Tepoztlán | 990559 | 185907 | 1703 | 14130 | Bajo | Urbano |
| 2 | 170200002 | Colonia Ángel Bocanegra | 990147 | 185535 | 1263 | 1235 | Medio | Rural |
| 3 | 170200003 | Amatlán de Quetzalcóatl | 990211 | 185844 | 1634 | 1029 | Medio | Rural |
| 4 | 170200004 | Ixcatepec | 990425 | 185822 | 1651 | 786 | Bajo | Rural |
| 5 | 170200005 | San Andrés de la Cal | 990652 | 185725 | 1483 | 1383 | Bajo | Rural |
| 6 | 170200006 | Santa Catarina | 990825 | 185811 | 1623 | 4521 | Bajo | Urbano |
| 7 | 170200007 | Santiago Tepetlapa | 990435 | 185758 | 1571 | 847 | Bajo | Rural |
| 8 | 170200008 | Santo Domingo Ocotitlán | 990341 | 190046 | 2072 | 1541 | Alto | Rural |
| 9 | 170200009 | San Juan Tlacotenco | 990538 | 190102 | 2378 | 1890 | Alto | Rural |
| 10 | 170200010 | Colonia Obrera | 990220 | 185554 | 1279 | 1316 | Muy bajo | Rural |
| 11 | 170200011 | Acolapan | 990749 | 185401 | 1399 | 5 | Muy alto | Rural |
| 12 | 170200017 | Colonia Tecmilco | 990340 | 185804 | 1638 | 107 | Medio | Rural |
| 13 | 170200021 | Achichipico | 990423 | 185902 | 1673 | 21 | Bajo | Rural |
| 14 | 170200025 | Rancho mi Ilusión (Xaltepetlaoztoc) | 990807 | 185733 | 1547 | 6 | | Rural |
| 15 | 170200027 | Amilcingo | 990509 | 185644 | 1341 | 5 | | Rural |
| 16 | 170200028 | Cacaloapan | 990424 | 185600 | 1294 | 94 | Alto | Rural |
| 17 | 170200031 | Atiopa (Mi Bohío) | 990416 | 185538 | 1263 | 18 | Medio | Rural |
| 18 | 170200032 | Huehucóyotl | 990347 | 190003 | 2015 | 25 | Bajo | Rural |
| 19 | 170200036 | Kilómetro 14 (Tempampulco) | 990740 | 185819 | 1649 | 11 | Medio | Rural |
| 20 | 170200038 | Tlaltépetl | 990646 | 190030 | 2079 | 164 | Alto | Rural |
| 21 | 170200039 | Colonia Chichco (Chisco) | 990347 | 185738 | 1519 | 103 | Alto | Rural |
| 22 | 170200041 | Mirador de la Pera | 990838 | 190107 | 2297 | 4 | | Rural |
| 23 | 170200042 | La Palapa | 990246 | 185817 | 1663 | 75 | Alto | Rural |
| 24 | 170200046 | Huachinantitla | 990704 | 185858 | 1798 | 181 | Bajo | Rural |
| 25 | 170200052 | Huecuagco | 990920 | 185832 | 1627 | 41 | Alto | Rural |
| 26 | 170200053 | Kilómetro 10 (El Sombrero) | 990933 | 185830 | 1648 | 25 | Alto | Rural |
| 27 | 170200054 | Cuitzcuixtlatl (Kilómetro 14.5) | 990708 | 185819 | 1721 | 14 | Alto | Rural |
| 28 | 170200061 | Monte Castillo | 990704 | 185926 | 1859 | 14 | Alto | Rural |
| 29 | 170200067 | Los Farallones de Santiago (Chahuapa) | 990410 | 185744 | 1519 | 39 | Medio | Rural |
| 30 | 170200068 | Campo Tetela | 990755 | 185901 | 1727 | 14 | Muy alto | Rural |
| 31 | 170200069 | Cerro Cuate | 990532 | 185833 | 1661 | 13 | Medio | Rural |
| 32 | 170200070 | Colonia Benito Juárez | 990142 | 185603 | 1295 | 64 | Medio | Rural |
| 33 | 170200071 | El Texcal | 990351 | 185850 | 1717 | 50 | Medio | Rural |
| 34 | 170200072 | Escalontlajco (El Mirador) | 990341 | 185923 | 1892 | 12 | Medio | Rural |
| 35 | 170200074 | Kilómetro 15 | 990707 | 185832 | 1744 | 53 | Alto | Rural |
| 36 | 170200075 | Kilómetro 15.5 | 990658 | 185849 | 1786 | 30 | Muy bajo | Rural |
| 37 | 170200077 | El Pedregal | 990356 | 185741 | 1523 | 49 | Alto | Rural |
| 38 | 170200079 | La Quinta Piedra | 990401 | 185542 | 1259 | 3 | | Rural |
| 39 | 170200081 | Tecuezcontitla | 990658 | 185825 | 1741 | 37 | Alto | Rural |

| | | | | | | | | |
|----|-----------|---|--------|--------|------|------|----------|--------|
| 40 | 170200082 | Tehuixcorral (Colonia San Martín Caballero) | 990428 | 185700 | 1399 | 64 | Alto | Rural |
| 41 | 170200083 | Tepepatlaxco | 990343 | 185951 | 1982 | 24 | Alto | Rural |
| 42 | 170200084 | Tlapetaloya | 990318 | 185903 | 1791 | 46 | Bajo | Rural |
| 43 | 170200085 | Tetecolala | 990946 | 185521 | 1440 | 1449 | Medio | Rural |
| 44 | 170200086 | Texio | 990431 | 185715 | 1435 | 31 | Medio | Rural |
| 45 | 170200087 | Tiamacosclippac | 990351 | 185937 | 1937 | 7 | Muy bajo | Rural |
| 46 | 170200088 | Vista al Valle (Tlaxomolco) | 990503 | 185824 | 1635 | 66 | Alto | Rural |
| 47 | 170200090 | Cuaxoxoco | 990322 | 185846 | 1742 | 5 | Medio | Rural |
| 48 | 170200091 | El Bohío (Techcualichcuac) | 990406 | 185552 | 1274 | 19 | Medio | Rural |
| 49 | 170200092 | Cazahuatla | 990716 | 185837 | 1754 | 26 | Medio | Rural |
| 50 | 170200093 | Colonia Cuahquiahuac | 990717 | 190019 | 1996 | 57 | Bajo | Rural |
| 51 | 170200095 | Tlalnáhuac (Texalo) | 990417 | 185732 | 1467 | 47 | Alto | Rural |
| 52 | 170200096 | Capadero | 990240 | 185633 | 1399 | 2 | | Rural |
| 53 | 170200097 | Colonia Loma Esmeralda | 990909 | 185448 | 1426 | 929 | Alto | Rural |
| 54 | 170200099 | Loma Bonita | 991032 | 185553 | 1490 | 2332 | Alto | Rural |
| 55 | 170200100 | Paso Ancho (Tlanexpa) | 990443 | 185614 | 1320 | 4 | | Rural |
| 56 | 170200101 | Rancho los Ojuelos | 990540 | 185714 | 1367 | 5 | | Rural |
| 57 | 170200102 | Unidad Habitacional Rinconada Acolapa | 990753 | 185350 | 1401 | 3205 | Bajo | Urbano |
| 58 | 170200103 | Xolatlaco | 990406 | 185844 | 1695 | 75 | Bajo | Rural |
| 59 | 170200104 | Colonia Huilotepec | 990408 | 185759 | 1578 | 798 | Medio | Rural |
| 60 | 170200105 | La Joya | 990727 | 185350 | 1471 | 20 | Alto | Rural |
| 61 | 170200106 | Barrio de la Santa Cruz | 990615 | 185944 | 1943 | 23 | Medio | Rural |
| 62 | 170200107 | Colonia del Carmen | 990358 | 185825 | 1652 | 458 | Alto | Rural |
| 63 | 170200108 | Colonia los Ocotes | 990658 | 185952 | 1937 | 193 | Alto | Rural |
| 64 | 170200109 | Tetenco | 991057 | 185609 | 1513 | 341 | Alto | Rural |
| 65 | 170200110 | Ampliación Milpillas | 991048 | 185655 | 1562 | 138 | Alto | Rural |
| 66 | 170200111 | Camino Antiguo a Tepoztlán | 991052 | 185748 | 1634 | 137 | Alto | Rural |
| 67 | 170200112 | Tecuahuatl | 991051 | 185826 | 1705 | 31 | Alto | Rural |
| 68 | 170200113 | Lomas del Pedregal | 990905 | 185450 | 1430 | 957 | Alto | Rural |
| 69 | 170200114 | Otlahyo (Camino Antiguo a Santo Domingo) | 990401 | 185906 | 1745 | 31 | Bajo | Rural |
| 70 | 170200115 | Cerritos de García (Textilacatl) | 991053 | 185728 | 1602 | 131 | Alto | Rural |
| 71 | 170200116 | Bosques de Santa Catarina | 990842 | 185453 | 1437 | 13 | Muy alto | Rural |
| 72 | 170200118 | Chichihuitecan | 991056 | 185857 | 1784 | 10 | Alto | Rural |

Elaboración propia con base en los datos del Censo de Población y Vivienda, (INEGI, 2010)

Anexo 2. Datos censales y de superficie de las 63 localidades seleccionadas a partir de la creación de los polígonos de Thiessen.

| CLAVE | Num de loc. | Nombre de la localidad | Área total Km2 | Población total 2010 | Densidad poblaciona l |
|-----------|-------------|---|----------------|----------------------|-----------------------|
| 170200001 | 1 | Tepoztlán | 3,175 | 14.130 | 4.451,04 |
| 170200002 | 2 | Colonia Ángel Bocanegra (Adolfo López Mateos) | 0,422 | 1.235 | 2.929,73 |
| 170200003 | 3 | Amatlán de Quetzalcóatl | 11,882 | 1.029 | 86,6 |
| 170200004 | 4 | Ixcatepec | 0,832 | 786 | 944,69 |
| 170200005 | 5 | San Andrés de la Cal | 8,664 | 1.383 | 159,62 |
| 170200006 | 6 | Santa Catarina | 2,937 | 4.521 | 1.539,24 |
| 170200007 | 7 | Santiago Tepetlapa | 1,262 | 847 | 671,24 |
| 170200008 | 8 | Santo Domingo Ocotitlán | 15,596 | 1.541 | 98,81 |
| 170200009 | 9 | San Juan Tlacotenco | 27,168 | 1.890 | 69,57 |
| 170200010 | 10 | Colonia Obrera | 2,238 | 1.316 | 588,09 |
| 170200011 | 11 | Colonia Tecmilco | 1,264 | 107 | 84,63 |
| 170200012 | 12 | Achichipico | 2,908 | 21 | 7,22 |
| 170200013 | 13 | Rancho mi Ilusión (Xaltepetlaoztoc) | 8,384 | 6 | 0,72 |
| 170200014 | 14 | Amilcingo | 4,438 | 5 | 1,13 |
| 170200015 | 15 | Cacaloapan | 1,01 | 94 | 93,1 |
| 170200016 | 16 | Atiopa (Mi Bohío) | 3,2 | 18 | 5,62 |
| 170200017 | 17 | Huehucóyotl | 4,017 | 49 | 12,2 |
| 170200018 | 18 | Kilómetro 14 (Tempampulco) | 1,92 | 11 | 5,73 |
| 170200019 | 19 | Tlaltépetl | 5,591 | 164 | 29,33 |
| 170200020 | 20 | Colonia Chichco (Chisco) | 2,496 | 152 | 60,89 |
| 170200021 | 21 | Mirador de la Pera | 31,607 | 4 | 0,13 |
| 170200022 | 22 | La Palapa | 4,077 | 75 | 18,4 |
| 170200023 | 23 | Huachinantitla | 1,396 | 211 | 151,17 |
| 170200024 | 24 | Hueycuagco | 8,992 | 66 | 7,34 |
| 170200025 | 25 | Monte Castillo | 1,563 | 14 | 8,96 |
| 170200026 | 26 | Los Farallones de Santiago (Chahuapa) | 0,337 | 39 | 115,56 |
| 170200027 | 27 | Campo Tetela | 4,813 | 14 | 2,91 |
| 170200028 | 28 | Cerro Cuate | 2,884 | 13 | 4,51 |
| 170200029 | 29 | Colonia Benito Juárez | 2,767 | 64 | 23,13 |
| 170200030 | 30 | El Texcal | 0,516 | 50 | 96,81 |
| 170200031 | 31 | Escalontlajco (El Mirador) | 0,987 | 12 | 12,15 |
| 170200032 | 32 | Kilómetro 15 | 0,686 | 79 | 115,22 |
| 170200033 | 33 | Tecuezcontitla | 2,242 | 51 | 22,75 |
| 170200034 | 34 | Tehuixcorral (Colonia San Martín Caballero) | 1,964 | 64 | 32,58 |

| | | | | | |
|-----------|----|--|-------|-------|----------|
| 170200035 | 35 | Tlapetlaloja | 2,518 | 46 | 18,27 |
| 170200036 | 36 | Tetecolala | 4,03 | 1.449 | 359,58 |
| 170200037 | 37 | Texio | 1,055 | 31 | 29,37 |
| 170200038 | 38 | Tiamacosclippac | 1,318 | 7 | 5,31 |
| 170200039 | 39 | Vista al Valle (Tlaxomolco) | 1,834 | 66 | 36 |
| 170200040 | 40 | Cuaxoxoco | 1,037 | 5 | 4,82 |
| 170200041 | 41 | El Bohío (Techualichcuac) | 2,844 | 22 | 7,73 |
| 170200042 | 42 | Colonia Cuahquiahuac | 4,213 | 57 | 13,53 |
| 170200043 | 43 | Tlalnáhuac (Texalo) | 0,663 | 47 | 70,85 |
| 170200044 | 44 | Capadero | 6,108 | 2 | 0,33 |
| 170200045 | 45 | Loma Bonita | 2,193 | 2.332 | 1.063,47 |
| 170200046 | 46 | Paso Ancho (Tlanexpa) | 4,29 | 4 | 0,93 |
| 170200047 | 47 | Rancho los Ojuelos | 4,743 | 5 | 1,05 |
| 170200048 | 48 | Unidad Habitacional Rinconada Acolapa | 1,627 | 3.220 | 1.978,91 |
| 170200049 | 49 | Xolatlaco | 0,439 | 75 | 171,03 |
| 170200050 | 50 | Colonia Huilotepec | 0,496 | 798 | 1.608,31 |
| 170200051 | 51 | La Joya | 7,375 | 20 | 2,71 |
| 170200052 | 52 | Barrio de la Santa Cruz | 3,28 | 23 | 7,01 |
| 170200053 | 53 | Colonia del Carmen | 0,62 | 458 | 739,11 |
| 170200054 | 54 | Colonia los Ocotes | 1,203 | 193 | 160,38 |
| 170200055 | 55 | Tetenco | 0,655 | 341 | 520,79 |
| 170200056 | 56 | Ampliación Milpillás | 3,679 | 138 | 37,51 |
| 170200057 | 57 | Camino Antiguo a Tepoztlán | 1,539 | 137 | 89,03 |
| 170200058 | 58 | Tecuahuítl | 1,687 | 31 | 18,37 |
| 170200059 | 59 | Lomas del Pedregal | 1,129 | 1.886 | 1.670,94 |
| 170200060 | 60 | Otlahyo (Camino Antiguo a Santo Domingo) | 0,566 | 31 | 54,77 |
| 170200061 | 61 | Cerritos de García (Textilacatl) | 1,309 | 131 | 100,08 |
| 170200062 | 62 | Bosques de Santa Catarina | 8,169 | 13 | 1,59 |
| 170200063 | 63 | Chichihuitecan | 7,761 | 10 | 1,29 |

Elaboración propia con base en los datos del Censo de Población y Vivienda, (INEGI, 2010)

**Anexo 3. Proporción de uso de suelo en % de acuerdo a las 5 categorías establecidas
en la clasificación de la imagen satelital de las 63 localidades del municipio de
Tepoztlán.**

| Num | Nombre de la localidad | Superficie en % | | | | |
|-----|---|-----------------|--------------------|-----------------|---------------|---------------------|
| | | Cultivos | Vegetación Natural | Área construida | Suelo desnudo | Afloramiento rocoso |
| 1 | Tepoztlán | 57,93 | 17,93 | 20,24 | 3,23 | 0,68 |
| 2 | Colonia Ángel Bocanegra (Adolfo López Mateos) | 31,61 | 25,61 | 40,55 | 2,16 | 0,07 |
| 3 | Amatlán de Quetzalcóatl | 20,67 | 51,82 | 1,08 | 3,54 | 22,89 |
| 4 | Ixcatepec | 44,91 | 35,52 | 13,50 | 4,98 | 1,09 |
| 5 | San Andrés de la Cal | 26,30 | 62,78 | 3,15 | 7,34 | 0,43 |
| 6 | Santa Catarina | 55,91 | 14,36 | 11,59 | 17,53 | 0,61 |
| 7 | Santiago Tepetlapa | 45,52 | 46,42 | 5,36 | 1,78 | 0,92 |
| 8 | Santo Domingo Ocotitlán | 14,61 | 80,79 | 0,52 | 2,58 | 1,49 |
| 9 | San Juan Tlacotenco | 10,60 | 83,85 | 0,79 | 3,16 | 1,60 |
| 10 | Colonia Obrera | 26,44 | 52,55 | 10,07 | 10,88 | 0,05 |
| 11 | Colonia Tecmilco | 40,47 | 37,98 | 6,14 | 14,39 | 1,03 |
| 12 | Achichipico | 47,72 | 37,59 | 4,62 | 4,60 | 5,47 |
| 13 | Rancho mi Ilusión (Xaltepetlaoztoc) | 38,31 | 43,23 | 1,43 | 16,54 | 0,49 |
| 14 | Amilcingo | 37,00 | 52,32 | 3,84 | 6,64 | 0,20 |
| 15 | Cacaloapan | 28,24 | 60,97 | 5,11 | 5,63 | 0,06 |
| 16 | Atiopa (Mi Bohío) | 18,60 | 72,63 | 5,35 | 3,40 | 0,03 |
| 17 | Huehucóyotl | 34,81 | 50,63 | 1,52 | 7,61 | 5,43 |
| 18 | Kilómetro 14 (Tempampulco) | 54,17 | 17,95 | 4,00 | 23,12 | 0,76 |
| 19 | Tlaltépetl | 27,12 | 70,14 | 1,34 | 0,51 | 0,89 |
| 20 | Colonia Chichco (Chisco) | 30,43 | 47,00 | 5,86 | 16,24 | 0,47 |
| 21 | Mirador de la Pera | 13,20 | 84,10 | 0,22 | 1,44 | 1,05 |
| 22 | La Palapa | 32,47 | 47,76 | 2,57 | 16,45 | 0,74 |
| 23 | Huachinantitla | 46,04 | 17,97 | 10,44 | 24,32 | 1,23 |
| 24 | Hueycuagco | 43,04 | 27,80 | 1,82 | 25,17 | 2,17 |
| 25 | Monte Castillo | 48,80 | 34,09 | 3,89 | 12,11 | 1,11 |
| 26 | Los Farallones de Santiago (Chahuapa) | 25,15 | 57,47 | 6,62 | 10,26 | 0,49 |
| 27 | Campo Tetela | 48,25 | 13,90 | 0,94 | 35,29 | 1,62 |
| 28 | Cerro Cuate | 50,45 | 42,37 | 4,64 | 1,68 | 0,85 |
| 29 | Colonia Benito Juárez | 15,86 | 69,75 | 1,84 | 11,92 | 0,63 |
| 30 | El Texcal | 18,83 | 48,57 | 1,80 | 30,51 | 0,28 |
| 31 | Escalontlajco (El Mirador) | 21,52 | 50,39 | 0,58 | 26,07 | 1,44 |
| 32 | Kilómetro 15 | 48,77 | 21,48 | 6,39 | 22,07 | 1,29 |
| 33 | Tecuezcontitla | 30,58 | 57,90 | 0,90 | 7,66 | 2,96 |
| 34 | Tehuixcorral (Colonia San Martín Caballero) | 23,34 | 59,26 | 5,54 | 11,72 | 0,15 |
| 35 | Tlapetlaloja | 18,24 | 57,08 | 0,47 | 20,93 | 3,29 |
| 36 | Tetecolala | 15,75 | 69,51 | 9,66 | 5,04 | 0,04 |
| 37 | Texio | 22,64 | 68,60 | 4,72 | 3,91 | 0,12 |

| | | | | | | |
|----|--|-------|-------|-------|-------|------|
| 38 | Tiamacosclippac | 43,91 | 41,39 | 1,05 | 10,95 | 2,69 |
| 39 | Vista al Valle (Tlaxomolco) | 62,56 | 29,03 | 5,40 | 2,35 | 0,65 |
| 40 | Cuaxoxoco | 26,93 | 33,03 | 3,86 | 35,68 | 0,50 |
| 41 | El Bohío (Techualichcuac) | 23,42 | 63,92 | 1,77 | 10,89 | 0,01 |
| 42 | Colonia Cuahquiahuac | 63,53 | 30,76 | 2,27 | 1,37 | 2,06 |
| 43 | Tlalnáhuac (Texalo) | 24,38 | 63,12 | 5,05 | 7,27 | 0,18 |
| 44 | Capadero | 16,67 | 70,28 | 0,79 | 11,88 | 0,38 |
| 45 | Loma Bonita | 26,28 | 52,61 | 14,55 | 6,54 | 0,02 |
| 46 | Paso Ancho (Tlanexpa) | 22,69 | 70,63 | 3,63 | 3,02 | 0,03 |
| 47 | Rancho los Ojuelos | 32,22 | 61,15 | 2,44 | 3,98 | 0,22 |
| 48 | Unidad Habitacional Rinconada Acolapa | 21,91 | 68,18 | 4,99 | 4,81 | 0,11 |
| 49 | Xolatlaco | 32,92 | 46,79 | 6,66 | 12,55 | 1,08 |
| 50 | Colonia Huilotepec | 25,19 | 44,82 | 4,19 | 25,46 | 0,35 |
| 51 | La Joya | 17,22 | 76,69 | 1,15 | 4,74 | 0,19 |
| 52 | Barrio de la Santa Cruz | 38,57 | 43,37 | 5,17 | 6,75 | 6,14 |
| 53 | Colonia del Carmen | 26,56 | 46,94 | 6,12 | 19,75 | 0,62 |
| 54 | Colonia los Ocotes | 65,56 | 28,96 | 2,73 | 1,34 | 1,42 |
| 55 | Tetenco | 35,95 | 22,17 | 38,83 | 3,04 | 0,00 |
| 56 | Ampliación Milpillas | 14,57 | 74,76 | 3,19 | 7,31 | 0,17 |
| 57 | Camino Antiguo a Tepoztlán | 24,23 | 54,08 | 1,39 | 20,03 | 0,27 |
| 58 | Tecuahuítl | 44,51 | 36,11 | 2,92 | 15,60 | 0,86 |
| 59 | Lomas del Pedregal | 20,19 | 51,05 | 20,52 | 8,23 | 0,01 |
| 60 | Otlahyo (Camino Antiguo a Santo Domingo) | 24,16 | 55,58 | 0,82 | 16,29 | 3,14 |
| 61 | Cerritos de García (Textilacatl) | 23,99 | 51,41 | 2,47 | 21,88 | 0,24 |
| 62 | Bosques de Santa Catarina | 18,00 | 71,84 | 0,62 | 9,46 | 0,08 |
| 63 | Chichihuitecan | 30,63 | 54,66 | 0,34 | 12,79 | 1,58 |

Elaboración propia con base en los datos del Censo de Población y Vivienda, (INEGI, 2010) y de la Clasificación de la Imagen SPOT 5.

Anexo 4. Resultados del análisis de clúster para las 63 localidades del municipio de Tepoztlán.

| Num | Nombre de la localidad | área total Km2 | población total 2010 | densidad poblacional | Superficie en % | | | | | cluster |
|-----|---|----------------|----------------------|----------------------|-----------------|--------------------|-----------------|---------------|---------------------|-------------------|
| | | | | | cultivos | vegetación natural | área construida | suelo desnudo | afloramiento rocoso | |
| 2 | Colonia Ángel Bocanegra (Adolfo López Mateos) | 0,422 | 1.235 | 2.929,73 | 31,61 | 25,61 | 40,55 | 2,16 | 0,07 | Perimetropolitano |
| 3 | Amatlán de Quetzalcóatl | 11,882 | 1.029 | 86,60 | 20,67 | 51,82 | 1,08 | 3,54 | 22,89 | En transición |
| 4 | Ixcatepec | 0,832 | 786 | 944,69 | 44,91 | 35,52 | 13,50 | 4,98 | 1,09 | En transición |
| 5 | San Andrés de la Cal | 8,664 | 1.383 | 159,62 | 26,30 | 62,78 | 3,15 | 7,34 | 0,43 | En transición |
| 6 | Santa Catarina | 2,937 | 4.521 | 1.539,24 | 55,91 | 14,36 | 11,59 | 17,53 | 0,61 | En transición |
| 7 | Santiago Tepetlapa | 1,262 | 847 | 671,24 | 45,52 | 46,42 | 5,36 | 1,78 | 0,92 | En transición |
| 8 | Santo Domingo Ocotitlán | 15,596 | 1.541 | 98,81 | 14,61 | 80,79 | 0,52 | 2,58 | 1,49 | En transición |
| 9 | San Juan Tlacotenco | 27,168 | 1.890 | 69,57 | 10,60 | 83,85 | 0,79 | 3,16 | 1,60 | En transición |
| 10 | Colonia Obrera | 2,238 | 1.316 | 588,09 | 26,44 | 52,55 | 10,07 | 10,88 | 0,05 | En transición |
| 11 | Colonia Tecmilco | 1,264 | 107 | 84,63 | 40,47 | 37,98 | 6,14 | 14,39 | 1,03 | Tradicional |
| 12 | Achichipico | 2,908 | 21 | 7,22 | 47,72 | 37,59 | 4,62 | 4,60 | 5,47 | Tradicional |
| 13 | Rancho mi Ilusión (Xaltepetlaoztoc) | 8,384 | 6 | 0,72 | 38,31 | 43,23 | 1,43 | 16,54 | 0,49 | Tradicional |
| 14 | Amilcingo | 4,438 | 5 | 1,13 | 37,00 | 52,32 | 3,84 | 6,64 | 0,20 | Tradicional |
| 15 | Cacaloapan | 1,010 | 94 | 93,10 | 28,24 | 60,97 | 5,11 | 5,63 | 0,06 | Tradicional |
| 16 | Atiopa (Mi Bohío) | 3,200 | 18 | 5,62 | 18,60 | 72,63 | 5,35 | 3,40 | 0,03 | Tradicional |
| 17 | Huehucóyotl | 4,017 | 49 | 12,20 | 34,81 | 50,63 | 1,52 | 7,61 | 5,43 | Tradicional |
| 18 | Kilómetro 14 (Tempampulco) | 1,920 | 11 | 5,73 | 54,17 | 17,95 | 4,00 | 23,12 | 0,76 | Tradicional |
| 19 | Tlaltépetl | 5,591 | 164 | 29,33 | 27,12 | 70,14 | 1,34 | 0,51 | 0,89 | Tradicional |
| 20 | Colonia Chichco (Chisco) | 2,496 | 152 | 60,89 | 30,43 | 47,00 | 5,86 | 16,24 | 0,47 | Tradicional |
| 21 | Mirador de la Pera | 31,607 | 4 | 0,13 | 13,20 | 84,10 | 0,22 | 1,44 | 1,05 | Tradicional |
| 22 | La Palapa | 4,077 | 75 | 18,40 | 32,47 | 47,76 | 2,57 | 16,45 | 0,74 | Tradicional |
| 23 | Huachinantitla | 1,396 | 211 | 151,17 | 46,04 | 17,97 | 10,44 | 24,32 | 1,23 | Tradicional |
| 24 | Hueycuagco | 8,992 | 66 | 7,34 | 43,04 | 27,80 | 1,82 | 25,17 | 2,17 | Tradicional |
| 25 | Monte Castillo | 1,563 | 14 | 8,96 | 48,80 | 34,09 | 3,89 | 12,11 | 1,11 | Tradicional |
| 26 | Los Farallones de Santiago (Chahuapa) | 0,337 | 39 | 115,56 | 25,15 | 57,47 | 6,62 | 10,26 | 0,49 | Tradicional |
| 27 | Campo Tetela | 4,813 | 14 | 2,91 | 48,25 | 13,90 | 0,94 | 35,29 | 1,62 | Tradicional |
| 28 | Cerro Cuate | 2,884 | 13 | 4,51 | 50,45 | 42,37 | 4,64 | 1,68 | 0,85 | Tradicional |
| 29 | Colonia Benito Juárez | 2,767 | 64 | 23,13 | 15,86 | 69,75 | 1,84 | 11,92 | 0,63 | Tradicional |
| 30 | El Texcal | 0,516 | 50 | 96,81 | 18,83 | 48,57 | 1,80 | 30,51 | 0,28 | Tradicional |
| 31 | Escalontlajco (El Mirador) | 0,987 | 12 | 12,15 | 21,52 | 50,39 | 0,58 | 26,07 | 1,44 | Tradicional |
| 32 | Kilómetro 15 | 0,686 | 79 | 115,22 | 48,77 | 21,48 | 6,39 | 22,07 | 1,29 | Tradicional |
| 33 | Tecuezcotitla | 2,242 | 51 | 22,75 | 30,58 | 57,90 | 0,90 | 7,66 | 2,96 | Tradicional |
| 34 | Tehuixcorral (Colonia San Martín Caballero) | 1,964 | 64 | 32,58 | 23,34 | 59,26 | 5,54 | 11,72 | 0,15 | Tradicional |

| | | | | | | | | | | |
|----|--|-------|-------|----------|-------|-------|-------|-------|------|---------------|
| 35 | Tlapetlaloya | 2,518 | 46 | 18,27 | 18,24 | 57,08 | 0,47 | 20,93 | 3,29 | Tradicional |
| 36 | Tetecolala | 4,030 | 1.449 | 359,58 | 15,75 | 69,51 | 9,66 | 5,04 | 0,04 | En transición |
| 37 | Texio | 1,055 | 31 | 29,37 | 22,64 | 68,60 | 4,72 | 3,91 | 0,12 | Tradicional |
| 38 | Tiamacosclippac | 1,318 | 7 | 5,31 | 43,91 | 41,39 | 1,05 | 10,95 | 2,69 | Tradicional |
| 39 | Vista al Valle (Tlaxomolco) | 1,834 | 66 | 36,00 | 62,56 | 29,03 | 5,40 | 2,35 | 0,65 | Tradicional |
| 40 | Cuaxoxoco | 1,037 | 5 | 4,82 | 26,93 | 33,03 | 3,86 | 35,68 | 0,50 | Tradicional |
| 41 | El Bohío (Techualichcuac) | 2,844 | 22 | 7,73 | 23,42 | 63,92 | 1,77 | 10,89 | 0,01 | Tradicional |
| 42 | Colonia Cuahquiahuc | 4,213 | 57 | 13,53 | 63,53 | 30,76 | 2,27 | 1,37 | 2,06 | Tradicional |
| 43 | Tlalnáhuac (Texalo) | 0,663 | 47 | 70,85 | 24,38 | 63,12 | 5,05 | 7,27 | 0,18 | Tradicional |
| 44 | Capadero | 6,108 | 2 | 0,33 | 16,67 | 70,28 | 0,79 | 11,88 | 0,38 | Tradicional |
| 45 | Loma Bonita | 2,193 | 2.332 | 1.063,47 | 26,28 | 52,61 | 14,55 | 6,54 | 0,02 | En transición |
| 46 | Paso Ancho (Tlanexpa) | 4,290 | 4 | 0,93 | 22,69 | 70,63 | 3,63 | 3,02 | 0,03 | Tradicional |
| 47 | Rancho los Ojuelos | 4,743 | 5 | 1,05 | 32,22 | 61,15 | 2,44 | 3,98 | 0,22 | Tradicional |
| 48 | Unidad Habitacional Rinconada Acolapa | 1,627 | 3.220 | 1.978,91 | 21,91 | 68,18 | 4,99 | 4,81 | 0,11 | Tradicional |
| 49 | Xolatlaco | 0,439 | 75 | 171,03 | 32,92 | 46,79 | 6,66 | 12,55 | 1,08 | Tradicional |
| 50 | Colonia Huilotepec | 0,496 | 798 | 1.608,31 | 25,19 | 44,82 | 4,19 | 25,46 | 0,35 | En transición |
| 51 | La Joya | 7,375 | 20 | 2,71 | 17,22 | 76,69 | 1,15 | 4,74 | 0,19 | Tradicional |
| 52 | Barrio de la Santa Cruz | 3,280 | 23 | 7,01 | 38,57 | 43,37 | 5,17 | 6,75 | 6,14 | Tradicional |
| 53 | Colonia del Carmen | 0,620 | 458 | 739,11 | 26,56 | 46,94 | 6,12 | 19,75 | 0,62 | Tradicional |
| 54 | Colonia los Ocotes | 1,203 | 193 | 160,38 | 65,56 | 28,96 | 2,73 | 1,34 | 1,42 | Tradicional |
| 55 | Tetenco | 0,655 | 341 | 520,79 | 35,95 | 22,17 | 38,83 | 3,04 | 0,00 | En transición |
| 56 | Ampliación Milpillas | 3,679 | 138 | 37,51 | 14,57 | 74,76 | 3,19 | 7,31 | 0,17 | Tradicional |
| 57 | Camino Antiguo a Tepoztlán | 1,539 | 137 | 89,03 | 24,23 | 54,08 | 1,39 | 20,03 | 0,27 | Tradicional |
| 58 | Tecuahuitl | 1,687 | 31 | 18,37 | 44,51 | 36,11 | 2,92 | 15,60 | 0,86 | Tradicional |
| 59 | Lomas del Pedregal | 1,129 | 1.886 | 1.670,94 | 20,19 | 51,05 | 20,52 | 8,23 | 0,01 | En transición |
| 60 | Otlahyo (Camino Antiguo a Santo Domingo) | 0,566 | 31 | 54,77 | 24,16 | 55,58 | 0,82 | 16,29 | 3,14 | Tradicional |
| 61 | Cerritos de García (Textilacatl) | 1,309 | 131 | 100,08 | 23,99 | 51,41 | 2,47 | 21,88 | 0,24 | Tradicional |
| 62 | Bosques de Santa Catarina | 8,169 | 13 | 1,59 | 18,00 | 71,84 | 0,62 | 9,46 | 0,08 | Tradicional |
| 63 | Chichihuitecan | 7,761 | 10 | 1,29 | 30,63 | 54,66 | 0,34 | 12,79 | 1,58 | Tradicional |

Elaboración propia con base en los datos del Censo de Población y Vivienda, (INEGI, 2010) y de la Clasificación de la Imagen SPOT 5.