



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MÉXICO



FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES

CAMPUS-IZTACALA

“Elaboración de un Sistema de Información Geográfica Medio Ambiental (SIGMA) como herramienta base para el Programa de Ordenamiento Ecológico y Territorial del Municipio de Tequixquiac, Edo. de México”.

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

B I O L O G O

PRESENTA:

Mónica Chico Avelino



Director: Dr. Raymundo Montoya Ayala

Los Reyes Iztacala, Tlalnepantla, Edo. de México



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

La biología es una ciencia
que estudia a los seres vivos
con detalle y a conciencia
analiza sus mecanismos
aplicando una metodología.

La vida es evolución
una rama de la biología
por medio de adaptación
por su parte la ecología
a nivel de población.

La flora estudia los vegetales
se ayuda de la taxonomía
la fauna a los animales
a insectos la entomología
con estudios integrales.

Hoy lo digo con alegría
a todos mis camaradas
que yo estudie biología
con muchas gotas sudadas
lo reitero sin lugar a dudas
que viva la FES-Iztacala

Mónica "Luna Huasteca"

Dedicatorias

A mis padres...por haberse conocido, enamorado y haberme dado la vida, por ser mi ejemplo de lucha, disciplina, amor, pasión, respeto...por ayudarme a verla como un ciclo en el que en ocasiones uno se encuentra abajo y otras arriba y darme las herramientas necesarias para enfrentarla de la mejor manera, sin esperar nada a cambio más que mi bien estar y mi felicidad. Gracias también por todo su apoyo y comprensión en todo momento y bajo cualquier circunstancia, por soportar todas mis locuras, mis borracheras, mis berrinches, mis enojos, mis lágrimas...los amo.

A Bruno...al niño más maravilloso de todo el mundo, que me ha enseñado todo lo que se de los niños, por que gracias a ti me tuve que aprender todas las canciones de cri-cri a mano y de memoria y a ver la mitad del día tus programas favoritos, por que desde hace algún tiempo eres parte de mi motivación en la vida, por ser tan sensible. Te amo Brus...gracias por llegar a nuestras vidas.

A Rodrigo...por tu cariño, amistad, confianza, comprensión, gracias por intentar aceptar nuestras diferencias, por que siempre me has apoyado a tu manera, eres muy especial para mi; gracias por todos los momentos compartidos...te quiero

Agradecimientos

A la vida, a las circunstancias, al destino, que siempre me ha puesto en el momento y en el lugar indicado.

A mi *Alma Mater* la Universidad Nacional Autónoma de México, por haberme aceptado para ser parte de esta comunidad Universitaria, permitiéndome crecer académica y personalmente, y en especial a la Facultad de Estudios Superiores Iztacala por arroparme para lograr mis estudios profesionales en la maravillosa carrera de Biología.

A mi asesor el Dr. Raymundo Montoya Ayala, por todo el apoyo que siempre me ha brindado, por la confianza otorgada, por su valiosa amistad, por las buenas charlas, por las comidas, por la grandiosa persona que es y por aceptarme como soy y por instruirme en el área de los SIG...gracias de todo corazón.

A los sinodales de este trabajo, a la M. en C. Mayra Mónica Hernández Moreno, a la M. en C. Etain Varona Granel, al M. en C. Francisco López Galindo, al Biol. Arnulfo Reyes Mata, por su tiempo dedicado y sugerencias para mejorar este proyecto.

A todos mis profesores de carrera, por su labor y su gran pasión de educarnos con tanta dedicación, espero no haberlos decepcionado como alumna.

A mi profesor de coro Luis Merino Macias, por haberme enseñado tanto y aunque ya no estés conmigo siempre permanecerás en mi corazón y en mi canto.

A todo el gremio huapanguero que gracias a la FES-I pude conocer, a mis compañeros del taller, a Gina y a Odette las lunas huastecas, pero en especial a mi profesor Felipe Ignacio Valle Robles.

A Vladimir, gracias por tu amor, tu comprensión, tu respeto, tu palabra de aliento, por que en el tiempo que llevamos juntos, me has regresado ese ímpetu de amar, y por que tus ojos siembran mi futuro y tu alma es la sombra que me hacía falta en mi camino. Te amo...Dracul.

A mis amigos del CCH, Liz, Griselda, Erika, Magda, Gimel, Ari, Ale, Alexis, Jorge, Alan, Emilio, Ollín...por las vivencias compartidas.

A mis amigos de la FES-I Nayelli, Perla, Angie, Denisse, Lulú, Nancy, Fernando, Carlos, Diego, Abid, Miguel, Alonso, Nancy V.,Raúl, Cristian, David, Mario, Roxy, Ada, Marta, ...y todo los que me faltan, por todos momentos, las prácticas, las fiestas, las desveladas, las clases, las peleas, los conciertos...en fin por todo.

A mi tío Joaquín, por todo el amor y apoyo incondicional que me ha brindado en todo momento.

Mónica Chico Avelino "Luna Huasteca"

Índice

1.0 Introducción	1
2.0 Justificación	2
3.0 Marco conceptual	3
3.1 Ordenamiento Ecológico y Territorial	3
3.1.1 Antecedentes de Ordenamiento.....	4
3.1.2 Modalidades de Ordenamiento Ecológico.....	5
3.1.3 Fases del Programa de Ordenamiento Ecológico y Territorial	7
3.2 Los Sistemas de Información Geográfica	9
3.2.1 Definición de un Sistema de Información Geográfica.....	9
3.2.2 Estructura de los Sistemas de Información Geográfica.....	10
3.2.3 Modelo Vectorial.....	11
3.2.4 Modelo Raster.....	12
3.2.5 Clasificación de las Funciones de los Sistemas de Información Geográfica.....	13
3.2.6 Aplicaciones de los Sistemas de Información Geográfica.....	14
3.2.7 Sistema de Información Geográfica Medio Ambiental (SIGMA).....	16
4.0 Antecedentes	17
5.0 Objetivos	19
5.1 Objetivo General.....	19
5.2 Objetivos Particulares.....	19
6.0 Área de Estudio	20
6.1 Localización.....	20
6.2 Orografía.....	21
6.3 Hidrografía.....	21
6.4 Clima.....	21
6.5 Geología y suelos.....	21
6.6 Vegetación y Usos de suelo.....	24
7.0 Metodología	26
7.1 Físicos.....	27
7.2 Socio-económicos.....	27
8.0 Resultado y Análisis	30
9.0 Aplicación del SIGMA a tres modelos prácticos	44
9.1 Valoración del riesgo de incendio.....	44
9.2 Valoración de la calidad de la vegetación del Municipio de Tequixquiac....	60
9.3 Localización optima de un vertedero de Residuos Sólidos Urbanos.....	67
10.0 Conclusiones	81
11.0 Propuestas	84
12.0 Bibliografía	87
13.0 Anexo Cartográfico	93

Índice de figuras

Figura 1. Representación vectorial de la información geográfica.....	12
Figura 2. Representación raster de la información geográfica.....	13
Figura 3. Localización del área de estudio.....	20
Figura 4. Distribución de las 27 estaciones meteorológicas, pertenecientes y aledañas al municipio de Tequixquiac.....	28
Figura 5. Representación del modelo de riesgo de incendio mostrando la integración de los factores considerados.....	51
Figura 6. Representación de la integración temática del modelo de la calidad de la vegetación.....	62
Figura 7. Modelo para la localización óptima de vertedero de residuos sólidos urbanos (RSU) del Municipio de Tequixquiac.....	72

Índices de graficas

Gráfica 1. Proporción en porcentaje de la vegetación y usos de suelo presente en Tequixquiac.....	30
Gráfica 2. Porcentaje de los tipos de suelo presentes en el territorio del municipio de Tequixquiac.....	32
Gráfica 3. Predominio de los climas con base en el grado de humedad en porcentaje	35
Gráfica 4. Porcentajes de los tres sectores económicos primario, secundario y terciario, en el Municipio de Tequixquiac.....	43
Gráfica 5. Representación en porcentaje de la superficie ocupada por cada uno por cada una de las clases de riesgo de incendio en el territorio de Tequixquiac, del primer semestre del año.....	56
Gráfica 6. Superficie ocupada por cada una de las clases de riesgo de incendio en el territorio de Tequixquiac, en porcentajes del segundo semestre.....	56
Gráfica 7. Superficie abarcada en porcentaje por cada una de las clases de calidad de la vegetación de Tequixquiac.....	64
Gráfica 8. Porcentaje de las zonas aptas y no aptas del Municipio de Tequixquiac, para El establecimiento del vertedero de RSU.....	76
Gráfica 9. Porcentaje de las clasificaciones de las zonas aptas en el territorio del municipio de Tequixquiac, para el establecimiento del vertedero de RSU.....	77

Índices de Tablas

Tabla 1. Representa los valores mínimos y máximos en °C de las temperaturas.....	32
Tabla 2. Valores mínimos y máximos de las precipitaciones y la evapotranspiración....	33
Tabla 3. Densidades poblacionales correspondientes a los Censos poblacionales INEGI 2000 y 2005, para cada una de las localidades.....	39
Tabla 4. Datos de la población económicamente activa e inactiva, del censo poblacional INEGI 2000, de las localidades.....	
Tabla 5. Clasificación de la vegetación, a partir de su combustibilidad intrínseca, con valores de 1 para los riesgos más bajos y 4 para los riesgos más alto.....	41
Tabla 6. Clasificación de la temperatura para el riesgo de incendio, del municipio de Tequixquiac.....	46
Tabla 7. Clasificación de la evapotranspiración para el riesgo de incendio, del Municipio de Tequixquiac.....	47
Tabla 8. Clasificación de la precipitación para el riesgo de incendio, del municipio de Tequixquiac.....	47
Tabla 9. Clasificación de la geomorfología en clases fisiográficas en cuatro clases.....	49
Tabla 10. Producción de RSU por núcleo urbano del Municipio de Tequixquiac.....	78
Tabla 11. Superficie de las cinco áreas seleccionadas para la ubicación del vertedero de RSU, para el municipio de Tequixquiac.....	79

RESUMEN

El Objetivo del presente trabajo fue elaborar un Sistema de Información Geográfica Medio Ambiental (SIGMA), con el fin de tomarlo como herramienta base para la caracterización dentro del Programa de Ordenamiento Ecológico y Territorial del Municipio de Tequixquiac Edo. de México, de igual manera para hacer tres estudios de caso, que fueron riesgo de incendio, calidad de la vegetación y la evaluación de la localización más óptima de un Vertedero de Residuos Sólidos Urbanos, estos como fase de análisis. La metodología consistió en recopilación de la información hasta el momento existente para el municipio, creándose una base de datos georeferenciada con factores biológicos, físicos y socioeconómicos, la información se obtuvo de la SEDESOL, SEMATNAT-INE, INEGI, IGECM, CNA, CONABIO. Para la fase de análisis se utilizó la información incorporada y digitalizada, siguiendo modelos aplicados para cada uno de los casos. El municipio de Tequixquiac se localiza al norte del Estado de México, se encuentra en las coordenadas UTM latitud norte 2, 195, 618 m mínima, 2, 206, 853 m máxima, longitud oeste 493,892 m mínima, 476, 311 m máxima. Limita con los municipios de Apaxco, Atotonilco de Tula, Huehuetoca, Hueypoxtla y Zumpango, cuenta con una extensión de 141.28 km². Entre los principales productos de este trabajo están la elaboración de 33 mapas temáticos. Se encontró que existen 7 tipos de vegetación Bosque Fragmentado, Pastizal, Matorral Xerófilo, Agricultura de riego y temporal y áreas reforestadas, siendo el bosque el que mayor superficie comprende. El municipio cuenta con ríos de 2do. nivel que son de temporal, lo que nos sugiere que cuenta con pocos recursos hidrológicos. Se identificaron 3 Unidades de suelo Feozem, Vertisol y Cambisol, siendo el primero el que más área cubre. El clima que predomina el área es Seco. La temperatura Máxima Normal Anual oscila entre 22 y 25° y la Mínima entre 6 y 6.91°. La Precipitación Normal se encuentra en valores de 570.61 a 849.97 mm/año. El área presenta una altitud de 2,165 a 2,591 msnm y una pendiente de 0 a 35.91°. Existen 13 localidades en el área. La densidad de poblacional es de 31,080 habitantes, de los cuales el 50.83 % son mujeres y el 49.14 % hombres. El sector terciario es al que más se dedica la población. El riesgo de incendio del territorio es Alto, en el primer semestre y Medio en el segundo semestre del año. La máxima calidad de la vegetación la presentó el Bosque Fragmentado. El área óptima para el vertedero de RSU se localiza al Noreste del Municipio. Sin embargo se puede decir que hacen falta estudios de la planeación del territorio a nivel comunidad, ya que ayudan conocer el entorno ecológico y socialmente.

1.0 INTRODUCCIÓN

En los últimos años, la preocupación por los problemas ambientales ha crecido como consecuencia de un deterioro acelerado de la calidad de vida. Después de muchas décadas explotación intensa y acelerada de los recursos naturales, nuestro territorio muestra grados significativos de perturbación en los ecosistemas que lo componen (SEDUE, 1986).

La enorme diversidad biológica de México no ha correspondido hasta ahora, con el aprovechamiento más adecuado de los ecosistemas, recursos naturales, especies silvestres y protección de acervos genéticos y funciones ecológicas. Esta gran riqueza ha sido en algunos casos sobre explotada y en otros desaprovechada, perdiéndose así oportunidades presentes y futuras de desarrollo rural ligadas a la conservación y utilización sustentable de la misma (INE, 1997).

México debe contar con más y mejor información sobre las necesidades de desarrollo de la capacidad relacionada con los aspectos ambientales, la cual vincula entre sí los ámbitos natural, social e institucional del desarrollo, para identificar los conflictos inherentes a las relaciones que existen entre ellos y conducir el proceso hacia el desarrollo sustentable (Delgado y Rodríguez, 1996).

Para lograr el desarrollo sustentable se han establecido ciertas estrategias tanto políticas como ecológicas las cual es comprende los principios metodológicos para alcanzar estos objetivos como los programas de ordenamiento ecológico y territorial.

El Ordenamiento Ecológico y Territorial puede definirse como el conjunto de criterios, normas y planes que regulan las actividades y asentamientos sobre el territorio con el fin de conseguir una adecuada relación entre territorio, poblaciones, actividades, servicios e infraestructuras y el ambiente, es decir integra la planificación socioeconómica con la física, y de esta manera contribuir a la mejora del estilo de vida, la gestión responsable de los recursos naturales, la protección del medio ambiente y utilización racional del territorio (Gómez, 2002).

Como consecuencia de esto es frecuente la recopilación, tratamiento y análisis de la información para una investigación ambiental que resulta laboriosa, compleja y costosa. Por tal motivo es importante promover y ejercitar nuevas tecnologías geográficas de manejo y

gestión territorial. Cabe mencionar que la información ambiental suele ser a su vez información geográfica por lo tanto los Sistemas de Información Geográfica tiene actualmente una principal aplicación en temas ambientales a través de la generación de cartografía temática que apoye en el proceso (Lain, 1999).

2.0 JUSTIFICACIÓN

En México las características de los territorios en los que la administración municipal tiene lugar son de una gran diversidad tanto biológica, social y cultural. De manera general se pueden distinguir municipios urbanos, metropolitanos, rurales, costeros, indígenas, turísticos, entre otros, todos ellos se encuentran asociados, en mayor o en menor proporción, al desarrollo de una actividad económica predominante (INE-SEMARNAT-SEDESOL, 2003).

El gobierno del municipio de Tequixquiac requiere del conocimiento del estado actual de sus recursos naturales para potenciar su conservación, debido a que aparentemente se ha desarrollado una alta explotación y presión humana sobre los recursos naturales, unida al desencadenamiento de los riesgos y procesos que afectan al territorio y los han llevado a un estado de degradación de los recursos que debe ser frenado y aminorado.

Como consecuencia de la necesidad de realizar los Programas Municipales de Ordenamiento Ecológico y Territoriales y como una parte práctica de las técnicas desarrolladas por la Biología y los Sistemas de Información Geográfica, está cada vez más en uso la aplicación de una metodología propuesta para su realización.

Con el propósito de contar con una herramienta de rápido acceso y fácil manejo que le permita al gobierno del Estado de México y al gobierno Municipal tener una perspectiva general de la situación de los recursos Naturales y los factores físicos y socioeconómicos de la población de Tequixquiac a partir de la caracterización, se elaboró una base de datos georeferenciada con la implementación de un SIGMA, en la cual se puede generar una serie de análisis con los datos obtenidos con el fin iniciar la elaboración del Programa Municipal de Ordenamiento Ecológico y Territorial.

3.0 MARCO CONCEPTUAL

3.1 Ordenamiento Ecológico y Territorial

El ordenamiento ecológico del territorio es un instrumento de la política ambiental cuyo objeto es regular o inducir el uso del suelo y las actividades productivas, con el fin de lograr la protección del medio ambiente, la preservación y el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales, a partir del análisis de las tendencias de deterioro y de las potencialidades de aprovechamiento de los mismos, que está instituido por la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente desde 1988 (SEMARNAT-INE, 2005).

Por su parte el Ordenamiento Territorial Instrumento de política que permite la acción planificadora del territorio, la prevención de acciones para minimizar los desequilibrios territoriales, la ocupación y uso desordenado del territorio y las externalidades que provoca el crecimiento económico, ya que los mecanismos de mercado resultan insuficientes (Gudiño, 2001).

En México la planeación territorial es competencia principalmente de dos instituciones: la Secretaría de Desarrollo Social (SEDESOL), que promueve los ordenamientos territoriales, y la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), que promueve los ordenamientos ecológicos (INE-SEMARNAT-SEDESOL, 2003).

A partir del año 2000, la SEDESOL, junto con el Instituto de Ecología (INE), el Consejo Nacional de Población (CONAPO) y el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEGI), inició la promoción del Programa Estatal de Ordenamiento Territorial (PEOT) a escala 1:250,000 ante las autoridades estatales del país.

La SEMARNAT ha venido promoviendo la realización del Programa de Ordenamiento Ecológico Estatal (POEE) hasta el año 2006, 22 entidades federativas ya contaban con procesos de ordenamiento ecológico en diferentes fases, 7 decretados, 3 con estudio técnico concluido y 12 en elaboración (INE-SEMARNAT-SEDESOL, 2005).

En virtud del avance alcanzado al nivel estatal, la SEMARNAT y la SEDESOL han decidido unir esfuerzos y acercar sus visiones en la materia para impulsar y coordinar bajo un esquema metodológico común, la elaboración de ordenamientos municipales, cumpliendo así con

objetivos de carácter ecológico y territorial de ambas instituciones. De acuerdo con la Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (LGEEPA), el Programa del Ordenamiento Ecológico y Territorial se aplicara a la modalidad local (INE-SEMARNAT-SEDESOL, 2003).

El Ordenamiento Ecológico y Territorial surge entonces de la necesidad de manejar sustentablemente los recursos naturales, por lo que, en sentido estricto, constituye un proceso de planeación dirigido a evaluar y programar el estado, destino y manejo de los recursos naturales en el territorio, a fin de preservar y restaurar el equilibrio ecológico y proteger al ambiente (SEMARNAT-INE, 2005).

3.1.1 Antecedentes de Ordenamiento

La Declaración de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente Humano marcó un hito a nivel global en cuanto a la necesidad de planear el uso de los recursos naturales y de regular el crecimiento de los asentamientos humanos. A partir de entonces son diversos los países que utilizan al Ordenamiento del Territorio, con diferentes denominaciones, como un instrumento para planificar y regular en sus territorios las actividades productivas, conservar sus recursos naturales y mejorar la calidad de vida de sus poblaciones (SEMARNAT-INE, 2006).

En México, la planeación territorial se inicia con la publicación en 1976 de la Ley de General de Asentamientos Humanos. En concordancia a esta ley se crea la Secretaría de Asentamientos Humanos y Obras Publicas (SAHOP), la cual se encarga de planear y normar el desarrollo urbano-regional, el uso y conservación de los recursos naturales y la infraestructura (SEMARNAT-INE, 2006).

En 1982 la Ley Federal de Protección al Ambiente incluye por primera vez el concepto de Ordenamiento Ecológico como instrumento básico de la planeación ambiental. En 1983 se incorpora el Ordenamiento ecológico al Plan Nacional de Desarrollo y se crea la Secretaria de Desarrollo Urbano y Ecología (SEDUE), la que concentraría las atribuciones tanto del ordenamiento ecológico (incluyendo aspectos de flora y fauna) como del territorial (relacionado con los asentamientos humanos), la infraestructura y las obras publicas (INE-SEMARNAT-SEDESOL, 2005).

El programa de Ordenamiento Ecológico tiene su fundamento legal en los artículos 26 y 27 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos; 33, 34, 35 y 44 de la Ley de Planeación, 19 y 20 de la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente, que establece las competencias jurídicas y administrativas de la Federación, los Estados y municipios, en materia de ordenamiento ecológico del territorio, así como los criterios para la regulación ambiental de los asentamientos humanos (INE-SEMARNAT-SEDESOL, 2005).

3.1.2 Modalidades de Ordenamiento Ecológico

Al hablar de Procesos de Ordenamiento Ecológico del territorio es conveniente mencionar la totalidad de las modalidades en las que se pueden presentar los ordenamientos, así como las características más sobresalientes de los mismos y la distribución de competencias. De esta forma, de acuerdo con lo que establece la LGEEPA en sus artículos 5° fracción IX, 7° fracción IX, 8° fracción VIII y los artículos 19 Bis al 20 Bis 7, las siguientes modalidades:

- **Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio (OEGT)**

Tiene como objetivo fundamental, vincular las acciones y programas de la Administración Pública Federal cuyas actividades inciden en el patrón de ocupación del territorio. Su formulación deberá atender a lo establecido en el artículo 20 de la LGEEPA y el capítulo tercero de su Reglamento en Materia de Ordenamiento Ecológico.

- **Programa de Ordenamiento Ecológico Marino (OEM)**

Tendrán por objeto establecer los lineamientos y previsiones a que deberá sujetarse la preservación, restauración, protección y aprovechamiento sustentable de los recursos naturales existentes en áreas o superficies específicas ubicadas en zonas marinas mexicanas, incluyendo las zonas federales adyacentes. Se formularán conforme lo establece la LGEEPA en su artículo 20 bis 7 y bajo el procedimiento de los Programas de Ordenamiento Ecológico Regionales y con la participación que corresponda a otras dependencias de la Administración Pública Federal

- **Programa de Ordenamiento Ecológico Regional (OER).**

Tiene por objeto establecer y orientar la política de uso del suelo en función del impacto ambiental que generan las actividades productivas en regiones consideradas prioritarias o estratégicas para el país. Su formulación deberá atender a lo establecido en los artículos 20 bis 3 de la LGEEPA y 40 de su Reglamento en Materia de Ordenamiento Ecológico. Los OER presentan dos submodalidades:

- **De dos o más estados.**

Cuando una región ecológica se ubique en el territorio de dos o más entidades federativas, el Gobierno Federal, el de los Estados y Municipios respectivos, en el ámbito de sus competencias, podrán formular un programa de Ordenamiento Ecológico regional. Para tal efecto, la federación celebrará los acuerdos o convenios de coordinación procedentes con los gobiernos locales involucrados Art. 20 bis 2 LGEEPA.

- **De la totalidad o parte de un Estado.**

Los Gobiernos de los Estados en los términos de las Leyes locales aplicables, podrán formular y expedir programas de Ordenamiento Ecológico regional que abarquen la totalidad o una parte de una entidad federativa (Art. 20 bis 2 LGEEPA). En estos casos el Estado en cuestión puede invitar a participar al Gobierno Federal a través de la suscripción de un Convenio de Coordinación.

- **Programa de Ordenamiento Ecológico Local (OEL)**

Que abarquen la totalidad o parte del territorio del Municipio. Tienen como objetivo determinar el diagnóstico de las condiciones ambientales y tecnológicas, regular los usos del suelo fuera de los centros de población. En ellos se establecen los criterios de regulación ecológica de los centros de población, para que sean integrados en los programas de desarrollo urbano con carácter obligatorio para las autoridades municipales. De acuerdo con lo que establecen los artículos 20 bis 4 y bis 5 de la LGEEPA y los artículos 57 al 61 de su Reglamento en materia de Ordenamiento Ecológico. Asimismo, los municipios tendrán que formular su programa de ordenamiento con bases en las leyes locales en la materia. De igual

forma los municipios en cuestión podrán invitar al Gobierno Federal a participar en el Proceso de Ordenamiento Ecológico a través de la suscripción de un convenio de coordinación, o bien, en los casos en que exista un área natural protegida federal la participación del Gobierno Federal será cuestión obligada.

3.1.3 Fases del Programa Municipal Ordenamiento Ecológico y Territorial

El Ordenamiento Ecológico y Territorial se rige bajo los mismos principios y sigue las fases metodológicas de los estudios de planeación, todos ellos encaminados a comprender los elementos, procesos y mecanismos que intervienen en la estructura y la dinámica del uso del suelo y de los recursos naturales (SEDESOL, 2004).

El procedimiento que los consultores deberán cubrir, para la formulación del Ordenamiento ecológico y territorial al nivel municipal según la INE-SEMARNAT-SEDESOL, (2005) comprende 5 etapas consecutivas:

- Caracterización
- Diagnóstico
- Pronóstico y prospectiva
- Propuesta
- Instrumentación

Caracterización

El cual tiene como objetivo integrar un Sistema de Información para el Ordenamiento Ecológico y Territorial Municipal (SIOETM), con los insumos y subproductos cartográficos y estadísticos necesarios, organizados por subsistemas, que permitan llevar a cabo las etapas subsecuentes y desarrollar una propuesta de Ordenamiento con un sustento técnico sólido.

Diagnóstico

Tiene como objetivo identificar las relaciones y los procesos que determinan la existencia de conflictos territoriales en el municipio, que justifican la definición de áreas para la protección y la conservación, y que identifican áreas con aptitud para el desarrollo de actividades

humanas, es decir se trata de determinar las condiciones en que se encuentra el territorio municipal y a que se deben.

Pronóstico y Prospectiva

Con el objetivo de diseñar el escenario estratégico del municipio a partir del análisis de la evolución de los subsistemas físico-biótico, social-demográfico, económico-productivo y urbano-regional, con base en sus principales indicadores.

Propuesta

Tiene como objetivo generar un modelo de ordenamiento ecológico y territorial que maximice el consenso entre los sectores, minimice los conflictos ambientales, y favorezca el desarrollo integral y sustentable del municipio.

Instrumentación

La instrumentación de los programas es responsabilidad de la autoridad municipal, y corresponde al consultor proporcionar algunos insumos básicos necesarios para coadyuvar en la realización de esta etapa. La instrumentación tiene como objetivo definir tanto los caminos a seguir como las herramientas de gestión necesarias para poner en marcha y dar seguimiento al programa de Ordenamiento propuesto.

3.2 LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA

En los últimos 20 años las ciencias biológicas y medioambientales han tenido una revolución en lo que se refiere a las herramientas que utilizan para adquirir y analizar los datos requeridos para sus estudios. Esto ha sido posible a causa del avance en las tecnologías de la comunicación e informática, que permiten manejar mayor cantidad de datos y más complejos, los cuales pueden ser analizados rápidamente. Junto a estas tecnologías se han implementado instrumentos como los registradores de datos, y los paquetes estadísticos. El resultado de este tipo de herramientas es la creación y la aceptación de Los Sistemas de Información

Geográfica (SIG) que se crearon a partir de la necesidad de tener un manejo adecuado de los recursos, pues hasta hace poco tiempo, en los estudios ecológicos y de planificación física, se tenía un problema de la heterogeneidad espacial y temporal por que se carecía de una serie de herramientas para el manejo de sus datos (Johnson, 1990), así como de los métodos de análisis necesarios para representar el volumen de datos que podían tomar y representar fiablemente en los ecosistemas complejos. Los SIG son una herramienta para la planificación del territorio, usos de suelo, fragilidad y calidad del territorio, que le permite a los profesionistas que evalúan el territorio, tener manejo sobre la gran cantidad de datos que nos proporciona un área.

En la década de los años sesenta se da la aparición de los primeros SIG, sin embargo estas herramientas han pasado por fases y evoluciones. Los SIG actuales son capaces de gestionar, almacenar, representar e incluso desempeñar papeles fundamentales en aplicaciones avanzadas como la planificación del territorio (Bosque, 1992; Barredo, 1996). Esto hace a los SIG una gran y potente herramienta para la planificación cuando se cuenta con una base de datos suficientemente extensa para los fines que se requiera.

3.2.1 Definición de un Sistema de Información Geográfica

Un SIG puede definirse como una base de datos que permite evaluar, analizar y representar dichos datos de forma espacial. Sin embargo esto depende del Autor que se cite Cebrian (1988), dice que es una “base de datos computarizada que contiene información espacial”.

Por su parte Aronoff (1989), exterioriza que es un “sistema de informatizado que provee los siguientes conjuntos de operaciones para tratar datos georeferenciados: 1) entrada de datos, 2) uso de los datos (almacenamiento y recuperación), 3) manipulación y análisis y 4) salida”.

Haciendo una revisión crítica de las principales definiciones de los Sistemas de Información Geográfica, (Rodríguez,1993), propone la siguiente “Un SIG es un modelo informatizado del mundo real, descrito en un sistema de referencia ligado a la tierra, establecido para satisfacer necesidades de información específicas respondiendo a un conjunto de preguntas concretas”.

En las definiciones anteriormente mencionadas, el elemento fundamental hace referencia a que son datos espacialmente referenciados. Este elemento diferencia a los SIG de otras bases de datos especializadas. El dato espacial contiene, en su componente más elemental, características de localización (X, Y) y tipo de característica temática (Z), en las cuales se asienta la base de todas las operaciones posibles que puede realizar un SIG (Bosque, 1992).

3.2.2 Estructura de los Sistemas de Información Geográfica.

Los datos espaciales contenidos en un SIG pueden considerarse como un conjunto de mapas de una porción específica de la superficie, representando cada uno de ellos una variable temática, como red vial, hidrografía, usos del suelo, localización de pozos entre otras. Cuando la variable temática está introducida en el SIG, recibe el nombre de capa temática, en la que se representa una tipología específica de elementos del mundo real. Una capa temática es “un conjunto de elementos geográficos lógicamente relacionados y sus atributos temáticos” (Aronoff, 1989). También puede entenderse como la separación lógica de los datos espaciales de un mapa de acuerdo con un tema determinado; así, cada capa almacena un tipo particular y homogéneo de objetos espaciales. El término de mapa temático está ampliamente difundido y es muy usado (Hodgkiss, 1981), lo usa, no solamente para referirse a los mapas que tienen en general una información homogénea, como puede ser tipo de suelo o formas de la tierra, sino para propiedades mucho más específicas como, por ejemplo, la distribución de los valores del pH del suelo en una área de estudio, la variación de la incidencia de una enfermedad en una ciudad, o la variación de la presión atmosférica sobre un mapa meteorológico. Los temas pueden ser cuantitativos, como la variación de la profundidad en la zona freática, o cualitativos, como en un mapa de clases de usos de suelo.

En un SIG, los objetos espaciales pueden entenderse como la representación de los hechos espaciales en una capa temática. Los objetos se representan en función de los distintos tipos de unidades de observación que se pueden distinguir en la realidad (Bosque, 1992); a partir de las propiedades geométricas de un hecho real, obtenemos en un principio los datos geográficos contenidos en ella, con lo cual se lleva un proceso de abstracción y discretización de una información originalmente continua pudiendo luego, dependiendo del modelo de datos que utilicemos, representar los objetos por medio de puntos, líneas y áreas, en un modelo de datos vectoriales, o celdas en un modelo raster.

3.2.3 Modelo Vectorial

El modelo vectorial representa los objetos espaciales codificando, de modo explícito, sus “fronteras” (el límite o perímetro que separa el objeto del entorno). Las líneas que actúan de fronteras son representadas mediante las coordenadas de los puntos o vértices que delimitan los segmentos rectos que las forman (Bosque, 1992)

Los objetos puntuales (dimensión topológica 0), se representan mediante un par de coordenadas, X, Y de la posición del objeto. Los lineales (dimensión topológica 1) se aproximan mediante el trazado de segmentos lineales que cruzan sus vértices, y se representan mediante las coordenadas X, Y de esos vértices. Los polígonos (dimensión topológica 2) se codifican aproximando sus fronteras mediante segmentos lineales que se cortan igualmente en vértices. El elemento fundamental de referencia en este tipo de representación es el segmento lineal, delimitado por dos vértices, esto es válido en general si se admite que un punto es una línea con longitud cero (Aronoff, 1989; Bosque, 1992).

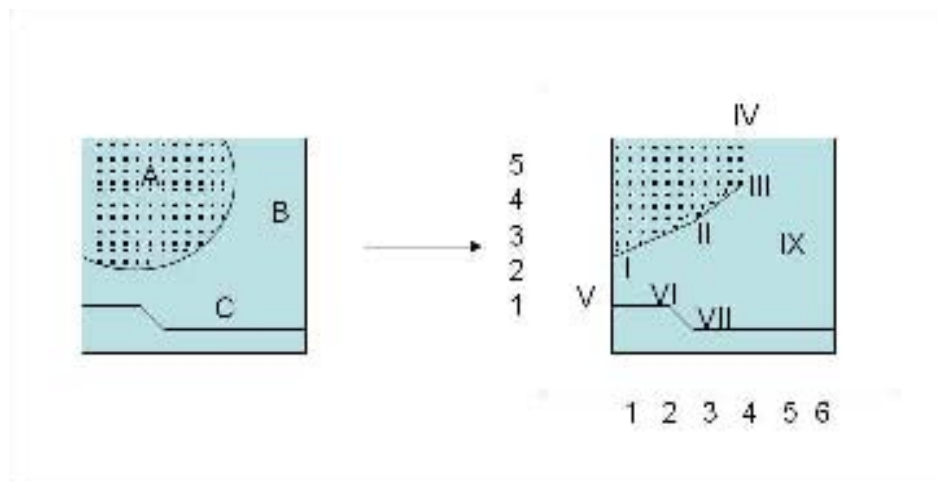


Fig. 1 Representación vectorial de la Información Geográfica.

3.2.4 Modelo Raster

En el modelo de datos raster, el espacio está representado por un conjunto de unidades espaciales llamadas píxeles (cuadrículas), las cuales representan unidades homogéneas de información espacial, que establecen su localización por un sistema de referenciación en filas y columnas. Las celdas se encuentran unidas formando una malla, pero en realidad no mantienen una relación entre ellas, ya que las fronteras de las regiones o áreas están definidas implícitamente, y no se reconocen a menos que se aplique un algoritmo de detección de fronteras, a diferencia del modelo vectorial, en el que cada objeto espacial representa una unidad de información homogénea, con una topología que define sus relaciones con los demás objetos espaciales de la capa temática (Barredo, 1996).

En el sistema raster un factor esencial es el tamaño del elemento base, el píxel, y asociado con él, el número total de filas y columnas de cuadrículas. El tamaño del píxel establece la escala del mapa, es decir, la relación que existe entre una longitud o superficie de la realidad y su representación en el mapa. Por esta razón, cuanto más pequeño sea el píxel, más precisa será la representación de la realidad en el mapa, pero al mismo tiempo, cuanto más pequeño sea el elemento base, mayor número de filas y columnas se necesitará para representar una misma porción del terreno y por lo tanto, más grande tendrá que ser el espacio del almacenamiento del mapa y más laborioso será su tratamiento y análisis (Bosque, 1992).

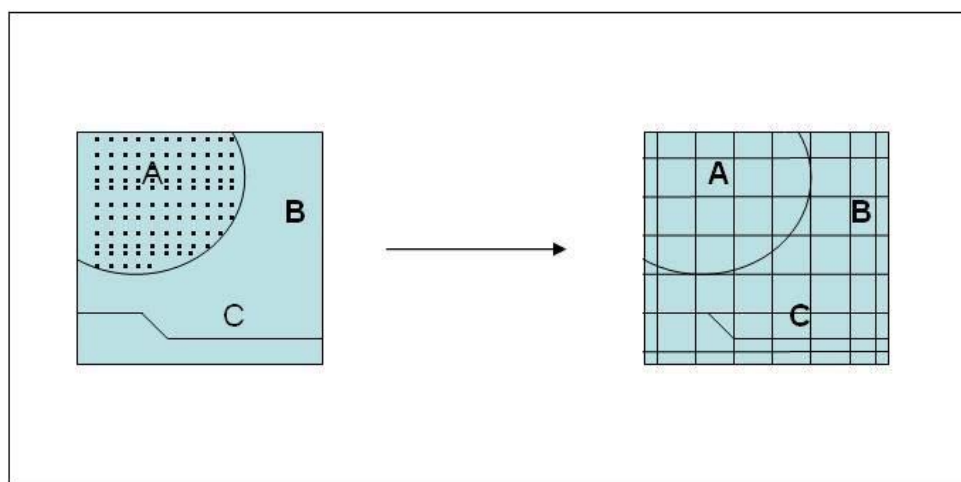


Fig. 2 Representación raster de la Información Geográfica

3.2.5 Clasificación de las Funciones de los Sistemas de Información Geográfica

Un SIG es, entre otras cosas, un programa de computadora con unas capacidades específicas que se pueden resumir en los siguientes subsistemas o componentes lógicos (Bosque *et al.*, 1997):

Entrada de Información: Son los procedimientos que permitan convertir la información geográfica del formato analógico, el habitual en el mundo real, al formato digital que puede manejar la computadora. Esta conversión se debe realizar manteniendo todas las características iniciales de los datos espaciales.

Salida / representación gráfica y cartográfica de la información: Se refiere a las actividades que sirven para mostrar los propios datos incorporados en la base de datos del SIG, y los resultados de las operaciones analíticas realizados sobre ellos. Permiten obtener mapas, gráficos, tablas numéricas y otro tipo de resultados en diferentes soportes: papel, pantallas gráficas u otros.

Gestión de Información Espacial: Con las cuales se extraen de la base de datos las porciones que interesan en cada momento, y es posible reorganizar todos los elementos integrados en ella de diversas maneras.

Analíticas: Son el elemento más característico de un SIG. Facilitan el procesamiento de los datos integrados en él de modo que sea posible obtener mayor información, y con ella mayor conocimiento del que inicialmente se disponía. Mediante su combinación apropiada se pueden construir los denominados modelos cartográficos, los cuales permiten resolver gran número de problemas de carácter espacial.

3.2.6 Aplicaciones de los Sistemas de Información Geográfica

Actualmente los problemas enfocados al medio ambiente han ocasionado una gran preocupación por parte de la población mundial. Como consecuencia de esto es frecuente la recopilación, tratamiento y análisis de la información para una investigación ambiental que

resulte laboriosa, compleja y costosa. Es por eso que se necesitan herramientas para el tratamiento, análisis y difusión de la información.

Cabe mencionar que la información ambiental suele ser a su vez información geográfica por lo tanto los Sistemas de Información Geográfica tienen actualmente una principal aplicación en temas ambientales que tiene un gran potencial y su uso crece de manera exponencial (Lain, 1999).

Otra aplicación muy frecuente de los SIG es la detección a los cambios. Los patrones de cambios de los usos de suelo (ganadería, agricultura, urbanización, etc.) y de cubierta vegetal en los suelos, la distribución y la diversidad de las especies, las condiciones atmosféricas o climas, sus patrones de cambio entre otras cosas, pueden ser simulados y analizados usando los SIG. Otros de los usos que nos brindan es la simulación ya que se puede predecir o simular como una población va a ser afectada por los cambios que sean introducidos a ese medioambiente por alterar los procesos en su ecosistema (Johnston y Naiman, 1990; Moen y Pastor, 1990).

Una aplicación característica de los Sistemas de Información Geográfica es en el análisis de la capacidad del territorio, es decir evaluación de las capacidades de recibir algún tipo de actividad humana en cada punto de una región. Así mismo las evaluaciones de impacto ambiental donde se trata de establecer la sensibilidad de cada punto del territorio ante la intervención humana concreta y con ello medir el posible impacto ambiental de las distintas actividades localizadas por el hombre.

Dentro de las aplicaciones de los SIG Arcillas (2002), menciona que en el campo ambiental se pueden diferenciar cinco ejemplos globales principales:

Realización de Cartografía e Inventarios Ambientales: En este grupo se incluyen aquellos trabajos cuya funcionalidad sea realizar un inventario de los recursos ambientales de un territorio concreto o la realización de la cartografía básica topográfica o temática.

Estudios ambientales y de Análisis del Paisaje: Incluidos aquí aquellos proyectos que tienen como objetivo final conocer y analizar algún aspecto ambiental o paisajístico.

Análisis de Riesgos y de Impacto Ambiental: Trabajos que usan un SIG para conocer, estudiar y predecir los factores de riesgo ambiental en cualquiera de sus formas, incluyendo los estudios de impacto ambiental. En este apartado pueden entrar, entre otros, los análisis de peligrosidad sísmica, predicción de movimiento de tierras, análisis de riesgos de inundación.

Modelización Ambiental: Comprende todos los trabajos cuyo objetivo sea el modelizar algún fenómeno ambiental o territorial. Por ejemplo crear modelos digitales de terrenos o elevaciones, cuencas visuales, etc.

Planificación y Gestión Ambiental: En este último apartado estarían incluidos todos los trabajos cuya finalidad sea la planificación y gestión ambiental tanto pública como privada.

3.2.7 Sistema de Información Geográfica Medio Ambiental (SIGMA)

Los Sistemas de Información Geográfica son una valiosa herramienta de apoyo a la toma de decisiones de diversa índole y a partir del gran aumento en el uso de estos, las aplicaciones de igual manera se han incrementado sobre todo en el análisis de los ámbitos medioambientales.

Un SIG orientado a la gestión ambiental debe responder a un proceso continuo y dinámico de análisis, toma de decisiones, organización y control de actividades, evaluación e implementación de acciones a futuro. La *Gestión Ambiental* debe procurar la viabilidad de las acciones humanas en términos ambientales las acciones humanas, es decir debe actuar en una triple dimensión temporal: acciones de recuperación o restauración, acciones de conciliación e incorporación de la dimensión ambiental para las acciones que ocurren hoy y acciones de prevención y de anticipación hacia el futuro (Gudiño, 2000).

Un Sistema de Información Geográfica permite recopilar y expresar cartográficamente un preciado volumen de información que era casi imposible de procesar, en tan breve tiempo, por métodos tradicionales, sobre todo para incorporar estos datos de alto valor científico a los procesos de manejo, toma de decisiones, política y estrategia de desarrollo, entre otras tareas (García et al., 1999).

Como buena parte de los problemas ambientales son el resultado de ineficiencias en la gestión de las actividades humanas, es también importante tener presente la necesidad del *Ordenamiento Territorial* (Gudiño, 2001).

Un Sistema de Información Geográfica Medio Ambiental (SIGMA), es una base de datos georeferenciada en la cual se incluyen datos físicos, biológicos, socioeconómicos y ambientales que nos permite obtener cartografía temática, es decir, podría entenderse como el proceso de caracterización de un territorio en el cual se integra toda la información existente de dicho territorio con el fin de tener un conocimiento de los recursos para así poder establecer estrategias de gestión y manejo de los recursos naturales y ambientales.

En el sistema productivo Australiano el SIGMA es considerado como un instrumento para la puesta a disposición de información medioambiental, compuesto por varias bases de datos medioambientales y que ofrece métodos de acceso y evaluación de alto rendimiento para la obtención de información medioambiental de los más variados temas. Suministra datos descriptivos del estado del medio ambiente en relación con la contaminación y los riesgos, conformando así la base para la adopción de medidas de cara a la preservación del medio ambiente.

4.0 ANTECEDENTES

Aguilar, en 1999, realizó una propuesta de Ordenamiento Ecológico del Municipio de Santiago de Anaya, Hgo. la cual se realizó en tres fases, descriptiva, diagnóstico y propositiva. Primero se llevó a cabo la caracterización del Municipio, evaluó la situación actual en el manejo y aprovechamiento de los recursos naturales a través de índices (uso de suelo, capacidad agrícola, erosión laminar y calidad de agua), así como el uso potencial agrícola, pecuario y forestal de la zona, reportando que la principal actividad del municipio es la agricultura de temporal y la de baja proporción es la agrícola de riego, que la población en mayor porcentaje es Otomí con alto grado de marginación y emigración, se sostienen económicamente de actividades agropecuarias, industria de construcción, comercio y servicios. Proponiendo así que se realicen estudios en la afeción de suelo, realizar rotación de cultivos, revegetar y reforestar con especies adaptadas al medio y regular actividades ganaderas, entre otras.

La Secretaría de Ecología del Gobierno del Estado de México en 1999, llevó a cabo el Programa de Ordenamiento Ecológico del Territorio del Estado de México el cual se realizó en cinco fases, la primera de ellas fue la descriptiva en el cual se abarcaron los subsistemas del medio físico, social y económico. La otra fase fue la de diagnóstico, en el cual se evaluó la calidad y estado del aire, suelo, agua, recursos bióticos (flora y fauna), usos de suelo como ganadería, agricultura, silvicultura e industria. Fase de regionalización en donde se establecieron niveles de regionalización y tipificación ecológica. La fase propositiva en el establecimiento de zonas de atención prioritaria, factibilidad ambiental, modelo de ordenamiento ecológico del territorio y criterios de regulación ecológica. Y por lo último la fase de gestión e instrumentación, instrumentos de control, regulación, fomento, coordinación, económicos y de planeación por municipio.

Castillo y colaboradores en el 2000, realizaron el Programa Estatal de Ordenamiento Territorial (PEOT) del estado de Chiapas, el cual esta estructurado en cuatro fases. La I y II consistieron en un diagnóstico general para determinar la funcionalidad actual del sistema territorial y así proporcionar las bases para revertir, prevenir o modificar los efectos e inercias negativas presentes en la entidad federativa. Por consiguiente, este diagnóstico y análisis se aplicó a tres grandes rubros: las condiciones físico ambientales, las sociales y las económicas de estado (subsistema natural, social y económico) obteniendo la conformación de una extensa Base Geográfica Digital a escala 1: 250,000 cubriendo en capas de información de los tres subsistemas, además de la obtención de mapas, figuras y tablas de datos para cada tema de esta base geográfica digital. Las fases III y IV consistieron en elaborar un análisis integrado de los tres subsistemas. Se evaluó el uso del territorio, el desarrollo socioeconómico municipal y regional, la integración funcional del territorio para poder diseñar los escenarios de uso y aprovechamiento de territorio que permiten proponer modelos de uso y aprovechamiento de territorio y elaborar el Programa Estatal de Ordenamiento Territorial.

En 1997 la Secretaría de Medio Ambiente para el Desarrollo Sustentable del Gobierno de Jalisco, realizó el Modelo de Ordenamiento Ecológico Territorial y un Sistema de Información Geográfica Ambiental (SIGA) en el cual se puede consultar en línea la Información Cartográfica Digital del Programa de Ordenamiento Ecológico Territorial del Estado de Jalisco a Escala 1:250,000. Entre los resultados mas importantes para la gestión de los recursos naturales, esta la cartografía de zonas prioritarias para la conservación en el estado. El Estudio, al igual que la cartografía generada como resultado de este Modelo de

Ordenamiento ecológico, se realizó a Escala 1:50,000, y entre la cartografía base utilizada se encuentran las zonas urbanas, los Límites Municipales, Carreteras Federales y Estatales, censos de poblacionales y Curvas de Nivel, entre otros.

García y col., (1999), implementaron un Sistema Información Geográfica para la gestión y ordenamiento del ecosistema Sabana-Camagüey, creando la cartografía base a una escala 1: 25, 000 y 1: 50, 000. Abordando temáticas como Oceanografía, Ecología Terrestre, Ecología Marina, Planeamiento regional, Uso de la tierra, Meteorología, Educación Ambiental, Manejo de recursos naturales, Turismo y Ecología ambiental, para los estudios geográficos obteniendo dichos mapas temáticos.

Gudiño en el 2000, propuso el diseño de un Sistema de Información Geográfica para el ordenamiento territorial de la zona litoral de Río Negro, Argentina y la gestión de sus recursos naturales, generando y poniendo en marcha de un Observatorio Ambiental.

5.0 OBJETIVOS

La elaboración de un SIGMA tiene como propósito contribuir en la orientación y planeación del desarrollo de las actividades humanas, para lo cual integra la información dependiendo de la región. El ordenamiento adecua enfoques, métodos y procedimientos que permiten traducir políticas de desarrollo en acciones concretas para resolver las problemáticas específicas que experimenta el territorio (INE-SEMARNAT-SEDESOL, 2003). En este sentido, el ordenamiento debe ser visto como un instrumento para el fomento del desarrollo de actividades productivas más convenientes, es por ello que se plantean los siguientes objetivos para este proyecto.

5.1 Objetivo General

Elaborar un Sistema de Información Geográfica Medio Ambiental (SIGMA) que sirva como base para la caracterización en el desarrollo del Programa Municipal de Ordenamiento Ecológico y Territorial del municipio de Tequixquiac, Edo. de México.

5.2 Objetivo Particulares

- Constituir el mapa base del territorio municipal sujeto al ordenamiento ecológico y territorial.
- Generar la base de datos cartográfica de factores biofísicos y socioeconómicos
- Determinación del riesgo de incendio potencial para el Municipio.
- Realizar el análisis de la calidad de la vegetación del Municipio de Tequixquiac.
- Evaluar la localización más óptima para la ubicación de un Vertedero de Residuos Sólidos Urbanos, en el Municipio de Tequixquiac.

6.0 ÁREA DE ESTUDIO

6.1 Localización

El municipio de Tequixquiac se localiza al norte del Estado de México, a 120 kilómetros de la ciudad de Toluca y se localiza en las coordenadas UTM latitud norte 2, 195, 618 m mínima,

2, 206, 853 m máxima, longitud oeste 493,892 m mínima, 476, 311 m máxima. Limita al norte con el municipio de Apaxco y el pueblo de Santa María Ajoloapan del municipio de Hueypoxtla, al sur con los ejidos de San Miguel Boca Negra y San Juan Zitlattepec del municipio de Zumpango; al poniente con el ejido de Santa María Apaxco, el municipio de Huehuetoca y el estado de Hidalgo. El municipio cuenta con una extensión de 141.28 km², que representan el 0.63% del territorio estatal, ver figura 3.

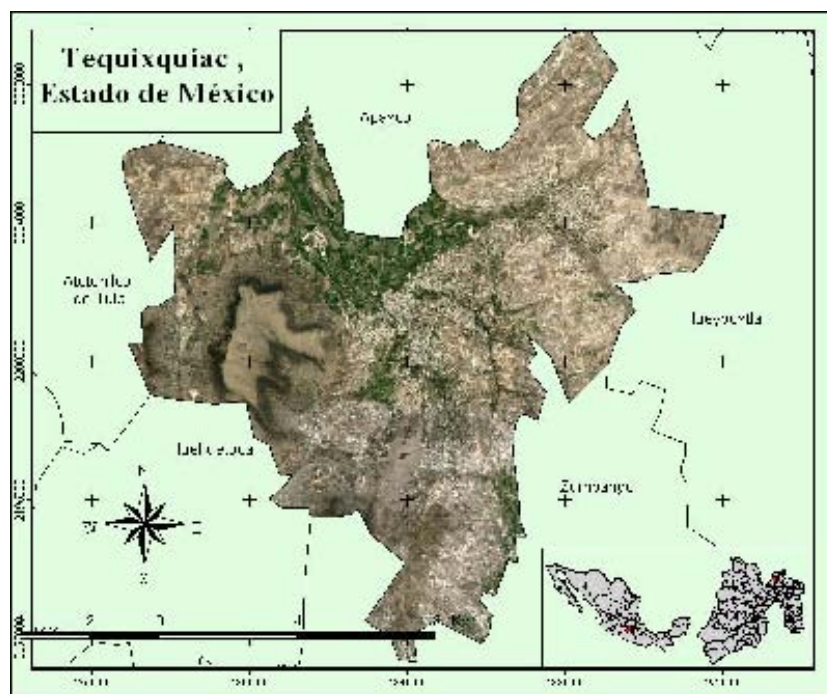


Fig. 3 Localización del área de estudio.

6.2 Orografía

Está conformada por lomeríos separados por arroyos y barrancas, sobresale la meseta de la Ahumada. Tequixquiac como zona orográfica comprende la transición del valle de México al valle del Mezquital. Las altitudes van desde 2,148 hasta 2,701 msnm. Perteneció a la Provincia Eje Neovolcánico y a la subprovincia lagos y volcanes de Anahuac. (INEGI, 2001)

6.3 Hidrografía

El río Salado nace en el manantial de Hueypoxtla y atraviesa Tlapanaloya; el río de temporada de lluvias, El Grande, ocupa la barranca de San José y se inicia en El Palo Grande; el río Xoté

que nace en la desembocadura del nuevo túnel en la lumbrera número 5. La presa de Dolores que gobierna las aguas del canal del desagüe, la presa del Bermejo que capta el agua de lluvia de los cerros Las Cruces, la presa del Salto en Tlapanaloya, la presa de la barranca de la Arena en los límites con Apaxco. Pertenece a la Región Hidrológica Lerma-Santiago (INEGI, 2001).

6.4 Clima

El clima predominante en el municipio es templado subhúmedo con lluvias en verano, la temperatura promedio oscila entre 14°C a 16°C, y la mínima normal anual es de 5.2°C-9.1°C. La precipitación media anual es de 600-700 mm, mientras que el nivel de evaporación anual es de 1,656.3 mm (INEGI, 2001).

6.5 Geología y suelos

La región pertenece al Período Cuaternario, su composición consiste esencialmente en rocas volcánicas y volcanoclásticas, brecha volcánica, tobas y calizas.

Las rocas volcánicas y volcanoclásticas destacan por la presencia de derrames de lava brechas volcánicas de la misma composición. De esta asociación se tiene la unidad basalto brecha volcánica básica Q (B-Bvb), que consiste de una alternancia irregular de derrames de basalto y pseudo estratos de material piroclástico de la misma composición. El material piroclástico (tezontle), tiene por lo general tamaños con un máximo de 20 centímetros, es de carácter escoriáceo, de color gris oscuro y rojo, se presenta sin consolidar (INEGI, 2001).

La unidad brecha volcánica básica representa los conos cineríticos recientes que están formados por fragmentos piroclásticos, por lo general escoriáceos, los fragmentos son de composición básica con textura mesocristalina y tiene tamaños que van desde cenizas hasta los 30 cm. Estos componentes líticos se encuentran casi sin consolidar y son de color gris que se intemperiza a pardo y se encuentran dispuestos en pseudoestratos o en forma masiva y poseen un fracturamiento (INEGI, 2001).

La caliza es una roca sedimentaria compuesta mayoritariamente por carbonato de calcio (CaCO₃), generalmente calcita. También puede contener pequeñas cantidades de minerales

como arcilla, hematita, siderita, cuarzo, etc., que modifican el color y el grado de coherencia de la roca. El carácter prácticamente monomineral de las calizas permite reconocerlas fácilmente gracias a dos características físicas y químicas fundamentales de la calcita: es menos dura que el cobre (su dureza en la escala de Mohs es de 3) y reacciona con efervescencia en presencia de ácidos tales como el ácido clorhídrico (INEGI, 2001).

Las unidades de suelo presentes en el territorio de Tequixquiac, según INEGI, (2001) son: Cambisol, Vertisol y Feozem.

Cambisol

Es un suelo joven y poco desarrollado presenta un horizonte A ócrico y un horizonte B Cámbico o la presencia de un duripán o fragipán. En gran medida su formación depende del clima, y es característico de zonas de transición climática.

La textura dominante es media, con drenaje interno drenado y susceptibilidad a la erosión moderada a alta. La profundidad limitada por un estrato rocoso a menos de 50 cm, pendientes abruptas y muy abruptas (mayores de 15 %). Se encuentra sobre topofomas de sierras, cañadas, lomeríos y laderas tendidas, en las que sustentan vegetación constituida por pastizal, bosque de pino-encino, selva baja caducifolia, y algunos con agricultura de temporal (INEGI, 2001).

Vertisol

Suelos de origen aluvial y residual, formados a partir de rocas sedimentarias clásticas y rocas ígneas extrusivas. Tiene más de 30% de arcilla expandible, en todos los horizontes que se encuentran a menos de 50 cm de la superficie. Es duro cuando está seco, pegajoso en húmedo y con agregados estructurales en forma de cuña. Su drenaje interno varía de escasamente drenado a muy escasamente drenado y tienen baja susceptibilidad a la erosión. En varios casos se encuentran limitados por un duripán (tepetate) a una profundidad mayor a 50 cm. Es recomendable usar este suelo para el cultivo de maíz y sorgo.

El suelo vertisol es de textura arcillosa y adhesividad y plasticidad fuerte, se encuentran sobre lomeríos, laderas con poca pendiente, llanuras con piso rocoso o cementado y algunos vasos

lacustres, asociado a feozems, planosoles y cambisoles. El clima en el cual se desarrolla es templado y en menor extensión semiseco. El uso actual está constituido por agricultura de temporal con cultivos anuales, agricultura de riego y pastizales cultivados; sustentan pastizal inducido y vegetación halófila (INEGI, 2001).

Feozem

Se caracteriza por presentar un Horizonte A mólico, suave, rico en materia orgánica (más de 1 %) y saturación de bases mayor de 50% por lo tanto el contenido de nutrientes (calcico, magnesio y potasio) es elevado. La formación es generada en gran medida por el intemperismo de las rocas de origen ígneo extrusivo. En general la clase textural es media y su drenaje interno varía de drenado a moderadamente drenado. Las limitantes físicas para su uso y manejo son la presencia de una capa lítica (rocosa) o dúrica (tepetate) a menos de 50 cm de profundidad. Su susceptibilidad a la erosión es leve en las zonas planas y moderada en laderas con pendientes más fuertes.

Se distribuye principalmente sobre llanuras de piso rocoso o cementado, lomeríos, laderas tendidas y edificios volcánicos, donde se encuentran asociados a vertisoles, regosoles, litosoles, cambisoles y luvisoles. Se localiza en climas templados y semisecos, y la vegetación natural que sustentan está constituida por bosques de encino, encino-pino, pastizal natural o inducido y matorral crasicaule (INEGI, 2001).

6.6 Vegetación y Usos del Suelo

La vegetación es variada por el tipo de clima de la región, corresponde principalmente a Pastizal natural el cual se desarrolla en las laderas planas del norte, centro y sur del país como consecuencia de la interacción del clima-suelo y biota con una altitud de de 1500 a 2500 m en suelos ricos en materia orgánica, arcillas y nutrientes, de profundidad variable característicos de los suelos del tipo Feozem, la precipitación varía de 600 a 800 mm, la temperatura media anual oscila entre 14 y 16 °C, estas poblaciones de pastizal se adaptan a cualquier tipo de clima desde cálidos, semicálidos, templados, semifríos seco y semisecos, todos con un periodo de lluvias en verano.

Estos pastos son importantes para el hombre, por ser el medio natural más propicio para realizar la actividad ganadera. Rzedowski (citado en INEGI, 2001), menciona, que en la porción noroeste del Valle de México, está bien representado el zacatonal de *Hilaria cenchroides*, además de *Abildgaardia mexicana*, *Bouteloua radicata*, *Bouteloua hirsuta*, *Aristida* sp. (zacate), *Cynodon* sp. (pata de gallo), *Sporobolus* sp. (zacate), *Eragrostis* sp. (zacate), *Stipa* sp. (zacate), *Muhlenbergia* sp. (zacatón) y *Buchloe dactyloides* (zacate chino); como acompañantes se encuentran: *Baccharis conferta* (jarilla), *Opuntia* sp. (nopal), *Dalea* sp. (engordacabras), *Senecio* sp. (senecio) y *Acacia schaffneri* (huizache).

En la zona también se encuentra el Bosque de Pino el cual es una comunidad siempre verde constituida por pinos, los cuales se encuentran asociados con encinares y otras especies, se trata de poblaciones arboladas que tienen un crecimiento relativamente rápido, estos bosques tienen una estructura muy homogénea, pues generalmente las poblaciones se componen de unas cuantas especies. La vegetación está dominada por diferentes especies de pino que alcanzan una altura promedio de 15 a 30 metros, los pinares tienen un estrato inferior relativamente pobre en arbustos, pero con abundancia de gramíneas amacolladas. Este tipo de vegetación se asienta en las partes altas de las sierras a altitudes entre 2,500 y 4,000 metros, crecen sobre suelos profundos tipo Andosol, o de escaso desarrollo como Regosol y Cambisol, la precipitación en estos lugares es superior a 1,000 mm anuales y la temperatura se mantiene entre 8 y 12° C. Las especies más comunes son: *Pinus leiophylla* (pino chino), *Pinus montezumae* (ocote blanco) *Pinus rudis* (pino), *Pinus oocarpa* (ocote trompillo), *Quercus laurina* (encino laurelillo) y *Quercus crassifolia* (roble). En el estrato arbustivo cuya altura va de 2 a 4 m: *Buddleia* sp. (tepozán), *Arbutus xalapensis* (madroño), *Arctostaphylos* sp. (manzanita), *Dodonaea viscosa* (jarilla), *Stevia serrata* (requezón). Presenta un estrato herbáceo, menor a 1 m, constituido por: *Festuca* sp. (zacatón), *Senecio* sp. (senecio), *Sporobolus* sp. (zacatón), *Salvia* sp. (salvia) y *Bouteloua* sp. (navajita) (INEGI, 2001).

El Matorral Xerófilo, otro de los tipos de vegetación del Municipio, se conforma de vegetación arbustiva propia de zonas áridas y semiáridas, compuestos por elementos leñosos, y generalmente espinosos, su altura es variable pero casi siempre son inferiores a 4 m. Estos elementos arbustivos de hoja pequeña e inclusive reducida a espinas que están adaptadas para el almacenamiento de agua. Este tipo de vegetación se localiza en la parte norte y noroeste, en los límites con los estados de Querétaro e Hidalgo, en altitudes de 2,000 a 2,700 m, en suelos de tipo Feozem ricos en arcillas, de profundidad variable, la precipitación media anual

generalmente varía de 600 a 700 mm con una temperatura de 12 – 16 °C, el clima es el semiseco templado y templado subhúmedo, el más seco de los subhúmedos. Este tipo de matorral se encuentra representado por *Opuntia streptacantha* (nopal cardón), *Zaluzania augusta*, *Mimosa biuncifera*, *Yucca filifera*, *Schinus molle*, *Acacia shaffneri* (huizache), *Eysenhardtia polystachya* (vara dulce), *Senecio praecox* (palo loco), *Prosopis laevigata* (mezquite), (INEGI, 2001).

En cuanto a los usos del suelo se tiene que el 2.03 % es para uso pecuario, el 1.99 % de uso urbano y el 1 % para las áreas reforestadas. El 68 % del territorio municipal es de uso agrícola de los cuales el 80 % es de temporal y el 20 % son de riego (INEGI, 2001).

6.0 METODOLOGÍA

Para la elaboración del Sistema de Información Geográfica Medio Ambiental (SIGMA) se realizó una base de datos en formato digital para lo cual se recabó la información hasta el momento existente sobre el Municipio de Tequixquiac, en dicha base de datos se incluyeron aspectos Físicos (Climatológicos) , Sociales, Económicos, Culturales y Biológicos.

7.1 Físicos

Los factores físicos son características físicas o químicas que se encuentran en contacto con los organismos de un sistema y que ejercen una presión sobre ellos .Dentro de estos tenemos el clima, temperatura, precipitación, agua, humedad, viento, altitud, latitud, suelo, urbanización, infraestructura, entre otros. Estos factores limitan la distribución de las diferentes especies de seres vivos, y por lo tanto los recursos que se encuentren en el territorio lo que nos dará la pauta para poder establecer estrategias de desarrollo sustentable.

Se hizo la recopilación de los factores climatológicos de la Comisión Nacional del Agua (CNA) obteniendo los siguientes factores:

Temperatura Máxima Normal Anual, Máxima Diaria, Máxima Mensual, Media Normal Anual, Mínima Normal Anual, Mínima Diaria, Mínima Mensual (°C) , Precipitación Normal Anual, Máxima Diaria y Máxima Mensual, Evapotranspiración Normal Anual (mm), Número de días con lluvias, Niebla Anual, Granizo Anual, Tormenta Eléctrica Anual, Años con datos, y años con Mínimos y Máximos.

7.2 Socio-económicos

Los factores socio-económicos, son aquellos que comprende a la población humana, los cuales nos dan una visión de la calidad de vida, las actividades que realizan, la dinámica poblacional, los que nos permiten determinar cuales son las necesidades que presenta y los recursos que requieren para satisfacerlas, lo cual nos da información del efecto de estas actividades en el ecosistema y las acciones que se deben proponer para mitigar estos efectos, es por eso que para el SIGMA se tomaron en cuenta estos factores ya que esta información quedara a disposición para iniciar el Programa de Ordenamiento Ecológico y Territorial del Municipio de Tequixquiac.

En cuanto a los aspectos sociales se incluyeron en el SIGMA:

Densidad Poblacional, Población Femenina, Masculina, Población con seguridad social ISSSTE y promedio de hijos nacidos.

Para los factores socio-económicos se consideraron:

Población económicamente activa e inactiva y Población perteneciente al Sector Primario, Secundario y Terciario.

Con respecto a los factores culturales se incluyeron:

Población Analfabeta de 15 años, Población que no asiste a la escuela de 6 a 14 años, Grado de Escolaridad, Hogares con Jefatura Femenina y Masculina.

A través de la información compilada se realizaron una serie de análisis de los cuales se generaron una serie de Mapas Temáticos como son:

Para el caso de los factores Climatológicos: Temperatura Máxima Normal Anual, Máxima Diaria, Máxima Mensual, Media Normal Anual, Mínima Normal Anual, Mínima Diaria, Mínima Mensual, Precipitación Normal Anual, Máxima Diaria y Máxima Mensual, y Evapotranspiración Normal Anual. Se realizó una interpolación, mediante el método IDW (Inverse Distance Weighted), el cual toma cada uno de los puntos los cuales tienen una influencia local que disminuye con la distancia, uno los puntos más cercanos a los puntos que se encuentra más lejos, creando así datos continuos. Para cada uno de estos factores con la ayuda del programa ArcView GIS 3.1 en el cual se importó la base de datos en formato DBASE IV elaborada a partir de la consulta de 27 estaciones meteorológicas cercanas al municipio de Tequixquiac, como se muestra en la Fig. 4.

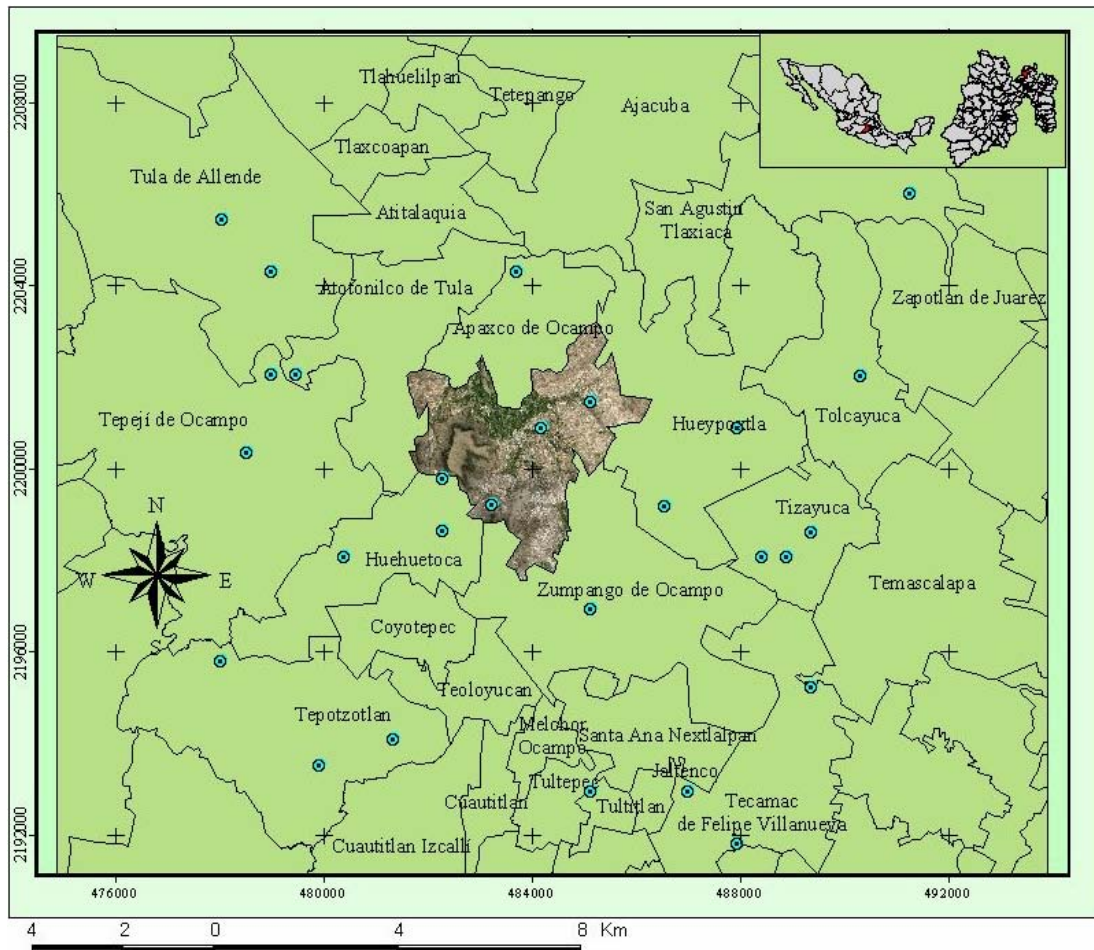


Fig. 4 Distribución de las 27 Estaciones Meteorológicas, pertenecientes y aledañas al Municipio de Tequixquiac.

En cuanto a los factores Socioeconómico-Culturales se consultaron los Censos Poblacionales 2000 y 2005 realizados por el INEGI, para el Municipio de Tequixquiac para cada una de las localidades siendo un total de 13; “La cabecera Municipal de Tequixquiac”, “La Heredad”, “San Miguel”, “Tlapanaloya”, “El Cenicero”, “Colonia Wenceslao”, “La Esperanza”, “Palo Grande”, “Monte Alto”, “El Crucero”, “La Arenilla”, “La Rinconada” y “La Vega” las cuales fueron determinadas a partir de la generación de Polígonos para delimitar su forma utilizando centroides de cada una de ella, asignando áreas por proximidad. Es importante mencionar que no todos los rubros cuentan con datos para los dos Censos como es el caso de el Promedio de hijos nacidos, Hogares con Jefatura Femenina y Masculina sólo se obtuvo información para el año 2000 mientras que para la Población Económicamente Activa e Inactiva y Población perteneciente al Sector Primario, Secundario y Terciario sólo se obtuvieron datos para el 2005.

Para el resto de la información como son Densidad Poblacional, Población con derecho a asistencia de salud del ISSSTE, Población Femenina, Masculina, Población Analfabeta de 15 años, Población que no asiste a la escuela de 6 a 14 años y Grado de Escolaridad se obtuvieron datos para ambos. De esta información se obtuvieron los crecimientos poblacionales en porcentaje del año 2000 al 2005.

Con el fin de compilar la información existente hasta el momento del Municipio de Tequixquiac para la elaboración del SIGMA, los insumos y productos mínimos necesarios para desarrollar la caracterización utilizados fueron los siguientes:

Cartografía Básica: Climatología, Litología, Hidrología, Edafología, Vegetación y usos de suelo, Núcleos Urbanos, Vías de Comunicación (IGECEM, 2003), Modelo Digital de Elevación. La escala de trabajo fue 1:50,000. El producto fue la base de datos generada, el programa que se utilizó fue el Sistema de Información Geográfica Arc View GIS Versión 3.1.

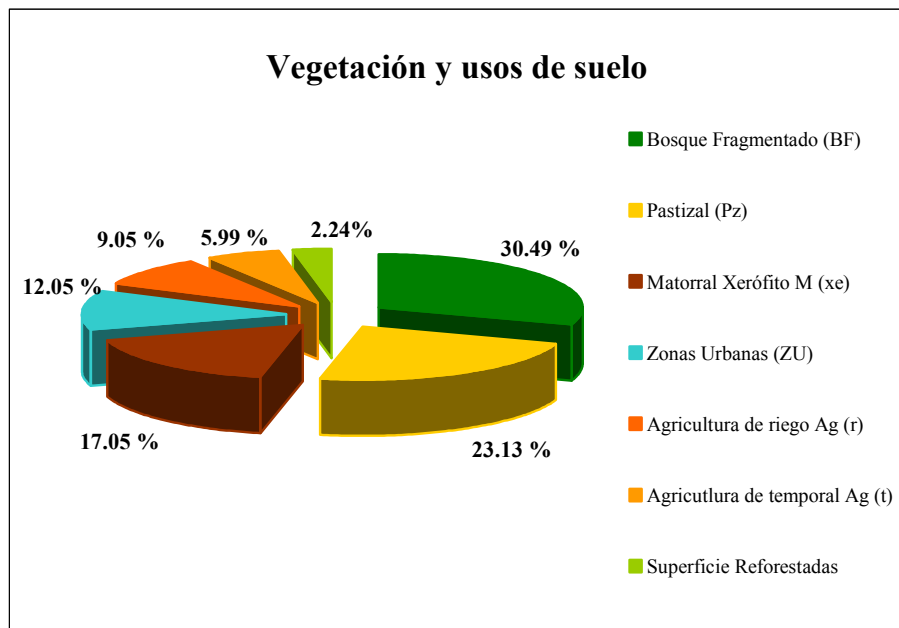
Dicha información fue consultada en el INEGI (censos poblacionales 2000 y 2005), IGECEM, SMN, CNA y CONABIO, que cuentan con bases de datos en formato digital e importado al SIGMA.

6.0 RESULTADOS Y ANÁLISIS

A partir de la elaboración del Sistema de Información Geográfica Medio Ambiental (SIGMA) se logró obtener una base de datos georeferenciada en formato digital con factores biológicos, físicos y socio-económicos con la cual se obtuvo cartografía temática, y el mapa base del Municipio de Tequixquiac, la base de datos georeferenciada nos permitió realizar una serie de análisis, conocer el medio físico, biológico y socioeconómico, generar modelos para identificar el estado de los recursos vegetales (calidad de la vegetación), riesgos (riesgo potencial de incendio) y mejor aprovechamiento de suelo (ubicación del Vertedero de Residuos Sólidos Urbanos), todo esto con la finalidad de gestionar de la mejor manera los recursos naturales del territorio.

Factores Biológicos

En cuanto a la vegetación que presenta el municipio de Tequixquiac se tiene que los principales tipos de vegetación fueron el Bosque Fragmentado (BF) con 4,308.25 ha que representa el 30.49 % del territorio, mientras que el Pastizal (Pz) representa el 23.13 % del territorio con 3,268.75 ha, Matorral Xerófilo (M(xe)) el cual abarca un 17.05 % con 2,410.25 ha, la agricultura de riego (Ag(r)) y de temporal (Ag(t)) cubren el 9.05 % con 1,279.75 ha y 5.99 % con 847 ha respectivamente, las áreas reforestadas corresponden a 312 ha y representan solo el 2.24 % del territorio. Mientras que el resto del porcentaje del territorio es de zonas urbanas con 1,702.75 ha representando el 12.05 % del territorio municipal, como se muestra en la Gráfica 1. Sin embargo es importante mencionar que la vegetación se encuentra fragmentada, y considerando que el mayor porcentaje de la población se dedica al sector terciario o de servicios y que el municipio no cuenta con los suficientes recursos hidrológicos se recomienda reforestar ya sea con especies forestales (Bosque de Pino y Encino) o propias de la región como son las de la vegetación de matorral xerófilo, esto con el fin de contribuir a elevar la calidad de vegetación y por lo tanto del paisaje.



Gráfica 1. Proporción en porcentaje de la vegetación y usos de suelo presente en Tequixquiác.

Para la conformación del SIGMA del Municipio se incorporaron una serie de mapas temáticos para el caso de los factores biológicos se digitalizó el Mapa de Vegetación y usos de suelo (IGECEM, 2003). Mapa 2 (Ver Anexo Cartográfico).

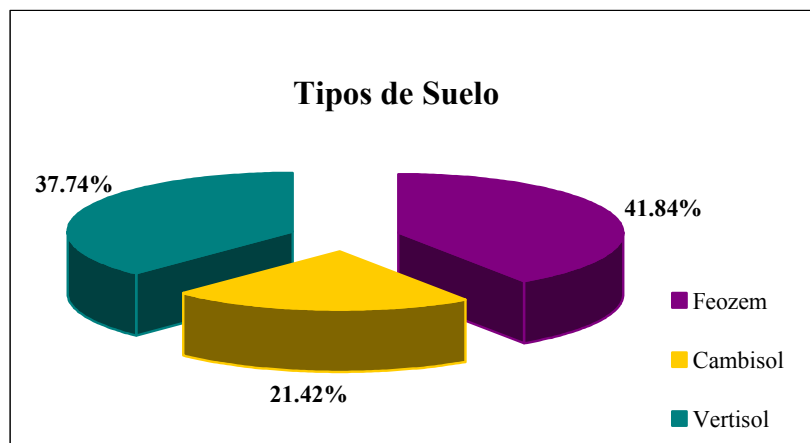
Factores físicos

Rasgos Hidrológicos

En cuanto a los recursos hidrológicos Tequixquiác no cuenta con cuerpos de agua, se tiene que el más cercano al centro de Tequixquiác se sitúa en el Municipio Hueytopxtla a 8.731 Km de distancia mientras que el que le sigue es la Laguna de Zumpango que se encuentran a 14.165 Km localizada en el Municipio de Zumpango y un tercer cuerpo de agua a 15.108 Km en el Municipio de Huehuetoca. Sin embargo cuenta con un amplio número de ríos de 2do nivel aunque cabe mencionar que estos son de temporal, lo que nos sugiere que el Municipio cuenta con muy pocos recursos hidrológicos los cuales son insuficientes para las actividades agrícolas, dada esta situación las actividades de reforestación en las zonas con menos calidad en la vegetación podrían contribuir a la recarga de acuíferos. En cuanto a estos recursos hidrológicos se obtuvo

el mapa de Hidrología del Municipio de Tequixquiac. Mapa 3 (Ver Anexo Cartográfico), en el cual se puede observar la presencia de los ríos de segundo nivel.

A partir de la información obtenida se encontró que en cuanto a los tipos de suelos para Tequixquiac se encuentran principalmente el Feozem con una superficie de 5770.25 ha con un 40.84 %, mientras que el Vertisol con 5,332.75 ha que representa el 37.74 % y por ultimo el Cambisol con 3,025.75 ha que comprende un 21.42 % del territorio, como se puede ver en la Gráfica 2, reconsiderando que el Feozem es la unidad de suelo que más área abarca en el municipio, sería conveniente que se buscaran alternativas de cultivos que sean altamente productivas en este tipo de suelo o forestales para poder incrementar este tipo de vegetación. En tanto a la geología dentro del área de estudio se encontró que el territorio tiene un origen en el periodo Plioceno.



Gráfica 2. Porcentaje de los tipos de suelo presentes en el territorio del Municipio de Tequixquiac

Así mismo se añadió la cartografía correspondiente a la información edafológica (IGCEM, 2003) generando el mapa de Edafología del Municipio de Tequixquiac Mapa 4, en el cual se puede apreciar esta distribución (Ver Anexo Cartográfico).

Factores Climáticos

En cuanto a los factores climáticos a partir de la base de datos se realizaron algunas interpolaciones con los factores climatológicos de 24 estaciones aledañas y tres pertenecientes al Municipio (Estación “El tajo”, “Tlapanaloya” y “La mora”)

mostrando en la siguiente tabla los promedios de los valores Mínimos y Máximos obtenidos de dichas interpolaciones, para las siguientes variables climática:

Temperatura	Valor Mínimo °C	Valor Máximo °C
Mínima Normal Anual	6	6.91
Media Normal Anual	14	15.47
Máxima Normal Anual	22	25
Mínima Diaria	-4.79	-1.38
Máxima Diaria	29.61	34.99
Mínima Mensual	2.85	3.64
Máxima Mensual	19.29	30.99

Tabla 1. Representa los valores mínimos y máximos en °C de las Temperaturas.

Para la Temperatura Máxima Normal, se registró una temperatura máxima promedio anual 22 °C a 25 °C. En los meses de Abril y Mayo se presentaron las más altas temperaturas con valores de 24 a 28 °C. Mientras que para la Temperatura Mínima Normal los valores mas bajos se registraron en el mes de Enero y Febrero con registro de 0 a 2.34 °C y 1.25 a 3.32 °C para este factor se obtuvo un promedio anual de 6 a 6.9 °C, como se puede ver en la tabla 1.

De igual manera se realizaron las interpolaciones para las precipitaciones y para la evapotranspiración de las cuales se obtuvieron los siguientes datos:

	Valor Mínimo mm	Valor Máximo mm
Precipitación Normal Anual	570.61	849.97
Precipitación Máxima Diaria	37.36	48.54
Precipitación Máxima Mensual	103.83	166.90
Evapotranspiración Normal Anual	1521.63	1684.51

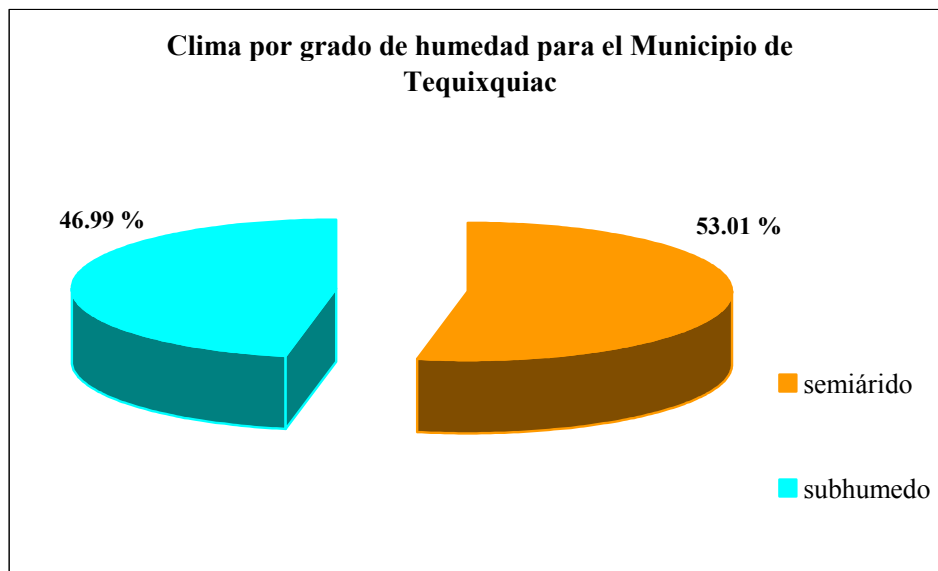
Tabla 2. Valores mínimos y máximos de las precipitaciones y la evapotranspiración.

En cuanto a la precipitación se encontró una precipitación normal anual de 570.61 a 849.97 mm como se observa en la Tabla 2, identificando que el mes de Febrero es el que registró la precipitación más baja con valores de 5 a 10.99 mm, mientras que Julio fue el mes que presentó mayor precipitación con valores de 113.27 a 181.99 mm, sin embargo al obtener mapas continuos de precipitación se observa que los meses en los que más llueve son Junio, Julio, Agosto y Septiembre, por lo que sería conveniente que se cultivara en este periodo del año ya que a partir de estos análisis se hace evidente que se cuenta con mayores recursos hídricos.

Las condiciones de temperatura y precipitación dan lugar al predominio de climas que se distribuyen en los territorios y dan como consecuencia un tipo de vegetación, que se encuentra relacionada con la fauna, estos factores climatológicos también se ven influenciados por la altitud que modifica la temperatura, ya que al decrecer la altitud la temperatura presenta un comportamiento inverso aumentando, mientras que al incrementarse la altitud, la temperatura disminuye (INEGI, 2001). Este fenómeno se presenta en Tequixquiac en donde se encontró que los valores de Temperatura Máxima Normal Anual con un valor mínimo de 22 °C se encuentran a una altitud de 2503 m.s.n.m y con un máximo de 25 °C con una altitud de 2210 msnm, mientras que para la Temperatura Mínima Normal Anual con un intervalo de 6 a 6.9 °C se tiene que presentan altitudes de 2580 y 2291 respectivamente, lo cual nos indica que en el Municipio de Tequixquiac existe esta relación inversa de la fisiografía con la temperatura.

Respecto al predominio de los climas que se distribuyen en el territorio del Municipio se tiene que el clima con más extensión es el Seco ocupando un 53.01 % del total del territorio mientras que el 46.99 % restante es Templado, como se puede ver en el Mapa 5 (Ver Anexo Cartográfico). Estos valores nos indican que el clima es un tanto regular en el Municipio es decir que no hay demasiadas variantes con respecto al clima, esto se puede atribuir a la orografía ya que Tequixquiac comprende la transición del Valle de México al Valle del Mezquital, a la altitud y a la circulación general de la humedad atmosférica; además de que la entidad se encuentra en la zona de vientos alisios, estos vientos proceden húmedos del Golfo de México que son modificados por el Eje Neovolcánico, de esta manera y como un efecto la disminución de humedad de los vientos y su baja capacidad para producir lluvia, ya que en la región del territorio de

Tequixquiac en donde se presenta el clima seco, se encuentran los valores más bajos de precipitación normal anual que van de 570.61 mm a 663.73 mm, mientras que para el clima templado se tienen valores de precipitación normal anual de 663.73 mm a 849.79 mm con un gradiente de este a oeste. A partir del grado de humedad se encontró que para el clima seco es semiárido y para el Templado es subhúmedo, debido a que el territorio presenta una altitud de 2165 a 2,591 msnm, una temperatura media anual que varía de 14-15 °C y una precipitación normal anual mayor a 700 mm y una temperatura media anual que varía de 14-15 °C para el clima subhúmedo, en tanto a el clima semiárido se encontró que se tiene una precipitación normal anual 570.61 mm a 694.77 mm como lo refiere INEGI, (2001); lo cual brinda la información necesaria que permitiría establecer estrategias una vez hecho el Diagnóstico y Pronóstico dentro del esquema del Programa de Ordenamiento Ecológico y Territorial para proponer cultivos de interés que se adapten a estos tipos de climas a partir de las condiciones fisiográficas, de temperatura y de humedad, aptitud del suelo y así obtener mejores aprovechamientos del suelo dentro del Municipio de Tequixquiac.



Gráfica 3. Predominio de los climas con base a su grado de humedad en porcentaje.

En cuanto a estos factores climatológicos se generó la cartografía a partir de la información de la base de datos realizando el cálculo de las interpolaciones obteniendo

los mapas de Temperatura Máxima Normal Anual (Mapa 6), Temperatura Mínima Normal Anual (Mapa 7) Precipitación Normal Anual (Mapa 8), Evapotranspiración Normal Anual (Mapa 9), promedio de Temperatura Máxima Mensual (Mapa 10), Temperatura Mínima Mensual (Mapa 11) y Precipitación Máxima Mensual (Mapa 12), en los cuales se distingue los intervalos de los valores para cada uno de estos parámetros para el caso de Temperatura en °C y en mm para el caso de Precipitación y Evapotranspiración (Ver Anexo Cartográfico).

Infraestructura

Dentro del estudio del Territorio es de suma importancia tener el conocimiento de la infraestructura y vías de comunicación, para poder establecer rutas, por ejemplo la mejor ruta para llegar al centro de salud de un determinado punto del territorio, o para el establecimiento de algún centro industrial que requiere de acceso de las vías de comunicación, por ejemplo para el establecimiento de rellenos sanitarios y vertederos de residuos sólidos se requiere del conocimiento de la distancia del punto elegido a las vías de comunicación. Con respecto a las vías de comunicación se tiene que la principal vía que cruza en su totalidad al municipio de Tequixquiac es la carretera Estatal libre que cruza de sur-norte y viceversa, con 23.33 Km de longitud dentro del territorio Municipal, la otra vía es la carretera estatal revestida con 9.4 Km de longitud por ultimo las terracerías 1.54 km, lo cual se representa en el mapa de Vías de comunicación (Mapa 13. Ver Anexo Cartográfico).

Variables altimétricas

La altitud es uno de los principales aspectos para los estudios del medio físico, con la altitud se determina la cliserie de los distintos tipos de vegetación, (MOPT, 1992), la cliserie altitudinal se distinguen cuatro pisos según su altura que es la basal, montano, subalpino y alpino, situados a diferentes alturas y con diferentes espesores según las altitudes y orientaciones. Los valores de la altitud para Tequixquiac se obtuvieron tomando como base el Modelo Digital de Elevación (MDE) 1: 50 000, con datos que van de 2165 a 2591 msnm.

La pendiente, es la inclinación de un terreno respecto a un plano horizontal, que nos permite describir una unidad geomorfológica compleja (MOPT, 1992), por lo tanto la

pendiente nos permitirá decidir la asignación de actividades a desarrollar en la zona o su impacto sobre ésta, ya que la pendiente puede limitar los usos del terreno, debido a que la pendiente no será la misma que se requiera para los usos agrarios que para los usos urbanos. López y Blanco, (1976) proponen una clasificación agrológica que establece que las pendientes que van de 0 a 7° se recomiendan como suelos agrícolas, mientras que para los suelos con cultivo ocasional las pendientes sugeridas son de 7 a 11° y las pendientes de 11° en adelante son más adecuadas como usos de suelos forestales, mientras que para los usos urbanos la clasificación del Soil Survey Staff (1951), propone pendientes en orden a la implantación de actividades urbanas, indicando para cada clase de pendiente las actividades que se pueden desarrollar en terrenos por ellas delimitados, por ejemplo para usos urbanos generales se pueden establecer en zonas con pendientes de 0 a 9 °, para los sistemas de alcantarillado proponen 0 a 2 °, en cuanto a los aeropuertos y las carreteras únicamente pendientes de 0° a 1 °. Utilizando igualmente el MDE se calculó la pendiente teniendo como resultado valores de 0 (representando las zonas planas o llanas) como valor mínimo y 35.91 ° (representando el máximo grado de inclinación) (Mapa 15 .Ver Anexo Cartográfico).

Así mismo el MDE se utilizó para calcular curvas de nivel a una equidistancia de 10 m (Mapa 16. Ver Anexo Cartográfico), las curvas de nivel son la representación grafica de los puntos del terreno situados a la misma cota sobre el nivel del mar, que se trazan a intervalos fijos de altitud (equidistancia), que se mantiene constante (MOPT, 1992). Esta separación horizontal de las curvas de nivel da referencia de la pendiente del terreno, ya que a medida que las curvas se aproximan la pendiente se hace mayor, proporcionando la altitud y los accidentes morfológicos del terreno, lo cual suele estar relacionado con los tipos de vegetación.

La orientación también se calculó a partir del MDE (Mapa 17. Ver Anexo Cartográfico), se determina a partir de la exposición de la superficie terrestre respecto a los puntos cardinales, la orientación influye en la energía radiante que llega a la superficie, cómo y cuánto influye en la insolación (MOPT, 1992), por ejemplo si se quiere implementar o hacer un estudio de capacidad para usos agrarios, la exposición nos permite junto con la pendiente determinar un coeficiente de insolación, y así establecer el efecto de esta en el territorio, de igual forma la orientación del relieve

determina a su vez una variada exposición de las vertientes al sol, lo que da lugar a una desigual distribución de la vegetación entre solana y umbría, también en relación a los vientos cargados de humedad influye en la cantidad de precipitación, en las vertientes a barlovento reciben más lluvias, mientras que las situadas hacia sotavento se recalientan y son secas.

Por último a partir del MDE se calculó la iluminación con un azimut de 315° (ángulo de la dirección en la que se encuentra la fuente de luz partiendo del Norte) y una altitud de 45° (pendiente o ángulo de la fuente de luz sobre el horizonte). (Mapa 18. Ver Anexo Cartográfico), el cual fue utilizado para obtener el sombreado topográfico.

Factores Socio-económicos

Dentro del Sistema de Información Geográfica Medio Ambiental se integraron factores de población para definir la situación social y económica del Municipio, dicha información es importante ya que la población toma un papel muy importante en el manejo de los recursos naturales y su conservación ya que dependiendo de la población dependerá el tipo de actividades desarrolladas por esta y por lo tanto el tipo de recursos requeridos del medio, es por esto que se incluye esta información en el proyecto. Estas variables se consultaron en INEGI para los censos de 2000 y 2005.

En tanto a la población, se puede decir que en el Municipio de Tequixquiac se ha presentado un crecimiento poblacional del año 2000 al 2005 del 10.73 %

Dentro del Municipio de Tequixquiac existen 13 localidades:

La Arenilla	Monte Alto
La Cabecera Municipal de	Palo Grande
Tequixquiac	La Rinconada
El Cenicero	San Miguel
Colonia Wenceslao Labra	Tlapanaloya
El Crucero	La Vega
La Esperanza	
La Heredad	

De estas localidades la que menor población registra es La Arenilla localizada en el Noreste del Municipio, con una población total para el censo 2000 de 10 personas lo cual puede deberse a que se encuentra en el límite con el municipio de Hueyoptla, mientras que para el año 2005 se registraron 14 individuos, en tanto a la localidad que más población registro fue la cabecera de Tequixquiac con 18,845 habitantes para el año 2000 mientras que para el censo 2005 de 20,610 con lo cual podemos ver un incremento del 9 % como se puede observar en la Tabla 3.

Es importante mencionar que los datos del censo proporcionados por INEGI para la localidad El Cenicero carecen de información para los dos años (2000 y 2005). Mientras que La Arenilla en lo aspectos de Población Femenina, Masculina y Analfabeta de 6- 14 años no se cuenta con información para el censo 2000, lo cual se puede observar en los mapas correspondientes a estas temáticas (Ver Anexo Cartográfico).

Nombre de la Localidad	Densidad de Población (Censo 2000)	Densidad Poblacional (Censo 2005)
El Cenicero	0	0
El Crucero	71	109
La Arenilla	10	14
La Esperanza	37	55
La Heredad	48	59
La Rinconada	37	37
La Vega	36	44
Monte Alto	153	143
Palo Grande	141	176
San Miguel	2068	2505
Tequixquiac	18845	20610
Tlapanaloya	5898	6294
Wenceslao Labra	718	1029

Tabla 3. Densidades poblacionales correspondientes a los censos poblacionales INEGI 2000 y 2005, para cada una de las localidades del Municipio Tequixquiac.

Con respecto a los datos de densidad de población la localidad que presento mayor crecimiento poblacional en porcentaje fue El Crucero con un aumento del 53 % y el que presento el menor crecimiento fue Tlapanaloya con un 6 %, mientras que la localidad de Monte Alto presentó una disminución del 6 %, esto puede ser a causa de la migración o mortalidad.

En cuanto a la población Femenina del Municipio de Tequixquiac la colonia La Esperanza es la que presenta el mayor crecimiento con un 6.87 %, mientras que Tlapanaloya al igual que en la densidad poblacional presenta el menor crecimiento con un 0.74%, y Monte Alto presento una disminución de la población femenina de un 1.39%. La población femenina representa el 50.83 % de la población total del municipio.

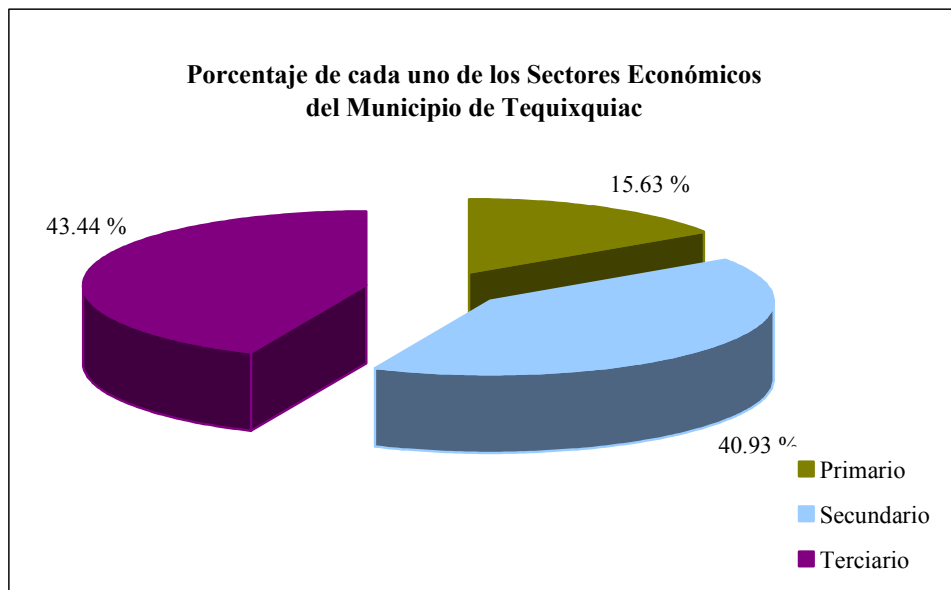
Para la población Masculina las localidades de El Crucero y Wenceslao Labra son los que presentaron mayor crecimiento poblacional en la población con un 4.4 %, mientras que Monte Alto es la que presento menor crecimiento con 0.13 %, y la que presento una disminución fue la Heredad con un 2 %.La población Masculina representa un 49.14 % de la población total del municipio.

En cuanto a lo socioeconómico se refiere, para la población económicamente activa se encontró que las localidades que menos registros presentaron para el censo 2000 fueron colonia La Esperanza y La Vega, con un total de 9 personas, mientras que la cabecera de Tequixquiac es la que presento más registros con 6,645, representando un 68.95 % de la población económicamente activa total del municipio. Para la población económicamente inactiva La Vega sólo presentó 9 registros, siendo este el que menos registros obtuvo de las 13 localidades y la cabecera municipal de Tequixquiac, con 6,597 habitantes es el que mayor obtuvo representando un 67.51 % de la población económicamente activa del total Municipal, como se muestra en la Tabla 4.

Localidad	Población Económicamente Activa (Censo 2000)	Población Económicamente Inactiva (Censo 2000)
El Cenicero	0	0
El Crucero	27	24
La Arenilla	0	0
La Esperanza	9	11
La Heredad	14	22
La Rinconada	13	13
La Vega	9	9
Monte Alto	49	50
Palo Grande	40	57
San Miguel	676	762
Tequixquiac	6645	6597
Tlapanaloya	1929	1965
Wenceslao Labra	226	261

Tabla 4. Datos de la Población Económicamente Activa e Inactiva, del Censo poblacional INEGI, 2000, de las localidades del Municipio de Tequixquiac.

Para el caso de la población perteneciente a los tres sectores productivos que son primario, secundario y terciario, encontrando que para el sector primario la localidad que mayor población registró fue la cabecera municipal de Tequixquiac con 898 individuos. Para el sector secundario con mayor número de registros fue La Vega con 2782. En cuanto al sector terciario se refiere, la localidad que más habitantes mostró con 2770, fue La Heredad por lo que con estos datos se nos permite concluir que el sector primario ocupa un 15.63 %, mientras que el sector secundario un 40.93 % y el sector terciario o de servicios un 43.44% de la población económicamente activa, como se observa en la Gráfica 4, lo cual nos indica que la mayoría de la población del municipio se dedica principalmente a las actividades económica que no producen bienes materiales de forma directa, si no servicios como comercio, transporte, comunicaciones, finanzas, turismo, hostelería, espectáculos y en menor proporción a las actividades relacionadas con la transformación de lo recursos naturales en productos primarios no elaborados como son agricultura, minería, ganadería, silvicultura, apicultura, acuicultura, la caza y la pesca, lo cual nos refleja un cambio en las actividades en la población ya que poco a poco se va abandonando ese estilo de vida en cual la población obtenía sus recursos por si misma, ahora se opta por obtenerlos de un comercio establecido.



Gráfica 4. Porcentaje de los tres sectores económicos primario, secundario y terciario, en el Municipio de Tequixquiac.

La población Analfabeta de 6 a 14 años en todas las localidades del Municipio presenta un aumento de más del 50 % siendo la localidad de Palo Grande la que mayor crecimiento presento con un 95 % y presentando el menor con un 65 % la localidad de la Vega, lo que nos puede indicar que el sector de la población emigra de este lugar para estudiar y sólo se quedan las personas que no tienen la inquietud de estudiar como la gente mayor, ya que se tiene el conocimiento de que muchas son las personas del municipio que emigran para estudiar, como ocurre incluso a nivel nacional o que los sistemas de educación no llegan a este municipio, lo cual nos indica un déficit educativo.

Para estos factores se realizó cartografía temática para poder establecer los mapas de situación socioeconómica del municipio de Tequixquiac como fueron: Densidad de Población 2000 y 2005 (Mapa 19 y 20), Población Masculina (Mapa 21 y 22) y Femenina (Mapa 23 y 24) 2000 y 2005, Población perteneciente al sector primario (Mapa 25), secundario (Mapa 26) y terciario (Mapa 27) estos últimos para el año 2000 (Ver Anexo Cartográfico).

De igual forma se elaboro el Mapa Base del Municipio el cual se presenta en el anexo cartográfico como Mapa 1.

7.0 APLICACIÓN DEL SIGMA A TRES MODELOS PRÁCTICOS

Se conoce como modelos a ciertas representaciones de la realidad, mediante las cuales se busca describirla o analizarla (Aramburu y Escribano, 1994). En esta amplia definición caben multitud de tipos, que responden a diferencias que pueden ir desde el mismo carácter de la representación hasta las técnicas utilizadas para manejarlos. La planificación física se enfrenta con problemas que no tienen solución única, sino muchas soluciones, difícilmente comparables en buena parte de los casos, y que se prestan bien, a la formulación de modelos (Ramos, 1979).

Una importancia del uso de los SIG es su capacidad de manejar información de todo tipo de temáticas y sobre todo su aplicación práctica para diversos tipos de estudios en el ámbito territorial ya sean descriptivos o prescriptivos. Desde estudios que tienen como objetivo informar sobre características para conocer el estado en el que se encuentran los recursos hasta concretar recomendaciones para dirigir las decisiones a tomar en cuanto a ciertas problemáticas ambientales que también confieren a la actividad humana que depende de ellas. Es por ello que para este trabajo que se han considerado tres modelos a partir de la utilización del SIGMA.

9.1 Valoración del riesgo de incendio

El riesgo natural es la posibilidad de que un territorio y la sociedad que lo habita pueda verse afectado por un fenómeno natural (Ayala-Carcedo, 2002).

México se encuentra situado en una región afectada por diversos fenómenos naturales y otros que son consecuencia de las actividades del hombre los cuales anualmente causan daños, pérdidas económicas y lamentablemente pérdida de vidas humanas. El crecimiento demográfico en el país, la contaminación, la deforestación y principalmente las actividades antropogénicas tales como: el pastoreo y la agricultura así como el acelerado desarrollo de las actividades productivas, han dado como resultado el deterioro de los ecosistemas y la incidencia de riesgos que ponen en peligro un gran porcentaje de especies endémicas; las cuales son un patrimonio que debe ser conservado por su capacidad para generar beneficios ecológicos, sociales y económicos.

Una inadecuada planeación del uso de la tierra, la mala gestión del medio ambiente, la falta de mecanismos de regulación y otras actividades humanas incrementan el riesgo de desastre y agravan los efectos de los mismos cuando suceden (Ayala-Carcedo, 2002). El punto de partida para la puesta en práctica de las acciones de protección y políticas de prevención y mitigación de impacto de los desastres, es contar con un diagnóstico de riesgos, es decir conocer las características de los eventos que pueden tener consecuencias desastrosas y determinar la forma en que esos eventos inciden en los asentamientos humanos, en la infraestructura y en el entorno (González-Calvo *et al.*, 2007).

Los riesgos naturales se distinguen por el hecho de que deben su origen al medio natural, no a las acciones humanas; de entre los más importantes se encuentran las inundaciones, derrumbes, la erosión, incendios, las sequías y los terremotos entre otros (Aramburu y Escribano, 1994).

El estudio de los riesgos naturales es de carácter multidisciplinar que exige conocimientos de las causas de los eventos excepcionales (biología, geografía física, geología, matemáticas e ingeniería, entre otras) y de los efectos de las actividades humanas, así desde el conocimiento exhaustivo del medio y de la dinámica social que habita en un territorio es posible llegar a conocer los territorios con riesgos (Ayala-Carcedo, 2002). Por lo tanto, la importancia de los estudios de riesgos radica en el interés de evitar la afectación de tales fenómenos. La cartografía digital y los Sistemas de Información Geográfica son una herramienta de gran utilidad para la representación de peligros y riesgos a diferentes escalas y detalles, así como la generación de diferentes escenarios a través de modelos y simulaciones (González-Calvo *et al.*, 2007).

Un incendio es una reacción química la cual necesita calor, oxígeno y combustible para que se inicie y continúe. Cuando un fuego incontrolable inicia en un espacio de vegetación natural se convierte en un incendio forestal. Sin embargo, la probabilidad de que esto suceda depende de las causas de ignición y las condiciones medioambientales entre estas están la calidad y distribución del combustible, el agua y factores humanos (Juárez, 2008).

Cuando se habla de "riesgo de incendio" se refiere, generalmente, a un momento en el tiempo y a las condiciones meteorológicas que se dan en ese instante. Por tanto, es un riesgo que dependerá de la variación de los factores climáticos a lo largo de un periodo de tiempo (Aramburu y Escribano, 1994).

Una combinación de factores medioambientales, condiciones meteorológicas y causas antropogénicas parecen ser la causa de la mayor parte de los grandes incendios forestales. Las elevadas temperaturas, junto con altas velocidades de viento, terrenos abruptos y la presencia de material con un bajo grado de humedad, altamente inflamable, en el suelo de los bosques son algunos de los factores que determinan una rápida generación y expansión de un incendio. No obstante, las actividades humanas siguen siendo una de las principales causas en su origen, haciendo que sea realmente compleja la generación de un mapa de riesgo que alerte de una manera efectiva acerca de cuáles son las zonas que finalmente pueden verse afectadas (González-Calvo *et al.*, 2007).

Juárez (2008), realizó un estudio elaborando el modelo del riesgo de incendio forestal de una zona crítica del estado de Michoacán, integrando variables biofísicas y humanas en dicho modelo, las cuales fueron analizadas estadísticamente, obteniendo así cartografía como tipos de vegetación y área susceptible a incendio en una primera fase, mientras que en la segunda se detectaron las áreas con alto, medio y bajo riesgo y desarrollando cinco sub-modelos de Combustibilidad, ignición, detección, respuesta y agua. Finalmente en la tercera fase este modelo fue validado con un mapa de incendio del área de estudio.

Modelo de Evaluación de Riesgo de Incendio para Tequixquiac

A continuación se plantea un modelo modificado de Montoya *et al.*, 2008 el cual se centro en la probabilidad de que inicie el fuego y a la facilidad de que se propague. Para que se inicie y propague un incendio son necesarios tres elementos: el combustible, un comburente y una fuente de calor que inicie el proceso de combustión. A continuación se analizan los distintos factores que influyen en su desarrollo.

Vegetación:

Constituye la fuente de combustible de los incendios. Las especies vegetales poseen distinta inflamabilidad, así como distintos mecanismos de adaptación al fuego, lo que se refleja en una mayor o menor resistencia al fuego. Las formaciones vegetales constituidas por dichas especies presentan un valor de combustibilidad que depende básicamente de su estructura y de la cantidad de biomasa disponible. Estas características están condicionadas por las prácticas culturales. El tamaño del combustible es de particular importancia, ya que la velocidad de reacción de la combustión está directamente relacionada con la superficie de exposición ofrecida por el combustible (González-Calvo *et al.*, 2007).

Teniendo en cuenta las características propias de las especies vegetales existentes que caracterizan su combustibilidad (presencia de gomas, aceites o resinas, follaje inflamable, contenido en humedad de las hojas, persistencia del follaje, grosor de la corteza, capacidad de poda natural) y aquellos aspectos de la estructura de las formaciones vegetales que favorecen el inicio e intensidad del incendio (densidad por unidad de volumen, tasa de superficie vegetal respecto al espacio). En función de este elemento se reclasifica el mapa de vegetación y usos del suelo para obtener una cartografía de la combustibilidad Intrínseca de la vegetación. Se realizó el mapa de Combustibilidad Intrínseca de la vegetación, a partir de la siguiente clasificación propuesta:

Tipos de Vegetación	Combustibilidad intrínseca	Valor
Agricultura de riego (Ag (r) y)	Baja	1
Zonas Urbanas (ZU)		
Agricultura de temporal (Ag (t))	Media	2
Matorral Xerófito (M (Xe))	Alta	3
Pastizal (Pz) y Bosque (BF)	Muy alta	4

Tabla 5. Clasificación de la Vegetación, a partir de su combustibilidad intrínseca, con valores de 1 para los riesgos más bajos y 4 para los riesgos más altos, modificada de Montoya *et al*, 2008.

Características físicas locales: exposición y fisiografía

Para esto se deben incluir dos tipos de factores: los climáticos y los ligados al relieve. Los factores climáticos son determinantes en el desarrollo de un incendio; por una parte condicionan las especies que pueden vivir en un determinado lugar y por tanto determinan el tipo de biomasa combustible, y por otra modifican el contenido en humedad de dicha biomasa y por tanto su inflamabilidad. Cuando se cuenta con la información de una red de estaciones meteorológicas en el territorio estudiado se pueden incluir los distintos factores climáticos que influyen en el desarrollo de un incendio como en este caso que se consideró Precipitación, Temperatura y Evapotranspiración, haciendo promedios de dos semestres por año de Enero-Junio (primer semestre) y Julio-Diciembre (segundo semestre). Se obtuvo el mapa de Componentes meteorológicos a partir de las siguientes reclasificaciones propuestas:

Temperatura ° C	Clase
0-4.9	1
4.9-8.9	2
8.9-12.9	3
12.9-16.9	4
16.9-20.9	5

Tabla 6. Clasificación de la Temperatura para el riesgo de incendio, del Municipio de Tequixquiac, modificada de Montoya *et al*, 2008.

Evapotranspiración mm	Clase
80-100	1
60-80	2
40-60	3
20-40	4
0-20	5

Tabla 7. Clasificación de la Evapotranspiración para el riesgo de incendio, del Municipio de Tequixquiac, modificada de Montoya *et al*, 2008.

Precipitación	Clase
mm	
80-100	1
60-80	2
40-60	3
20-40	4
0-20	5

Tabla 8. Clasificación de la Precipitación para el riesgo de incendio, del Municipio de Tequixquiac, modificada de Montoya *et al*, 2008.

Los factores ligados al relieve utilizados han sido la exposición y la fisiografía. La exposición condiciona el grado de humedad local. En las zonas más expuestas al sol, hay menos humedad y el calor acumulado genera una brisa desde los valle hacia las cumbres, que favorece la propagación de un posible fuego.

La exposición se clasifica en función del grado de humedad que conlleva. Las exposiciones oeste y norte o noroeste presentan un grado de humedad máximo, mientras que las solanas están afectadas por vientos desecantes del sur.

Se generó un mapa de Exposición a partir de la siguiente clasificación propuesta:

- Clase 1. Exposiciones **N, NO, O**
- Clase 2. Exposiciones **E, NE, T. V.**
- Clase 3. Exposiciones **S, SE, SO**

El comportamiento de un incendio está muy influenciado por la diferente configuración del terreno, siendo más agresivo en cañones y vaguadas cuando el viento sigue su dirección; en cumbres muy quebradas por esperarse remolinos a sotavento; en las laderas donde el precalentamiento es más rápido (sobre todo en valles estrechos). El incendio es más débil en cerros donde el cambio de rasante dificulta el avance, o en los llanos donde su avance es más lento. En función de este factor se reclasificó la geomorfología en clases fisiográficas propuestas de la siguiente manera:

Geomorfología	fisiografía	Valor
Laderas irregulares, aluvial coluvial, coluvial, terrazas, terrazas degradadas, escarpe de terrazas y cono de deyección.	Formas de fondo de valle	1
Laderas planas, pendientes convexas.	Formas de ladera irregular	2
Vertientes, vertientes irregulares, pendiente, rellanos y aluvial.	Formas de ladera plana	3
Planicies culminantes, divisorias, crestas, collados o puertos, cerros residuales y lomas residuales.	Superficies culminantes	4

Tabla 9. Clasificación de la geomorfología en clases fisiográficas en cuatro clases, modificada de Montoya *et al*, 2008.

Para obtener el mapa de los focos de incendio se tomaron en cuenta dos factores, la distancia a los usos de riesgo y la distancia a las vías de comunicación:

Distancia a usos de riesgo:

La práctica de usos de riesgo se ha considerado en función de los usos Agrícolas y Ganaderos y cualquier otro tipo que represente una actividad antrópica. Se han identificado las zonas donde se concentran estos usos, que son; zonas agrícolas de temporal, los pastizales, núcleos urbanos.

El riesgo se considera a partir de la distancia de ese uso al resto del territorio.

Clase 1. Distancia de 0 a 400 m

Clase 0. Distancia > 400 m

Distancia a vías de comunicación:

La probabilidad de que una fuente de calor inicie un incendio aumentará con la accesibilidad del punto. Dicha accesibilidad se estima en función de la distancia a vías de comunicación, partiendo de la clasificación propuesta por Montoya *et al*, 2008:

Clase 1.	Distancia de 0 a 400 m
Clase 0.	Distancia > 400 m

Pendiente:

Si queremos analizar no sólo la probabilidad de inicio de un fuego si no su facilidad para propagarse, es necesario contemplar otro tipo de factores como: vientos locales y pendiente. Ante la falta de datos respecto a vientos locales, se estima la velocidad de propagación del incendio a partir de la pendiente. La pendiente del terreno es un factor indicador de la velocidad de propagación del incendio, a mayor pendiente, mayor velocidad de propagación y por tanto mayor riesgo de incendio. Se calculo y reclasifico la pendiente en las siguientes clases, tomando como base el trabajo de Montoya *et al*, 2008:

Clase 1.	Pendiente < 4.5 °
Clase 2.	Pendiente entre 4.5° y 9°
Clase 3.	Pendiente entre 9° y 18°
Clase 4.	Pendiente entre 18° y 45°
Clase 5.	Pendiente > 45°

A partir de cartografía incorporada y digitalizada en el SIGMA, y teniendo como base los factores y clasificaciones consideradas se tiene el esquema propuesto para el desarrollo del modelo y la integración de estos aspectos del medio, como se observa en la Fig. 5.

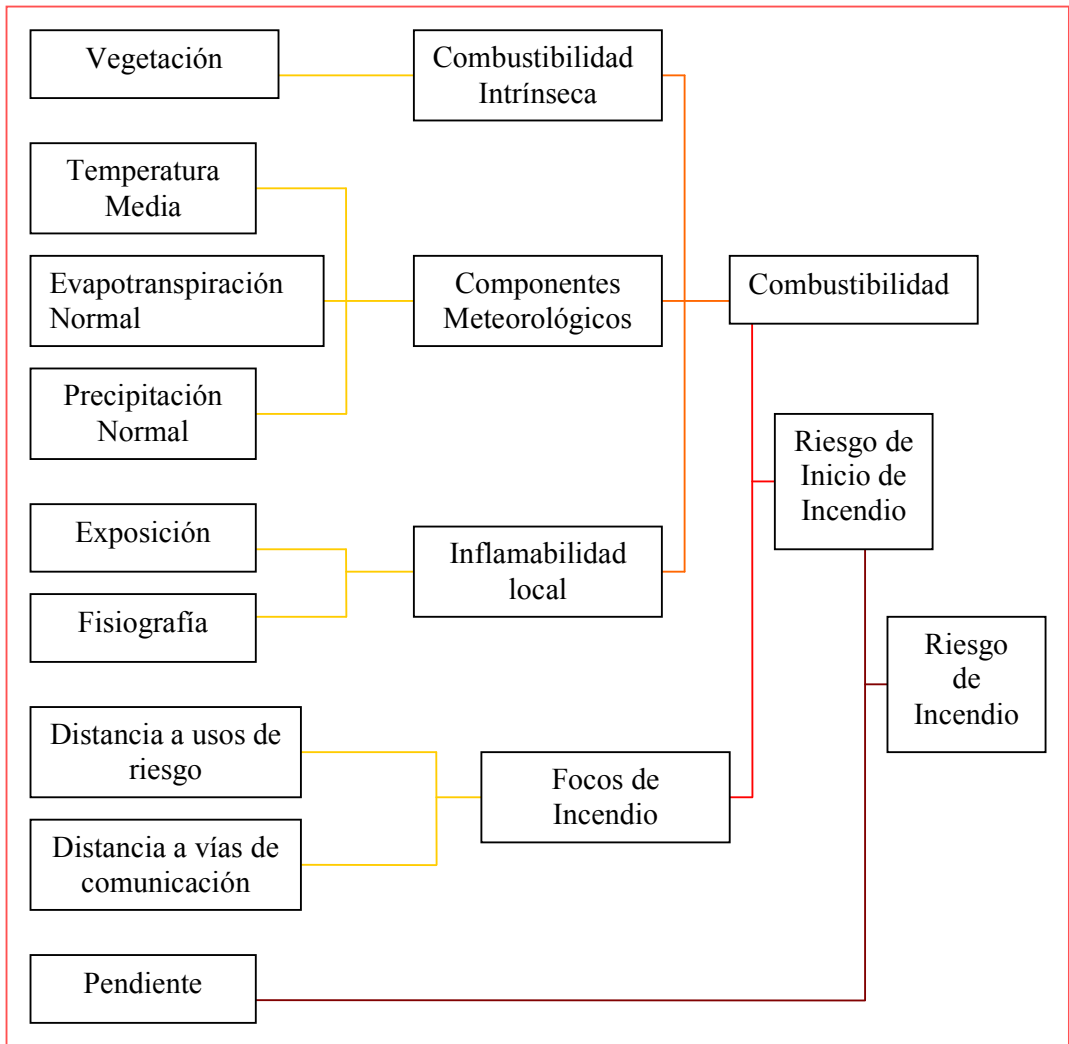


Fig. 5. Representación del Modelo de riesgo de incendio mostrando la integración de los factores considerados, modelo tomado de Montoya *et al*, 2008.

Lo primero fue la determinación de la Combustibilidad. La cual se obtuvo a partir de integración de la Combustibilidad Intrínseca de la Vegetación, Inflamabilidad Local y de los Componentes Meteorológicos para cada semestre. Para ello se utilizaron a las matrices siguientes:

Para iniciar con el modelo, la combinación de la Fisiografía y Exposición nos permitió estimar la Inflamabilidad local.

		Fisiografía			
		1	2	3	4
Exposición	1	1	1	2	3
	2	1	2	3	4
	3	2	3	4	4

A este resultado se le integro la Combustibilidad Intrínseca de la Vegetación.

		Combustibilidad Intrínseca			
		1	2	3	4
Inflamabilidad local	1	1	1	2	3
	2	1	2	3	4
	3	2	3	4	5
	4	3	4	5	5

A continuación se procedió a la integración entre los valores de este resultado y de los Componentes Meteorológicos.

		Cionveg +Inflamabilidad				
		1	2	3	4	5
Componentes Meteorológicos	1	1	1	2	3	3
	2	1	2	3	3	4
	3	2	3	3	4	5
	4	3	3	4	5	5

La existencia de Focos de Incendios se ha considerado a partir de los parámetros Distancia a usos de riesgo y Distancia a vías de comunicación. Se ha considerado como Valor 1 cuando en alguno de estos parámetros presenta la Clase 1.

Esta unión, permite determinar el Riesgo de Inicio de Incendio, la cual se realizó mediante la siguiente matriz:

		Combustibilidad				
		1	2	3	4	5
Focos de Incendio	0	1	2	3	4	5
	1	2	3	4	5	5

Una vez conocido cual es el Riesgo de Inicio de Incendio en el territorio para cada semestre es interesante conocer en que zona su propagación será más rápida en aras de facilitar la planificación de las labores de prevención y extinción en las campañas de incendio. Para determinar la velocidad de propagación del incendio se utiliza el grado de Pendiente del terreno como factor indicador de la misma: a mayor pendiente, mayor velocidad de propagación y por tanto mayor riesgo de incendio.

Finalmente se obtuvo mapa de "riesgo de incendio" del territorio del Municipio de Tequixquiac, para los dos semestres (Mapa 29 y 30. Ver Anexo Cartográfico) mediante la combinación entre el Riesgo de Inicio de Incendio y la Pendiente, conforme a la siguiente matriz:

		Riesgo de inicio de incendio				
		1	2	3	4	5
Pendiente	1	1	1	2	2	3
	2	1	2	2	3	4
	3	2	2	3	4	4
	4	2	3	4	4	5
	5	3	4	4	5	5

Se calcularon las frecuencias con que aparecen estas clases de Riesgo de Incendio en el territorio:

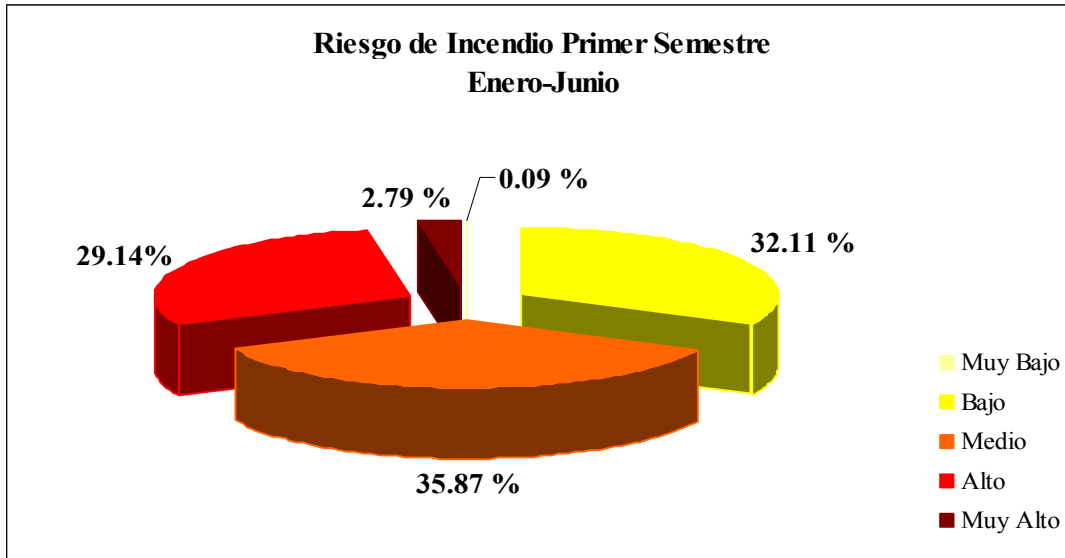
Primer Semestre de Enero a Junio:

Clase 1. Riesgo muy bajo: 13 ha (52 cuadrículas)
Clase 2. Riesgo bajo: 4,537.25 ha (18,149 cuadrículas)
Clase 3. Riesgo medio: 5,069.25 ha (20,277 cuadrículas)
Clase 4. Riesgo alto: 4,117.50 ha (16,470 cuadrículas)
Clase 5. Riesgo muy alto: 391.75 ha (1,567 cuadrículas)
Total: 14128.75 ha (56515 cuadrículas)

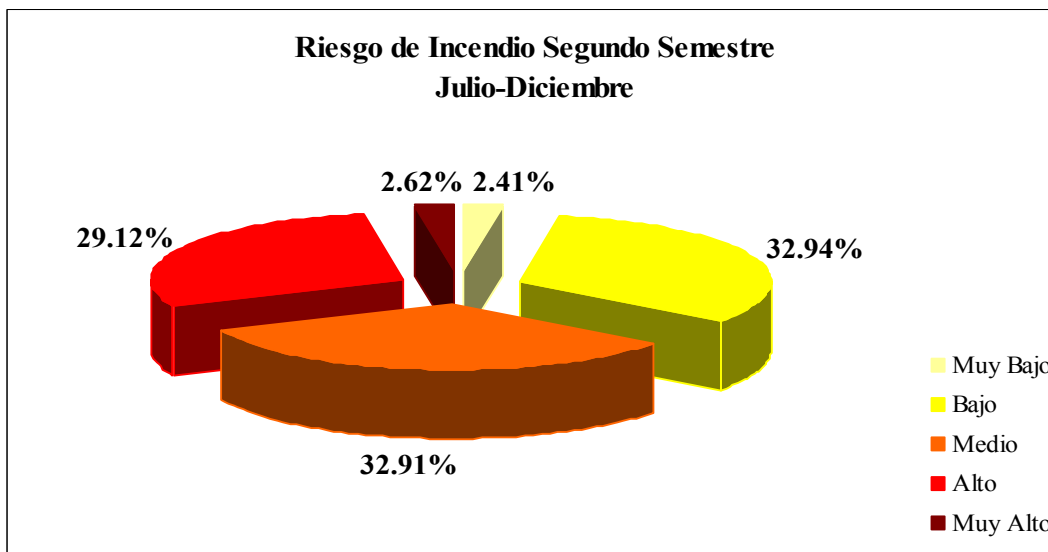
Segundo Semestre de Julio a Diciembre:

Clase 1. Riesgo muy bajo: 340.75 ha (1,363 cuadrículas)
Clase 2. Riesgo bajo: 4,654.25 ha (18,617 cuadrículas)
Clase 3. Riesgo medio: 4,650.25 ha (18,601 cuadrículas)
Clase 4. Riesgo alto: 4,115.25 ha (16,461 cuadrículas)
Clase 5. Riesgo muy alto: 368.25 ha (1,473 cuadrículas)
Total: 14128.75 ha (56515 cuadrículas)

A partir de estos cálculos se tiene que para el primer semestre el 0.99 % del territorio total del municipio presentan un riesgo muy bajo, mientras que un 32.11 % un riesgo bajo y un 35.87 % de la superficie un riesgo medio, y el 31.76 % presentan riesgo alto (Gráfica 5) esto nos indica que el territorio del Municipio de Tequixquiac tiene un riesgo alto de incendio ya que para esta categoría presento una de extensión con 4,486.5 ha de 4128.75 ha que comprenden al total Municipal, lo cual comprende la tercera parte del territorio.(Gráfica 6).



Gráfica 5. Representación en porcentaje de la superficie del territorio del Municipio que presenta riesgo de incendio de muy bajo a muy alto, en el primer semestre.



Gráfica 6. Representación en porcentaje de la superficie del territorio del Municipio que presenta riesgo de incendio de muy bajo a muy alto, en el segundo semestre.

Al realizar estos análisis se puede decir que el Municipio de Tequixquiac tiene un riesgo de incendio Medio, ya que tanto en el primer semestre como en el segundo, la mayor superficie del territorio presentó este tipo de riesgo, mientras que la menor superficie de la zona presentó el riesgo Muy bajo, ya que inclusive en el primer semestre el porcentaje de superficie fue de sólo de 0.09% equivalente 13 ha, el cual es básicamente nulo con respecto al resto de las otras clases. Sin embargo y a pesar de que la diferencia entre los valores de los dos semestres no se torna muy evidente, las superficies del territorio que presentan los riesgos Bajo y Muy Bajo presentan un aumento del 2 % y más del 100% respectivamente, contrario a las superficies con los riesgos Alto y Muy Alto que en su caso el riesgo se volvió nulo, lo que nos refiere a una disminución del riesgo incendio en el segundo semestre al cual también podríamos llamar periodo de lluvias, ya que inclusive Juárez (2008), menciona que los incendios son estacionales dominando en el primer periodo del año (Enero-Junio), por lo que este comportamiento puede atribuirse a los factores climáticos como es el caso de la precipitación, que trae consigo que la humedad relativa y la evapotranspiración aumenten, proveyendo de agua y evitando así la desecación de la vegetación y por lo tanto la hace menos susceptible al inicio de un fuego, ya que en el transcurso de este periodo las temperaturas son altas y la precipitación es baja a diferencia del segundo periodo del año que se encuentran los meses en los que mayor precipitación presentan como son Julio, Agosto y Septiembre, lo cual es determinante para el riesgo de incendio, como lo menciona Aramburu y Escribano., (1994) , el riesgo de incendio dependerá de la variación de los factores climáticos a lo largo de un periodo de tiempo.

En cuanto a la relación de la pendiente con el riesgo de incendio se tiene que en las de ladera en donde esta es mayor es en donde se presentaron las zonas de riesgo Muy Alto con valores de pendiente de 17.24 a 38.79 °, mientras que para las zonas con riesgo Bajo presentan pendientes de 0 a 11.14 °, lo cual nos demuestra que la pendiente es determinante para que un fuego se propague ya que el fuego tiene un comportamiento ascendente es decir, que va de abajo hacia arriba. Como lo argumenta Labat (1995), la pendiente está directamente relacionada con la extensión y dirección del fuego, lo cual es importante identificar ya que si se ubican las áreas en donde el riesgo es muy alto por muy poca superficie que ocupen se pueden establecer estrategias para monitorear como son las torres de vigilancia de guarda bosques, y así prevenir que inicie un fuego o en su caso identificar estas zonas para contrarrestarlo, como en este caso del Municipio de Tequixquiac, que es en las zonas montañosas, en donde se encuentra el riesgo Alto y Muy Alto ubicado en la zona Oeste del

Municipio, por su parte el riesgo bajo que es el que mayor porcentaje de territorio abarca, presenta una distribución más homogénea (Mapa 28 y 29. Ver Anexo Cartográfico).

En cuanto a la vegetación se refiere los tipos que presentaron el riesgo Medio, Alto y Muy Alto fueron el Pastizal, el Matorral Xerofilo y Bosque, lo que indica una relación entre el tipo de vegetación y la inflamabilidad, como lo expone Juárez, (2008) y menciona que en donde las características del tipo de vegetación tienen gran influencia en el desarrollo de los incendios forestales. El Pastizal generalmente es en donde existe el mayor índice de incendios esto debido a que como su desarrollo se presenta en zonas planas y abiertas los vientos fluyen de tal manera que se da una combustión fácil y rápida. Catchpole (2002), menciona que cuando se encuentra presente un viento, que es el principal elemento, este modifica la flama al contacto con la superficie del combustible y complementando con las actividades antrópicas es en donde se da mucho la actividad de la quema para preparar el territorio para una actividad de agricultura, lo cual representan otro factor de riesgo.

En cuanto al Matorral Xerofilo, es un tipo de vegetación que presenta poca humedad y se desarrolla en climas secos, lo cual es favorable para que se inicie un fuego , ya que las altas temperaturas, la baja humedad y la cantidad de combustible aumentan la probabilidad de la ignición de un incendio (Juárez , 2008). Por otro lado el Bosque que es un tipo que presenta especies que tienen como característica la presencia de resinas que son de alta inflamabilidad, de igual forma la leñosidad de sus componentes vegetales lo que le confiere un mayor riesgo, y las actividades de deforestación que están directamente relacionadas con lo incendios forestales (Juárez , 2008). Por otra parte en cuanto a las zonas que presentaron la clase Muy Baja tiene una vegetación de Agricultura de riego, lo cual nos refiere a que por la propia actividad que se realiza en ese sector del territorio en la cual hay constante flujo de agua, este riesgo se disminuye y para el riesgo Bajo, la vegetación que presenta es de tipo Agricultura de Temporal, de Riego.

9.2 Valoración de la calidad de la vegetación del Municipio de Tequixquiac

Se entiende por calidad “el grado de excelencia, su mérito para no ser alterado o destruido o de otra manera, mérito para que su esencia, su estructura actual, se conserve” (Blanco, 1979).

La calidad puede referirse al medio natural en general, lo cual exigiría un estudio detallado de cada uno de sus componentes, o bien, referirse a algún aspecto concreto del medio: la calidad del paisaje, de la fauna, del agua, etc. (MOPT, 1992).

El concepto de calidad puede estar relacionado con otros muchos conceptos semejantes, como los menciona Montoya *et al.*, 2001:

*Valor naturalístico, que es el mérito de una unidad debido al estado de conservación de los ecosistemas que contiene o a la presencia de especies (animales o vegetales) notables. También puede incluirse aquí el mérito debido a ciertas singularidades naturales: rasgos geológicos, yacimientos paleontológicos únicos o de interés científicos.

* Valores relacionados con la productividad.

* Productividad agraria en sentido amplio (agrícola, forestal, ganadera).

* Productividad ecológica, medida en términos de energía fijada por unidad de superficie y tiempo.

* Valores preceptuales y culturales, que abarcan aquellos valores subjetivos derivados del paisaje: sensaciones de misterios, grandiosidad o respeto, o valores de tipo cultural o histórico, testimonio de épocas pasadas.

Otras veces se asimilan la calidad del medio solamente al concepto expresado en el primer punto, o quizás también en el tercero. En estos casos, el análisis de la calidad va unido al estudio de aspectos o atributos tales como:

- Naturalidad
- Integridad
- Proximidad al clímax
- Diversidad
- Singularidad
- Rareza
- Irreversibilidad
- Pureza
- Representatividad
- Escasez

Modelo de la Evaluación Calidad de la Vegetación de Tequixquiac

El modelo que se empleo para avaluar la calidad de la vegetación de Tequixquiac fue modificado de Montoya *et al.*, 2001, en el se valoraron dos factores la etapa sucesional y la singularidad de la vegetación.

La calidad se entiende como grado de excelencia o cualidad para no ser alterado o destruido, en este caso, las unidades de vegetación presentes en el territorio. Se han elegido como criterios definatorios de la calidad de la vegetación la etapa sucesional y la singularidad.

Factores y criterios de clasificación

a) Etapa sucesional:

Se refiere a las secuencias naturales, en las cuales un organismo o grupo de organismos reemplaza a otro en un hábitat tendiendo a una etapa hipotética llamada clímax que representa

el final del proceso de colonización de un medio con características determinadas. Aquellos medios con mayor acercamiento a su estado de clímax poseerán una estructura más compleja, más estable y mejor adaptada a las condiciones ambientales del territorio en el que se asienta. Se admite, por tanto que a mayor acercamiento al clímax, mayor calidad.

En este caso, los conceptos de diversidad florística y naturalidad de la estructura entendida tanto como número de estratos como la adaptación de la estructura natural a las condiciones del terreno, quedan incluidas en este criterio de etapa sucesional. Cuanto mayor proximidad al clímax, mayor número de especies o estratos presentes en la unidad y mayor sea la adaptación de su estructura al terreno, mayor será la calidad ecológica de la vegetación.

b) Singularidad:

Condición de fuera de lo común. Se ha incluido en este criterio la presencia de endemismos y de formaciones raras. Se considera un endemismo como aquella especie que aparece exclusivamente en un determinado territorio de extensión variable. La rareza indica la abundancia relativa de las distintas formaciones vegetales, dentro del área de estudio y a nivel nacional.

Desarrollo del modelo

Con respecto a la etapa sucesional se asigna a cada tipo de vegetación inventariado un valor entre el 1 y el 4, siendo la clase 4 la de mayor proximidad al clímax y la clase 1 la de menor. Quedando excluidos des esta valoración las Zonas Urbanas (ZU), por carecer de vegetación continua. De esta forma, la clasificación propuesta es:

- Clase 1. Unidades de vegetación: Agricultura de temporal Ag (t)
- Clase 2. Unidades de vegetación: Agricultura de riego Ag (r)
- Clase 3. Unidades de vegetación: Pastizal (Pz)
- Clase 4. Unidades de vegetación: Matorral Xerófito M (Xe) y Bosque (BF)

Con respecto a la Singularidad, la calidad de la vegetación será mayor si hay presencia de singularidad. Se ha asignado a cada tipo de vegetación inventariado dos valores, siendo la clase 2 de mayor calidad.

- Clase 1. Unidades de vegetación: Agricultura de temporal (Ag (t)), Agricultura de riego (Ag (r)) y Pastizal (Pz)
- Clase 2. Unidades de vegetación: Matorral Xerófito (M (Xe)) y Bosque Fragmentado (BF)

Integración

Para la determinación de la calidad de la vegetación se han integrado los aspectos de singularidad y de nivel de sucesión, tomando como base la cartografía de Vegetación y usos de suelo, incorporada al SIGMA, dicha integración se muestra en la figura 6:

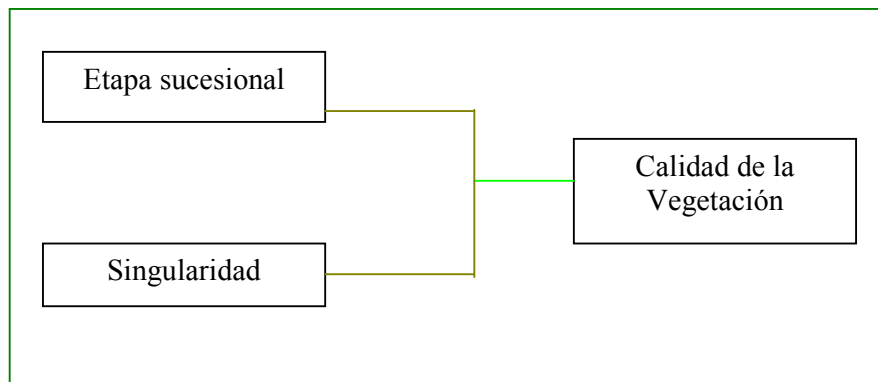


Fig.6 Representación de la integración temática para el modelo de calidad de la vegetación

La integración de las valoraciones parciales de estos elementos en un valor final representativo de la calidad de la vegetación se ha efectuado mediante una matriz.

El criterio seguido ha sido que la singularidad actúa como modificador al aumentar el valor de calidad respecto al nivel de sucesión. La matriz resultante es:

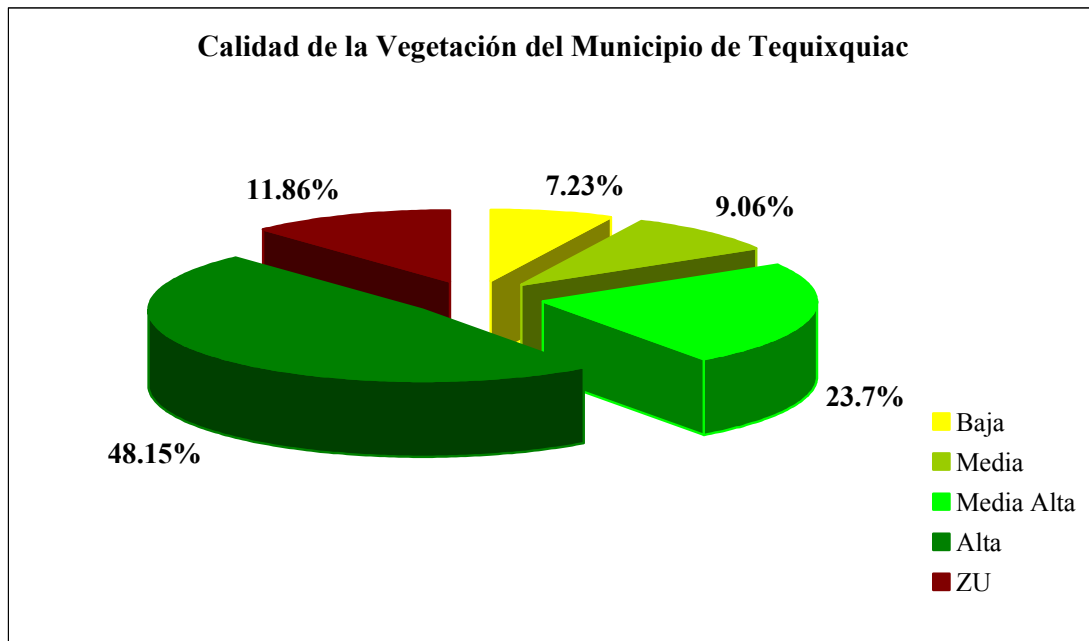
		Nivel de sucesión			
		1	2	3	4
Singularidad	1	1	2	3	4
	2	2	3	4	5

En la clasificación definitiva la calidad de la vegetación queda agrupada en cuatro clases, siendo la de la Clase 4 la de mayor calidad y la Clase 1 la de menor calidad.

Los valores de frecuencias para cada una de las clases de calidad de la vegetación son los siguientes:

Clase 1. Calidad Baja: 1,022.50 ha (4090 cuadrículas)
 Clase 2. Calidad media: 1,255.00 ha (5020 cuadrículas)
 Clase 3. Calidad media alta: 3,349.25 ha (13397 cuadrículas)
 Clase 4. Calidad alta: 6,799.25 ha (27197 cuadrículas)
 Total: 12426.00 ha (49704 cuadrículas)

Como se puede ver en la Gráfica 4, en el territorio dominan las clases de calidad de la vegetación Media Alta y Alta ocupando un 23.7 % y 48.15% respectivamente, mientras que las clases Baja y Media abarcan una superficie de 7.23 % y 9.06% del total del territorio que comprende 14128.75 ha. (Ver Anexo Cartográfico Mapa 30).



Gráfica 7. Superficie abarcada en porcentaje por cada una de las clases de calidad de la vegetación de Tequixquiac.

En cuanto al tipo de vegetación que presentó la calidad más Baja fue la Agricultura de Temporal, realmente este tipo de vegetación no tiene singularidad, ya que la mayoría de los cultivos se enfocan en ciertas especies de interés ya sea comercial o cultural, de igual manera para su nivel de sucesión ya que su estructura es simple y no existe nivel de sucesión, lo que no lo lleva a un estado de clímax, y sobre todo por que la sucesión refiere un aumento en la energía, biomasa o estructura dentro de un ecosistema que es transferida desde las etapas iniciales hasta las finales de dicho proceso, entonces es en las ultimas etapas en las que tienen el mayor incremento , por lo tanto una alteración en cualquier estadio de la sucesión provoca cambios rápidos y catastróficos, caracterizados una disminución en la madurez a lo que Margalef citado por Walter (2005), llamo *retrogresión*. Para la clase Media de calidad el tipo de vegetación que ocupa ese territorio fue la Agricultura de riego, la cual se encuentra en

constante cambio lo que permitiría una acumulación de energía sin embargo en este tipo de vegetación sucede algo similar a la Agricultura de Temporal por las características propias de estos usos de suelo, estas actividades traen consigo un alto grado de erosión y por lo tanto pérdida de nutrientes, lo cual se relaciona con el nivel de sucesión, por que al aumentar la biomasa en este proceso habrá un incremento en la eficiencia de los ciclos de nutrientes y de la especialización de un individuo en su medio como lo refiere Walker (2005), por lo tanto al no existir la cantidad necesaria de nutrientes en el suelo la especies vegetales presentaran ese déficit y la sucesión no puede llevarse a cabo y por ende la singularidad. Así entonces se recomienda que se establezcan policultivos para contribuir a estos ciclos de nutrientes y como consecuencia a la sucesión y así aumentar la calidad de la vegetación, cuando se habla de agricultura es casi imposible llegar a un clímax en cuanto a sucesión se refiere, como el propio Walter (2005), lo menciona, la agricultura es un claro ejemplo de la persistencia de estadios iniciales de la sucesión como consecuencia de la constante explotación de la energía del sistema, o como se conoce ahora como sucesión detenida.

La extensión de la clase Media Alta pertenece al Pastizal, el cual si bien no presenta una singularidad alta ya que la mayoría de sus componentes son especies comunes de gramíneas, este tipo de vegetación se espera que aumente su nivel de sucesión ya que estas especies pueden ser reemplazadas por otras y por lo tanto que alcance el clímax, ya que si esta vegetación no sufre un cambio como el implemento de cultivos, o viveros u otros, los componentes vegetales acumularan durante la etapas de la sucesión la energía necesaria para llegar a la explotación a lo cual Margalef (citado en Walker, 2005) refiere como la transferencia de energía a través de las etapas de la sucesión, aun y cuando se implementaran actividades de quema, o que sucediera un incendio natural ya que en la evaluación del riesgo de incendio este tipo de vegetación presento un riesgo Alto y Muy Alto, se podría llevar a cabo este proceso de sucesión, si dispone de la condiciones adecuadas y necesarias para esto, como es sabido, el proceso de incendio es favorable para la sucesión ecológica por la remoción de nutrientes y aumenta la energía disponible en el ecosistema.

Por último la clase Alta presenta su distribución en la vegetación de Matorral Xerofilo y el Bosque Fragmentado, lo cual se atribuye a que estas unidades de vegetación tienen componentes que poseen mayor singularidad, debido a que pueden presentar individuos propios del sistema, y con una gran importancia ecológica, de igual forma es en donde más se puede llegar a presentar un alto nivel de sucesión pues existen en ellos varios estratos como

son herbáceo, arbustivo y arbóreo, lo cual indica o pone de manifiesto las relaciones de competencia, de igual forma su biomasa desarrollada es amplia, lo que incrementa su estructura y por lo tanto un aumento en la transferencia de energía, lo cual converge con lo mencionado por Walter (2005).

9.3 Localización óptima de un vertedero de Residuos Sólidos Urbanos.

El desarrollo de las actividades cotidianas dentro de la sociedad se encuentra ligado con la generación permanente de desechos sólidos. Los residuos sólidos urbanos (RSU), más comúnmente denominados basura, son todos aquellos materiales provenientes de la actividad humana y que el ser humano desecha diariamente. Estos residuos se originan en los hogares, ámbitos laborales, restaurantes, edificios administrativos, hoteles, industrias y corresponde a restos de papel y cartón, botellas, embalajes de diversos tipos (Hernández *et al.*, 1999).

La generación *per cápita* de residuos sólidos, se ha incrementado en las últimas tres décadas en casi siete veces; sus características han cambiado de biodegradables, a elementos de lenta y difícil degradación. Del volumen total generado, el 90 % no cuenta con almacenamiento adecuado; solo se recolecta el 70 %, con técnicas y equipos deficientes. Se proporciona tratamiento al 5 % y la disposición final de un 95 % se realiza en tiraderos a cielo abierto. Los residuos industriales, se han incrementado exponencialmente al crecimiento industrial, estimándose que sólo un 2 % de ellos recibe tratamientos medianamente aceptables y una mínima porción es reciclada; problemas especialmente graves en las grandes ciudades, zonas turísticas e industriales (UACH, 2003).

En México, el 30 % de la población del país aún habita en asentamientos rurales, que cuentan con escasos recursos económicos para dotar y administrar los servicios básicos a la población, como la electricidad, agua potable y recolección de residuos sólidos, entre otros. La carencia de recursos económicos, junto con la creciente demanda de la población por servicios, ocasiona que estos municipios enfrenten serios problemas para administrar y planear adecuadamente la gestión de los residuos sólidos, lo cual se refleja en sistemas de aseo público deficientes para recolectar, tratar y disponer los residuos sólidos que se generan en sus circunscripciones territoriales. Ello repercute en una disminución de la calidad de vida de

los habitantes y en un creciente impacto ambiental por la emisión de gases, humos y lixiviados hacia el aire, a los sistemas de agua subterránea y al suelo (Buenrostro *et al.*, 2001).

El problema de los residuos sólidos se tiene que resolver en forma integral, mediante acciones específicas que se adapten, entre otros factores, al tamaño de las ciudades, su estructura, densidad demográfica y topografía. Para ello se requiere de la participación directa de los gobiernos estatales y municipales, así como de la cooperación de los industriales y el sector social (UACH, 2003).

Uno de los problemas más acuciantes que sufre hoy nuestro medio ambiente, resultado directo de la propia evolución de la actual sociedad de consumo, es la producción de los residuos. Las actividades que el hombre realiza son de muy diversa índole y naturaleza, y, en función de las mismas se generan distintos tipos de residuos de diferente composición, estado o peligrosidad. De acuerdo con estas características, el tratamiento, gestión y almacenamiento de los distintos residuos varían dando lugar a la necesidad de crear toda una serie de infraestructuras y mecanismos de gestión con el fin de evitar cualquier deterioro ambiental (Bosque *et al.*, 1999).

Martínez-Alegría *et al.*, (2000), realizaron un trabajo en donde estudiaron la posible ubicación de un vertedero de residuos sólidos urbanos (RSU) en el Entorno de Valladolid, atendiendo a un conjunto de criterios relacionados todos ellos con información georeferenciada, lo cuales fueron analizados en un SIG; permitiendo, a través de un proceso de superposición de mapas, obtener posibles zonas de emplazamiento del vertedero.

La propuesta de realización del estudio de la localización óptima de un vertedero de residuos sólidos urbanos, está motivada por el interés y sensibilización hacia el conocimiento del medio natural y las actividades que en el se desarrollan (urbanización y actividades antrópicas), así como por la escasez de trabajos relacionados con este tema en México como parte de la gestión territorial.

El presente estudio se dirige a la determinación de las mejores áreas para la ubicación de un vertedero de residuos sólidos urbanos (RSU) en el municipio de Tequixquiac, atendiendo a un conjunto de criterios de medio físico, biológico e infraestructuras del municipio, mediante la aplicación del SIG.

Factores y criterios de clasificación para la localización de vertedero de residuos sólidos urbanos

El siguiente propuesto fue tomado y modificado de Martínez-Alegría *et al.*, 2000, Martínez-Graña *et al.*, 2006. Los aspectos del medio considerados en la realización del modelo modificado de capacidad para la localización de vertedero de residuos sólidos urbanos en el municipio son la vegetación y usos del suelo, pendiente, distancia a vías de comunicación, distancia de ríos primarios y secundarios, distancia a fallas y fracturas y Área de amortiguamiento de los núcleos Urbanos.

- Pendiente:

Las zonas más llanas tienen mayor capacidad para la construcción del vertedero de residuos sólidos urbanos. Por otro lado las zonas con pendientes superiores al 15° de pendiente se han excluido al considerar que no tienen capacidad para albergar estas instalaciones. Se han diferenciado y propuesto 3 clases, que corresponden a los siguientes intervalos de pendiente:

Clase 0.	Pendiente mayor de 15°	Excluyente
Clase 1.	Pendiente entre 9 ° y 15 °	Menor capacidad
Clase 2.	Pendiente menor de 9°	Mayor Capacidad

- Capacidad portante:

Las litologías presentes en la zona se han agrupado en dos clases en función de la capacidad portante para la instalación de Vertedero de Residuos Sólidos Urbanos. Las clases propuestas son las siguientes:

- Clase 1. Menor capacidad: Aluviales, coluviales y mixtos aluviales-coluviales
- Clase 2. Mayor capacidad: Rocas ígneas, metamórficos (por fracturación) y los restantes terrenos cuaternarios.

- Distancia a vías de comunicación

Cuanto menor es la distancia más fácil y barato será el transporte de los RSU y el acceso al posible Vertedero. Se ha formulado una clasificación del territorio según la distancia a carreteras principales o secundarias, diferenciando las clases, que se exponen a continuación:

- Clase 0. No Apto: Más de 2 km de cualquier carretera.
- Clase 1. Entre 1 y 2 Km a carreteras locales (terracería).
- Clase 2. Menos de 1 Km a carreteras locales (terracería).
- Clase 3. Entre 1 y 2 Km a carreteras generales o vías rápidas (asfaltadas).
- Clase 4. Menos de 1 Km a carreteras generales o vías rápidas (asfaltadas).

- Distancia a los recursos hidrológicos (ríos y cuerpos de agua)

Se clasifica el territorio planteando dos clases según el caudal de los recursos hidrológicos y la distancia a los cursos de agua superficial (Mapa binario de aptitudes):

- Clase 0. No Apta: Una distancia menor a 400 m de un río.
- Clase 1. Apta: Una distancia mayor a 400 m de un río.

- Distancia a fallas y fracturas

Una falla es una grieta en la corteza terrestre, y a partir de estas pueden ocurrir ciertos movimientos a lo largo de ellas, es decir son una variedad de fracturas originados por movimientos de la corteza terrestre. Por tanto es un factor de restricción para el establecimiento del vertedero de residuos sólidos urbanos (RSU), ya que no se puede establecer en zonas de fallas, por el riesgo de contaminación en los mantos freáticos. En función de las fallas se propone clasificar el territorio en dos clases (Mapa binario aptitudes):

- Clase 0. No Apto: Una distancia menor a 1 Km de las fallas y fracturas
- Clase 1. Apto: Una distancia mayor a 1 Km de las fallas y fracturas

- Área de Amortiguamiento de los Núcleos Urbanos

Dado que este tipo de instalaciones generan ciertas problemáticas ya que en el proceso de descomposición se forman lixiviados que traen consigo la producción de importantes cantidades de gases y como consecuencia de olores, otro problema son los efectos sobre la salud pública, por la contaminación ambiental y por la posible transmisión de enfermedades infecciosas por los roedores y cucarachas que los habitan lo cual provoca un cierto rechazo social, en función de estos criterios se ha planteado la siguiente clasificación:

- Clase 0. No apto: Una distancia menor a 1 Km a los Núcleos Urbanos
- Clase 1. Apto: Una distancia mayor a 1 Km a los Núcleos Urbanos.

-Vegetación y usos del suelo:

Este elemento se considera en cuanto al uso del suelo, de forma que como primer paso, en el modelo se excluyen las zonas cuya superficie está ocupada de forma mayoritaria por las unidades protegidas e importantes del mapa de vegetación y usos del suelo, así como las correspondientes a núcleos urbanos. En estas zonas, el uso condiciona en gran medida las posibilidades de instalación ya que, por ejemplo, no es posible instalar Vertederos de RSU sin cambiar las actividades actuales. En algunos casos la legislación vigente y el planeamiento urbanístico, establecen la limitación para su desarrollo. Para este factor se establecieron 4 clases:

Clase 0. No apto: Zonas Urbanas (ZU) Excluyente.

Clase 1. Menor aptitud: Bosque fragmentado (BF)

Clase 2. Matorral Xerofilo (M(xe))

Clase 3. Mayor aptitud: Agricultura de riego (Ag(r)), Agricultura de temporal (Ag(t)) y Pastizal (Pz).

Integración

Tomando como base la cartografía temática concentrada en el SIGMA se procedió a la integración partiendo de los criterios y clasificaciones ya mencionados, la cual se muestra en la Fig. 7.

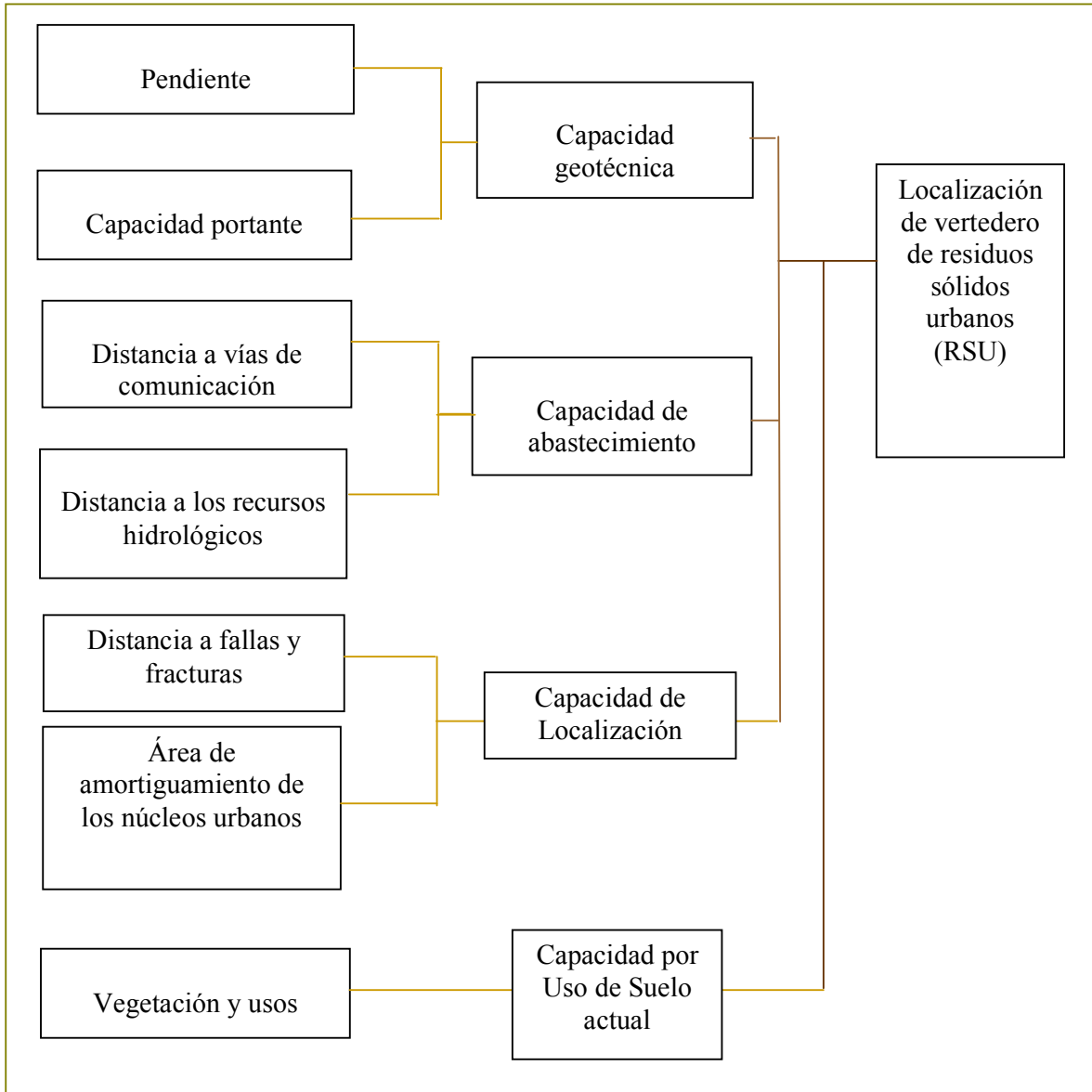


Fig. 7. Modelo para la localización óptima de vertedero de residuos sólidos urbanos (RSU) del Municipio de Tequixquiac.

En primer lugar se excluyen del modelo aquellas superficies ocupadas de forma mayoritaria por áreas urbanas, salineras, extracciones mineras, que por su dedicación actual no pueden localizar la actividad.

A continuación, se combinan las clases establecidas para la litología y pendiente, para obtener un valor de capacidad geotécnica. De esta integración resultan tres clases, además de unas superficies que quedan excluidas por presentar rangos de pendiente superiores a 20 °.

		Pendiente		
		1	2	E
Litología	1	1	2	E
	2	2	3	E

E= Excluyente

Por otro lado, se combinan las clases definidas de distancia a las vías de comunicación y de distancia a los recursos hidrológicos, para obtener unas clases de capacidad de abastecimiento. Los resultados de esta integración que se realiza a partir de la matriz que se presenta a continuación, se obtienen cuatro clases.

		Distancia a vías de comunicación				
		0	1	2	3	4
Distancia a los recursos hidrológicos	0	0	0	0	0	0
	1	0	1	2	3	4

El siguiente paso para la determinación de la localización del vertedero de residuos sólidos urbanos (RSU) es la integración de los valores obtenidos de la capacidad geotécnica y de capacidad de abastecimiento.

		Capacidad geotécnica			
		1	2	3	E
Capacidad abastecimiento	0	0	0	0	E
	1	1	1	2	E
	2	1	2	3	E
	3	1	2	4	E
	4	2	3	4	E

E= Excluyente

Para obtener la capacidad de localización se realiza la unión de la Distancia a las fallas y fracturas y el área de amortiguamiento de los núcleos urbanos, aplicando la siguiente matriz:

		Distancia a fallas y fracturas	
		0	1
Área de amortiguamiento a los Núcleos Urbanos	0	0	0
	1	0	1

Posteriormente se procedió a la integración del emplazamiento de capacidad geotécnica y de capacidad de abastecimiento y la capacidad de localización:

		C.Geotécnica + C. Abastecimiento				
		0	1	2	3	4
Capacidad de localización	0	0	0	0	0	0
	1	0	1	2	3	4

Finalmente se realizó el emplazamiento de esta con la vegetación y usos de suelo (capacidad por uso de suelo actual), con la siguiente matriz:

		C. Geotécnica + C. Abastecimiento + C. Localización			
		1	2	3	0
Vegetación y Usos de Suelo (capacidad por uso de suelo actual)	0	0	0	0	0
	1	1	1	2	0
	2	1	2	3	0
	3	2	3	4	0
	4	3	4	4	0

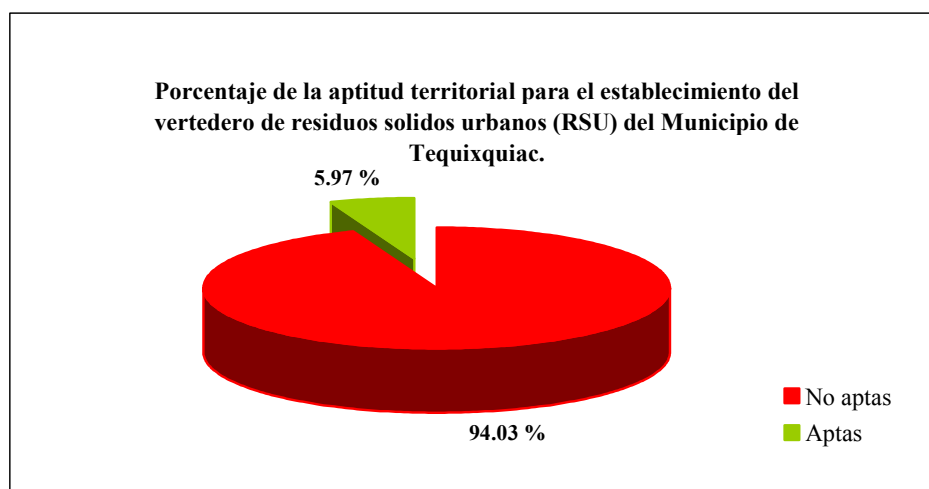
Los valores de frecuencias para las áreas No Aptas y Aptas del Municipio de Tequixquiac fueron:

No Aptas: 13,286.25 ha (53145 cuadrículas)
Aptas: 842.5 ha (3370 cuadrículas)
Total: 14128.75 ha (56515 cuadrículas)

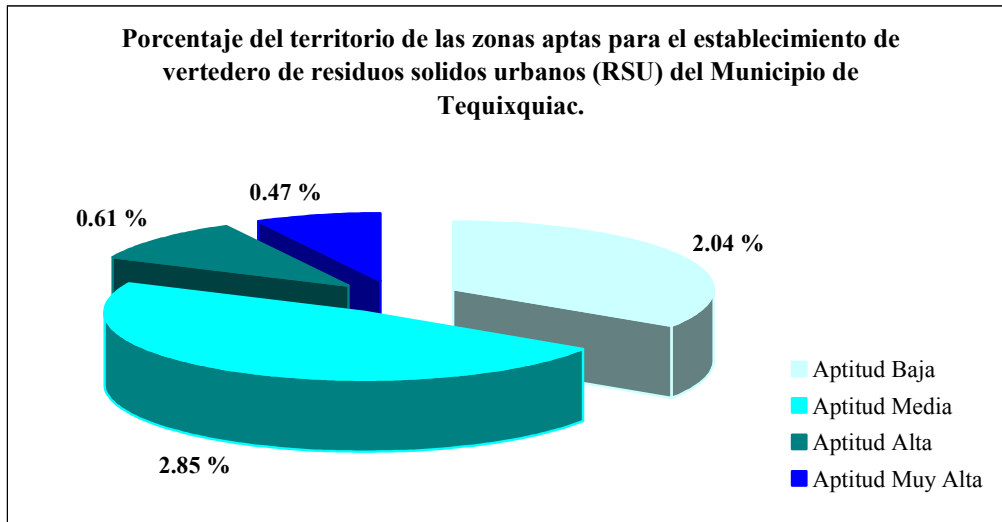
De las cuales las zonas aptas se clasificaron de menor a mayor aptitud obteniendo los siguientes resultados:

Aptitud Baja: 288.75 ha (1155 cuadrículas)
Aptitud Media: 403 ha (1612 cuadrículas)
Aptitud Alta: 87.25 ha (349 cuadrículas)
Aptitud Muy Alta: 63.5 ha (254 cuadrículas)
Total: 842.5 ha (3370 cuadrículas)

Partiendo de estos valores se puede decir que sólo un 5.97 % que comprende 842.5 ha del Territorio del Municipio de Tequixquiac es apto para el establecimiento de un vertedero de RSU, como se puede ver en la Gráfica 8, pese a esto de las zonas aptas sólo 0.47 % presentan la máxima aptitud, con 63.5 ha del territorio total (Gráfica 9).



Gráfica 8. Se representan los porcentajes de las zonas aptas y no aptas del Municipio de Tequixquiac, para el establecimiento del vertedero RSU.



Gráfica 9. Porcentaje de las clasificaciones de las zonas aptas en el territorio del Municipio de Tequixquiac, para el establecimiento del vertedero de RSU.

El resultado del modelo fue la obtención de la cartografía correspondiente a la localización óptima de un vertedero de RSU del Municipio de Tequixquiac. Mapa 31 (Ver Anexo Cartográfico). En este mapa se muestran las zonas consideradas como aptas y no aptas para el establecimiento del vertedero de RSU, bajo los criterios de clasificación y la aplicación de los parámetros. A partir de estos parámetros analizados se obtuvo que las zonas con mayor aptitud para esta actividad antrópica se encuentran ubicados en las proximidades de los Núcleos urbanos.

La instalación de un vertedero de RSU, significa una inversión importante, desde el punto de vista monetaria, territorial, ambiental y social (Martínez-Alegría, *et al.*, 2000). Por lo que es de suma importancia que este tenga una capacidad de almacenamiento suficiente para un periodo proyectado, lo cual se encuentran estrechamente ligado al vertido de estos residuos, considerando que la producción de RSU va en incremento debido a que los desechos han cambiado de biodegradables a elementos de lenta y difícil degradación, lo cual se ve reflejado en volumen producido de desechos, dado esto, es importante cuantificar la producción de desechos. Calculando la producción de RSU para cada núcleo urbano del Municipio de Tequixquiac, para ello se utilizó el número de habitantes y una estimación de 350.4

kg./hab/año (tomado de SEMARNAT, 2006), obteniendo la producción de RSU en kilogramos por año como se puede ver en la Tabla 10:

Núcleo Urbano	Número de Habitantes	Producción de RSU (kg /año)
Tequixquiac	20610	7, 221,744
Tlapanaloya	6294	2, 205,417.6
Santa Maria Apaxco	3489	1, 222,545.6
San Miguel	2505	877,752
La Esperanza	55	192, 72
Wenceslao Labra	1029	360,561.6

Tabla 10. Producción de RSU por núcleo urbano del Municipio de Tequixquiac.

Estos resultados nos indican que La cabecera municipal de Tequixquiac, es la que mayor producción de RSU genera por año, siendo la colonia La Esperanza la que menor producción evidencia. Esto nos indica que el vertedero recibirá por año 11, 907, 292.8 kg de RSU y considerando que la población del Municipio de Tequixquiac presenta un incremento de 10.73 %, se esperara que la producción de RSU presente un comportamiento similar.

La vida estimada de un vertedero de RSU está directamente relacionada con la superficie del mismo. A partir de esto y del análisis del modelo de la localización de vertedero de RSU, para Tequixquiac se establecieron cinco áreas de las zonas aptas con formas regulares (polígonos) descartando así aquellas fragmentadas que presentaran formas lineales o corredores (Mapa 32. Ver Anexo Cartográfico). La determinación de de la aptitud de estos sitios se realizó en función de la superficie en hectáreas obteniendo los siguientes resultados:

No. de Área	Superficie (ha)
1	73.37
2	144.14
3	77.18
4	117.46
5	103.56

Tabla 11. Superficie de las cinco áreas seleccionadas para la ubicación del vertedero de RSU, para el Municipio de Tequixquiac.

La superficie mínima es de 50 ha, sin embargo a fin de disponer de un resguardo de superficie se considera un umbral de 100 has, para una vida estimada del vertedero de 50 años (Martínez-Graña, *et al.*, 2006). Por lo tanto el área más óptima para la ubicación del vertedero de RSU, de las cinco seleccionadas en el Municipio de Tequixquiac, en función de la superficie en hectáreas es el área No. 2, como se puede ver en la Tabla 11, ya que esta cuenta con poco más del umbral considerado de 100 has, lo que proyectará a un mayor tiempo de vida útil del vertedero. Esta área se encuentra hacia el este del núcleo urbano de Tlapanaloya a una distancia aproximadamente de 1.63 Km, descartando a partir de esta condición las áreas No. 1 y 3. De esta manera la planificación de dicha actividad dentro del proceso de Ordenamiento Territorial, se podrá realizar partiendo del conocimiento del medio.

10.0 CONCLUSIONES

A partir de la recopilación de, incorporación y digitalización de la información hasta el momento existente del municipio de Tequixquiac se puede concluir que:

Se elaboró el Sistema de Información Geográfica Medio Ambiental (SIGMA), con factores biológicos, físicos y socioeconómicos, del Municipio de Tequixquiac, Edo. de México, el cual se pondrá a disposición del gobierno del municipio, para dar inicio al Programa de Ordenamiento Ecológico y Territorial.

Se elaboró el Mapa base a escala 1: 50,000 del Municipio de Tequixquiac.

Existen 5 tipos de vegetación en el municipio de Tequixquiac, de los cuales el Bosque es el que más superficie abarca con 30.49% y la agricultura de temporal la que en menor proporción se halla ocupando 5.99% del territorio total municipal.

Las áreas reforestadas sólo ocupan un 2.24 % del territorio.

El Feozem es la unidad de suelo más dominante en el Municipio de Tequixquiac con un 40.84 %.

La Temperatura Máxima Normal Anual oscila entre 22 y 25 °C, siendo los meses de Abril y Mayo los cuales presentaron las más altas temperaturas.

La Temperatura Mínima Normal presenta un promedio anual de 6 a 6.9 °C y los valores más bajos se registraron en el mes de Enero y Febrero.

La Precipitación Normal Anual es de 570.61 mm a 849.97 mm, siendo el mes de Febrero el que menos precipitación registro, mientras que Julio es el de mayor precipitación.

La principal vía de comunicación en Tequixquiac, es la carretera estatal libre con una longitud de 23.33 km.

El terreno Municipal presenta una pendiente de 0 a 35.91°.

El territorio de Tequixquiac cuenta con una altitud de 2,165 a 2,591 msnm

La densidad de poblacional de Tequixquiac es de 31,080 habitantes, de los cuales el 50.83 % son mujeres y el 49.14 % hombres.

El sector terciario es al que más se dedican los habitantes del Municipio de Tequixquiac.

El Municipio de Tequixquiac cuenta con 13 localidades, de las cuales la comunidad de la arenilla presenta el índice mapas bajo de población registro, mientras que la cabecera de Tequixquiac es la localidad con mayor densidad poblacional.

La población analfabeta tiende a incrementar en el municipio lo que indica una ineficiencia en el sector educativo en el municipio.

La valoración de riesgo de incendio para el territorio de Tequixquiac mostró que este es Alto, en el semestre de Enero-Junio y domina el riesgo medio en el semestre de Julio-Diciembre.

Existe una relación directa de la pendiente con el riesgo de incendio ya que en las zonas con mayor pendiente se presenta el mayor riesgo de incendio.

Los tipos de vegetación que presentaron el mayor riesgo fueron el Pastizal, Matorral Xerofilo y el Bosque.

La máxima calidad de la vegetación en el Municipio de Tequixquiac la presento el Bosque Fragmentado, ocupando el 48.15 % del territorio con la clase Alta.

La vegetación formada por las distintas actividades agrícolas mostraron la más baja calidad, abarcando 7.23% de la superficie total del Municipio.

Se logro obtener la localización óptima para el establecimiento de vertedero de RSU en el Municipio de Tequixquiac, considerando diferentes criterios a fin de reducir los impactos de dicha instalación.

Sólo un 5.97 % del Territorio del Municipio de Tequixquiac es apto para el establecimiento de un vertedero de RSU.

La cabecera municipal de Tequixquiac es el núcleo urbano que más RSU produce al año.

La producción de RSU en el Municipio de Tequixquiac anual se estima en 11, 907, 292.8 kg.

El área óptima para el establecimiento de vertedero de RSU es la No.2, localizado al Noreste del Municipio de Tequixquiac y que se encuentra a 1.63 km. de Tlapanaloya.

Existe un déficit en las instituciones encargadas de elaborar, almacenar y gestionar las bases de datos, ya que dicha información se encuentra en ocasiones inconclusa o no coincide con la realidad, lo cual se convierte en un problema.

Existe un aumento de la generación de Residuos Sólidos Urbanos y carencias de la infraestructura para la recolección, manejo, transferencia y disposición final, lo cual está estrechamente ligado con la falta de educación y conciencia ambiental por parte de la población.

Hacen falta muchos estudios de la planeación del territorio a nivel comunitario, ya que estos permiten conocer el entorno a una mayor escala tanto ecológica como social.

Es de suma importancia considerar las variables sociales y económicas para entender los procesos que inciden en un ecosistema y por lo tanto en el ambiente.

11.0 PROPUESTAS

A partir de la información recabada y los análisis hechos para el Municipio de Tequixquiac se pueden hacer algunos planteamientos para el Programa de Ordenamiento Ecológico y Territorial del Municipio, que quedan sometidos a evaluación una vez realizadas las fases de Diagnóstico y Prospectiva:

Considerando que la vegetación en el municipio se encuentra fragmentada.

- Establecer planes de reforestación dentro del programa de ordenamiento territorial para incrementar la calidad de la vegetación y del paisaje.
- Seleccionar las especies de acuerdo con las condiciones climáticas que presenta el Municipio, para asegurar su desarrollo.

En las áreas en donde con susceptibilidad de recarga den mantos acuíferos.

- Mantener las condiciones de vegetación, que permitan la continuidad del proceso natural de recarga en el territorio.
- Evitar la ampliación de la frontera agrícola, pecuaria o urbana hacia las zonas forestales.

Para las zonas con actividades agrícolas tanto de riego como de temporal.

- Impulsar la diversificación de cultivos, para evitar la erosión.
- Si existe el uso de agroquímicos, eliminarlo paulatinamente.

Tomando en cuenta que el Feozem es la unidad de suelo que más área abarca en el municipio.

- Se sugiere buscar alternativas de cultivos que sean altamente productivas en este tipo de suelo como son maíz, frijol, cítricos, algunos frutales y pastos.

En las áreas que presentan el mayor riesgo de incendio.

- Establecer a la superficie comprendida con riesgo Alto y Muy Alto que abarcan en conjunto un 31% del territorio total del Municipio como Zonas de Peligro y establecer programas de monitoreo constante.

- Establecer Planes de Prevención Incendios Forestales, que incluyan las características y distribución de la vegetación, el riesgo de incendio, situación del terreno, cortafuegos, entre otros.
- Promover el establecimiento de cortafuegos, sobre todo en las zonas con vegetación forestal.

En zonas en donde la calidad de la vegetación es baja.

- Inducir la forestación y / o reforestación con especies que se adapten a las condiciones físicas del medio.
- Impulsar actividades productivas tendientes a la preservación de los ecosistemas.

En áreas en la calidad de la vegetación es alta.

- Limitar el desarrollo de actividades humanas en función de los núcleos urbanos, para evitar un deterioro en la vegetación y por lo tanto en el Ecosistema.

Para el manejo de Residuos Sólidos Urbanos.

- Implementar la Infraestructura necesaria, para el establecimiento del Vertedero de Residuos Sólidos Urbanos.
- Restringir las actividades de confinamiento de residuos municipales, peligrosos e industriales, al Vertedero de Residuos Sólidos Urbanos.
- Establecer programas de información de producción de residuos sólidos con el fin de crear conciencia en la población.
- Establecer esquemas de manejo de residuos sólidos, como separar, reducir, reutilizar, reciclar, con el fin de gestionar de la mejor manera estos productos y aumentar el tiempo de vida del vertedero.
- Ampliar los estudios de composición de residuos sólidos a escala local para identificar las fuentes de generación que intervienen.

En el caso de Uso de Suelo

- Hacer el estudio del cambio de uso de suelo, como parte del ordenamiento Ecológico y Territorial, con el fin de conocer las zonas que han sufrido cambios en las actividades y así establecer las estrategias necesarias para el desarrollo sustentable del territorio.

En cuanto al sector terciario que presenta un aumento.

- Impulsar y Apoyar las actividades que comprenden a este sector con el fin de promover el desarrollo económico que propicie y conserve el empleo, eleve el nivel de ingreso y aumentar la calidad de vida de la población.

11.0BIBLIOGRAFÍA

Aguilar, O. M. C. 1999. "Propuesta de Ordenamiento Ecológico del Municipio de Santiago de Anaya, Hgo." Tesis de Licenciatura en Biología. ENEP. Iztacala. UNAM. México. pp.131.

Aramburu, M. M. P. and Escribano, R. 1994. "Golf: A Conflicting Recreational Activity in the Madrid Autonomus Area (Spain)". *Landscape and Urban Planning*. 23:209-220.

Arcillas, G. M. 2002. "Técnicas de Desarrollo de los Sistemas de Información Geográfica". *Ciencias Ambientales- Área de Análisis Geográfico Regional*. U. C. A. España.

Aronoff, S. 1989. "Geographical Information Systems: A Management Perspectiva". W. D. L. Ottawa.

Ayala-Carcedo, F. J. 2002. La ordenación del territorio en la prevención de catástrofes naturales y tecnológicas. Bases para un procedimiento Técnico-Administrativo de Evaluación de riesgos para la población. Instituto Geológico y Minero de España. Ministerio de Ciencia y Tecnología. Boletín de la A.G.E. No. 30 pp. 37-49.

Barredo, C. J. I. 1996. "Sistemas de Información Geográfica y Evaluación Multicriterio en el Ordenamiento del Territorio". RA-MA Editorial. Madrid.

Blanco, A. A. 1979. "La Definición de Unidades de Paisaje y su Clasificación en la Provincia de Santander". Tesis Doctoral. E.T.S. Ing. de Montes. Universidad Politécnica de Madrid.

Bosque, S. J. 1992. "Sistemas de Información Geográfica". Rialp. Madrid.

Bosque, S. J.; Gómez, D. M.; Rodríguez, D. A.; Rodríguez E. V. y Vela, G. A. 1997. "Valoración de los Aspectos Visuales del Paisaje Mediante la Utilización de un SIG". *Documents d' Análisi Geográfica*, nº 30.

Bosque, S. J.; Gómez, D. M.; Rodríguez, D. A.; Rodríguez E. V. y Vela, G. A. 1999. Localización de Centros de tratamiento de residuos: una propuesta metodologica basado en

SIG. Departamento de Geografía Universidad de Alcalá. Publicado en Anales de Geografía de la Universidad Complutense de Madrid. no. 19 pp.295-323.

Buenrostro O., Bocco G. y Bernache G. 2001. "Urban solid waste generation and disposal in Mexico. A case study". Waste Manag. Res. 19, 169-176.

Castillo, S. M. A.; Vázquez S. M. A.; Montoya, G.; Navarrete, G. D. A. 2000. "Programa de Ordenamiento Territorial del Estado de Chiapas (fase I y II)"SEDESOL, Gobierno del Edo. de Chiapas, CONAPO, SENARMAT, INEGI. pp. 293.

Catchpole, W. 2002. Fire properties and burn patterns in heterogeneous landscapes. Cambridge University Press.

Cebrian, J. 1988. "Sistemas de Información Geográfica". En Bosque, J. (Ed.) .Aplicaciones de la Informática a la Geografía y las Ciencias Sociales. Síntesis. Madrid. pp. 160

Delgado, M. y Rodríguez, M.1996. La gestión ambiental en municipios metropolitanos: Los retos frente al siglo XXI. Gaceta del Instituto Nacional de Ecología. México. 120 pp.

García, C. M.; Páez, M. M.; Martínez, F. P. 1999. Sistema de Información Geográfica (SIG) para el manejo integral del ecosistema Sabana Camagüey. Empresa GEOCUBA-La Habana, Agencia de Cartografía Digital. La Habana, Cuba.

Gómez, O.D. 2002. "Ordenación Territorial". Ed. Agrícola Española. Madrid. pp. 29-49

González-Calvo, A.; Hernández L; Pedro, A.; Arbelo, M; Barreto, A; Arvelo-Valencia, L. 2007. Evaluación del riesgo de incendios forestales en las Islas Canarias usando datos AVHRR y MODIS. Departamento de Física, Grupo de Observación de la Tierra y la Atmósfera (GOTA). Facultad de Física, Universidad de La Laguna, España.

Gudiño, M. E. 2000. "Diseño de un Sistema de Información Geográfico (SIG) para la gestión de los Recursos Naturales, Construcción de un Observatorio Ambiental". Instituto de Cartografía, Investigación y Formación para el Ordenamiento Territorial (CIFOT), Facultad de Filosofía y Letras, Universidad Nacional de Cuyo, Mendoza Argentina.

Gudiño, M. E. 2001. "Un Sistema de Información Ambiental para Mendoza", *en* Revista Proyección (CIFOT), Ex Libris, Facultad de Filosofía y Letras, Universidad Nacional de Cuyo, Mendoza Argentina. pp.47-54.

Hernández B. M.; González, L. G.; Alvarado, V. M.1999. Estudio de la Evolución de los Residuos Sólidos Urbanos de Metepec en Biorreactores Piloto. Instituto de Ingeniería, Universidad Veracruzana, Boca del Río, Veracruz.

Hodgkiss, A. G. 1981. "Understanding Maps". Dawson, Folkestone, UK.

INEGI. 2001. Síntesis de Información Geográfica del Estado de México. Aguascalientes, Ags. México.

INE. 1997. Programa de conservación de la vida silvestre y diversificación productiva en el sector rural. SEMARNAT.

INE-SEMARNAT-SEDESOL. 2003. Términos de referencia para la realización del Programa de Ordenamiento Ecológico y Territorial del Municipio de Rosario Tesopaco, Sonora.

INE-SEMARNAT-SEDESOL. 2005. Términos de Referencia para la Elaboración del Programa Municipal de Ordenamiento Ecológico y Territorial.

Johnston, C. A. and Naiman, R. J. 1990. "The Use of a Geographic Information System to Analyze Long Term Landscape Alteration by Beaver". *Landscape Ecology*.1:5 – 19.

Juarez, O. S. 2008. Forest Fire Risk Model for Michoacan, México. International Institute for Geo-Information Science and Earth Observation Enschede, the Netherlands.

Laín, H. L. 1999. "Los Sistemas de Información Geográfica en los Riesgos Naturales y el Medio Ambiente". Ministerio del Medio Ambiente. Madrid, España.

Labat, J. N. 1995. Vegetación de Nord-Ouest du Michoacan Mexique. In J. Rzedowski Flora de Bajío y de regiones adyacentes Patzcuaro, Michoacan. Instituto de Ecología A.C. (Vol. Fascículo complementario VII).

LGEEPA. 2005. Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente.

López Cadenas, F. y Blanco, M. 1976. Hidrología Forestal. E.T.S. Ingenieros de Monte, Madrid, España.

Martínez.-Alegría, R.; Tabeada, J.; Ordóñez, C.; Lanaja, J. M. 2000. Análisis Multicriterio para la Selección de Emplazamientos de Vertederos de Residuos Sólidos en el Entorno de Valladolid. Delegación del Gobierno de Castilla y León. Departamento de Ingeniería de los Recursos Naturales y Medioambiente.

Martínez-Graña, A.; Goy, J. L.; Zazo, C.; Picón, I.; de Bustamante, I. 2005. Cartografía geoambiental aplicada a la gestión de residuos del Espacio Natural Protegido “Las Batuecas – Sierra de Francia”. Departamento Geología. Fac. Ciencias. Universidad de Salamanca, Salamanca, España.

Moen, R. and Pastor, J. 1990. “Effects of Moose Browsing and Behavior Foraging on a Simulated Landscape”. 52nd Midwest Fish and Wildlife Conference, December 2-5, 1990. Minneapolis, Minnesota, U. S. A.

Montoya, A. R.; Bernal, N. N.; Gódinez, C.; Parado, G. E. 2001. Planificación física con base ecológica para el Valle de Zapotitlán de las Salinas, Puebla. México. CONACYT / UNAMFESI / I30002-B.

Montoya, A. R.; Benavides, G. L.; De la Cruz, R. L. I. 2008. Valoración de Riesgo de Incendio e Inundación en el Edo. de México, por medio de un Sistema de Información Geográfica. XVIII Congreso Nacional de Geografía. Zacatecas, Zac. México. pp.16.

M.O.P.T. (Ministerio de Obras Públicas y Transportes). 1993. “Guía para la elaboración de Estudios del Medio Físico”. Monografías de la Secretaria del Estado para las Políticas del Agua y del Medio Ambiente. Madrid, España. pp. 809.

Ramos, F.A. 1979. Planificación física y ecología, modelos y métodos. Madrid, España. Ed. Magisterio Español. Pp.25-53.

Rodríguez, P. A. 1993. "Proposición de una Definición Profunda de SIG". In: Actas del II Congreso de la Asociación de la Asociación Española de Sistemas de Información Geográfica (A.E.S.I.G.). Junio. Madrid. pp. 127-142.

Secretaria de Ecología, Gobierno del Estado de México. 1999. Programa de Ordenamiento Ecológico del Territorio del Estado de México. Toluca Edo. de México. pp.162

Secretaria de Ecología de Medio Ambiente para el Desarrollo Sustentable. 1997. Sistema de Información Geográfica Ambiental (SIGA). Gobierno de Jalisco. México.

SEDESOL, 2004. Guía metodológica para la elaboración de planes o programas municipales de desarrollo urbano. México.

Secretaria de Desarrollo Urbano y Ecología (SEDEU).1986.Manual del Ordenamiento Ecológico del Territorio. México.

SEMARNAT-INE. 2006. Manual del proceso de Ordenamiento Ecológico. México.

Soil Survey Staff. 1951. Soil survey manual. USDA Handbook 18. Washington, USA.

Universidad Autónoma Chapingo (AUCh). 2003. "Acopio y Tratamiento de Residuos Sólidos". División de Ciencias Forestales.

Walker, L. R. 2005. Margalef y la sucesión ecológica. Department of Biological Sciences, University of Nevada, Las Vegas. Revista científica y técnica de ecología y medio ambiente 14(1): 66-78.

http://200.23.34.25/03_peot.htm

<http://www.tequixquiac.gob.mx/>.

<http://www.inegi.org.mx>

<http://smn.cna.gob.mx/>

Mapa 24. Población Femenina censo 2005

Mapa 25. Población perteneciente al Sector Primario

Mapa 26. Población perteneciente al Sector Secundario

Mapa 27. Población perteneciente al Sector Terciario

Mapa 28. Riesgo de Incendio Primer Semestre

Mapa 29. Riesgo de Incendio Segundo Semestre

Mapa 30. Calidad de la Vegetación

Mapa 31. Localización más óptima para el establecimiento de un Vertedero de Residuos Sólidos Urbanos (Áreas Aptas y No aptos)

Mapa 32. Localización más óptima para el establecimiento de un Vertedero de Residuos Sólidos Urbanos (Zonas aptas por superficie)

13.0 ANEXO CARTOGRÁFICO

Mapa 1. Mapa Base

Mapa 2. Vegetación y usos de suelo

Mapa 3. Hidrología

Mapa 4. Edafología

Mapa 5. Climas por grado de humedad

Mapa 6. Temperatura Máxima Normal Anual

Mapa 7. Temperatura Mínima Normal Anual

Mapa 8. Precipitación Normal Anual

Mapa 9. Evapotranspiración Normal Anual

Mapa 10. Temperatura Máxima Mensual (promedio)

Mapa 11. Temperatura Mínima Mensual (promedio)

Mapa 12. Precipitación Máxima Mensual (promedio)

Mapa 13. Vías de Comunicación

Mapa 14. Modelo Digital de Elevación (MDE)

Mapa 15. Pendiente

Mapa 16. Curvas de Nivel

Mapa 17. Exposición

Mapa 18. Iluminación

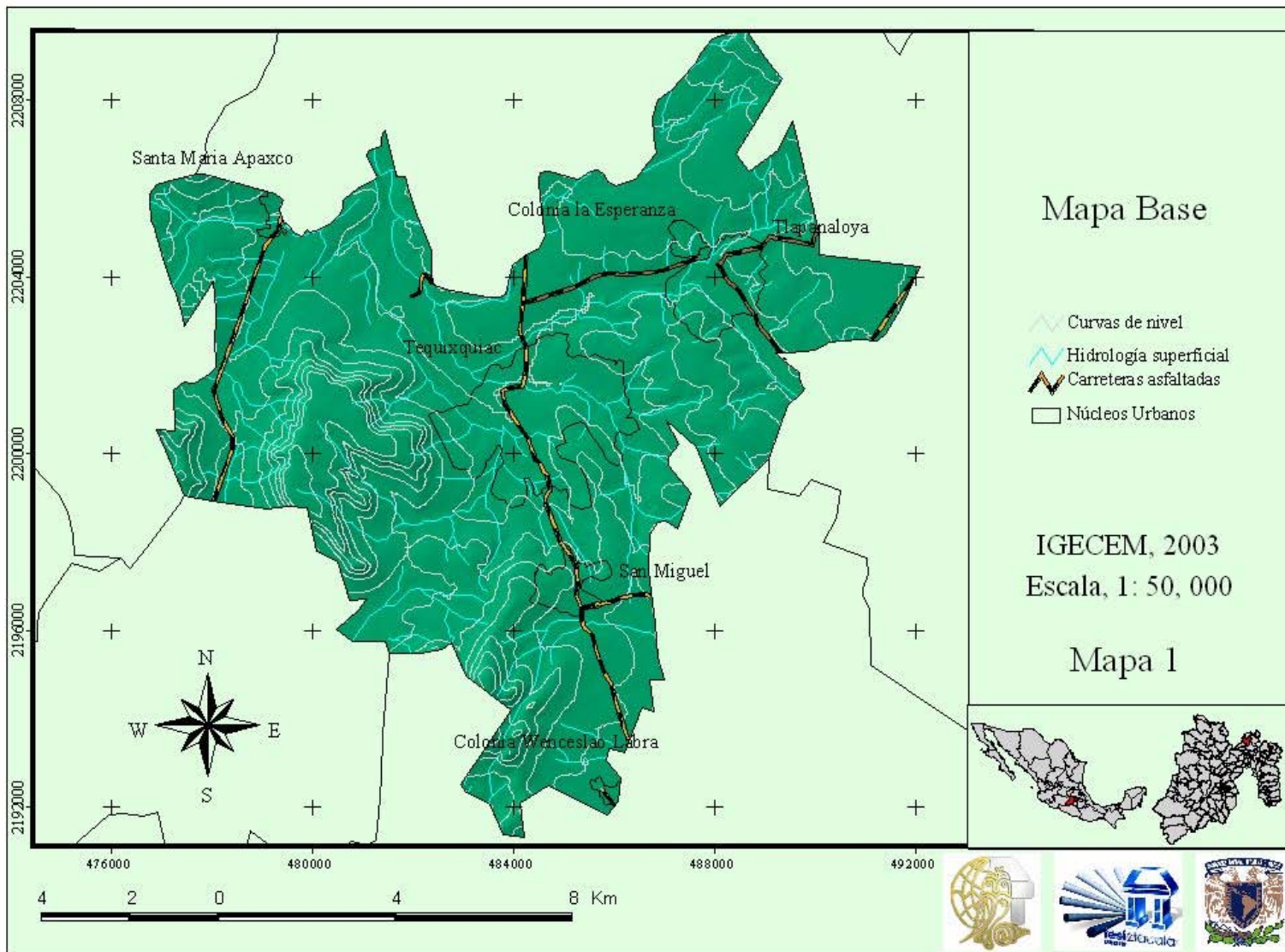
Mapa 19. Densidad de Población censo 2000

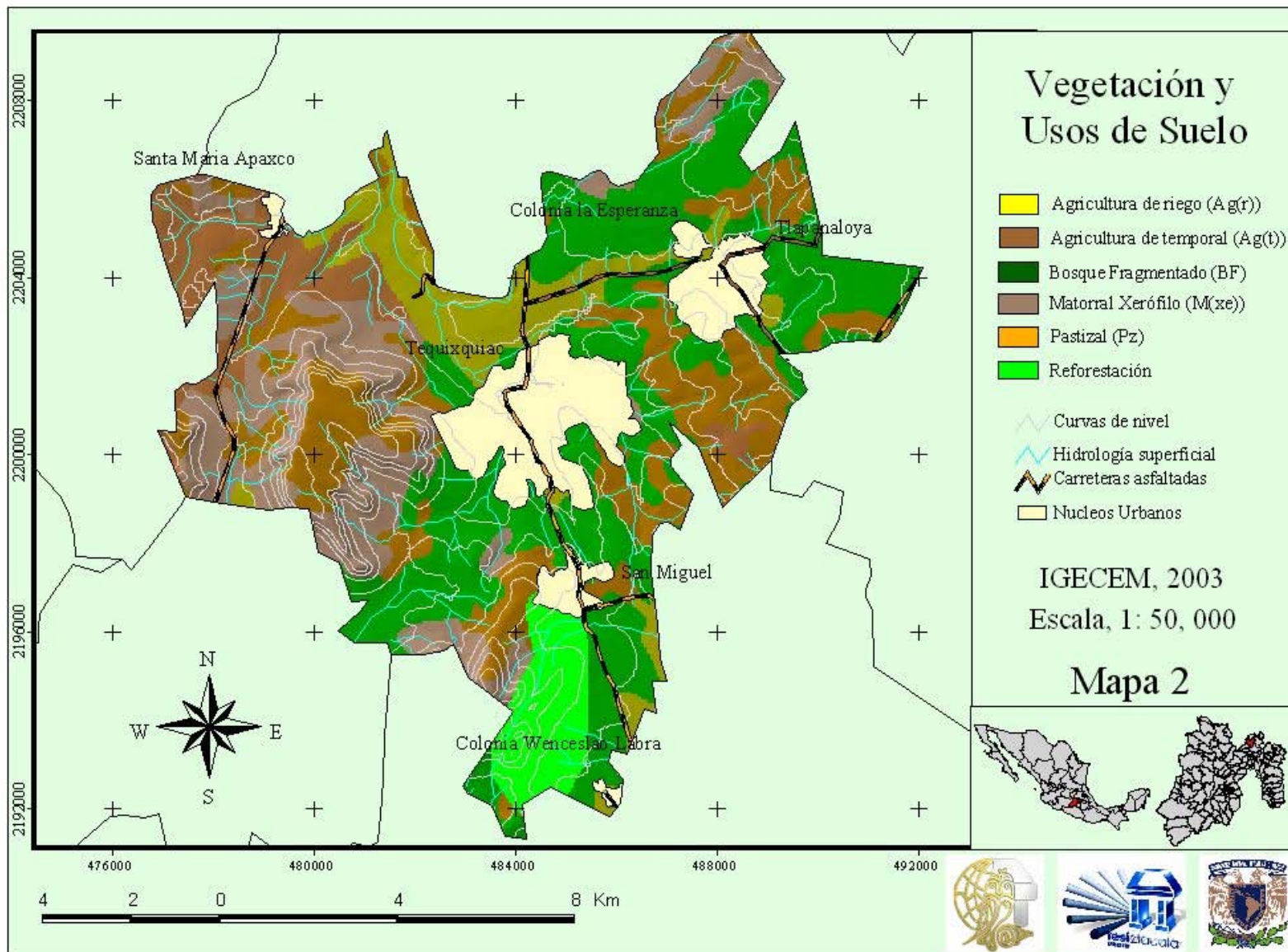
Mapa 20. Densidad de Población censo 2005

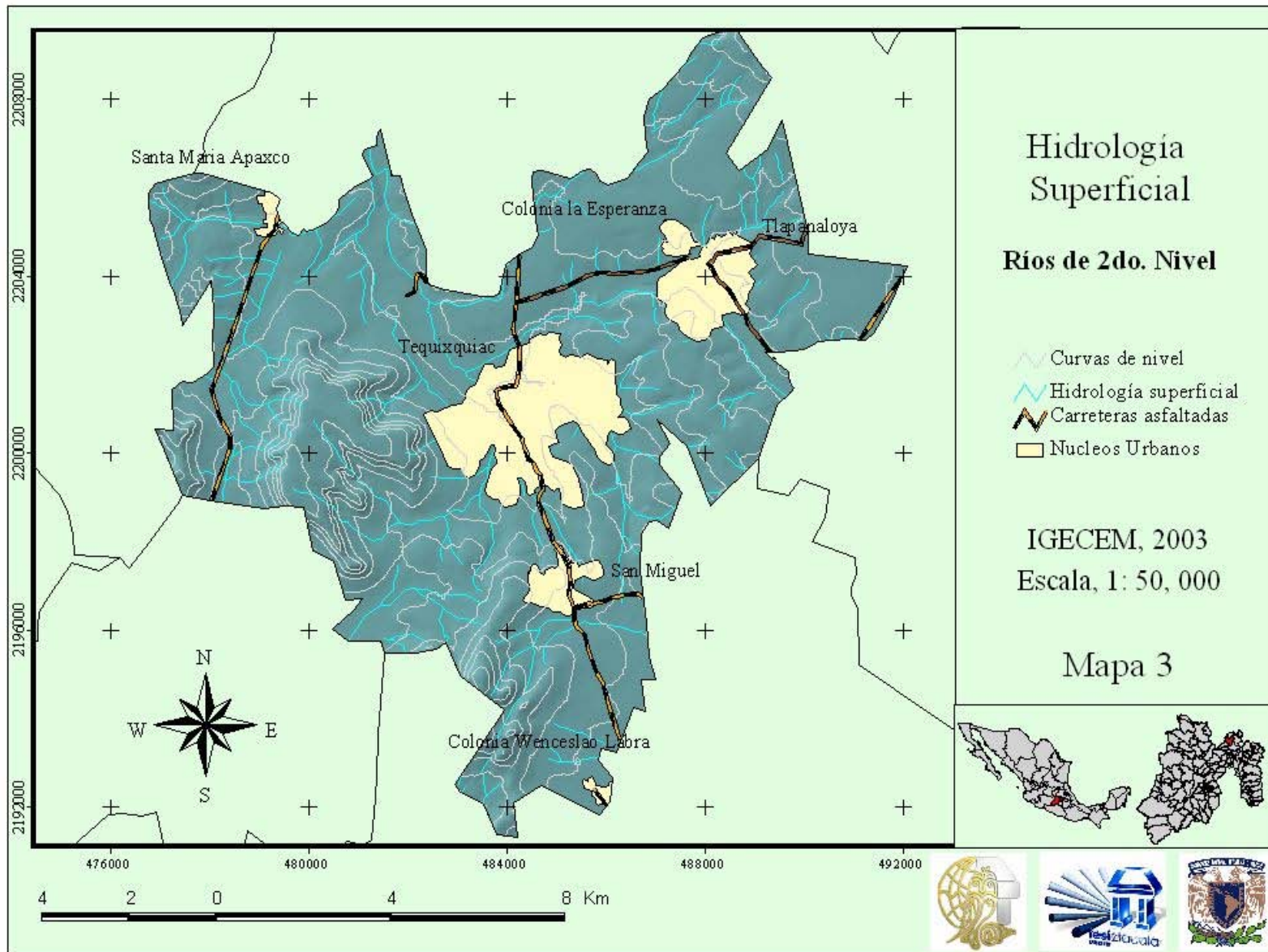
Mapa 21. Población Masculina censo 2000

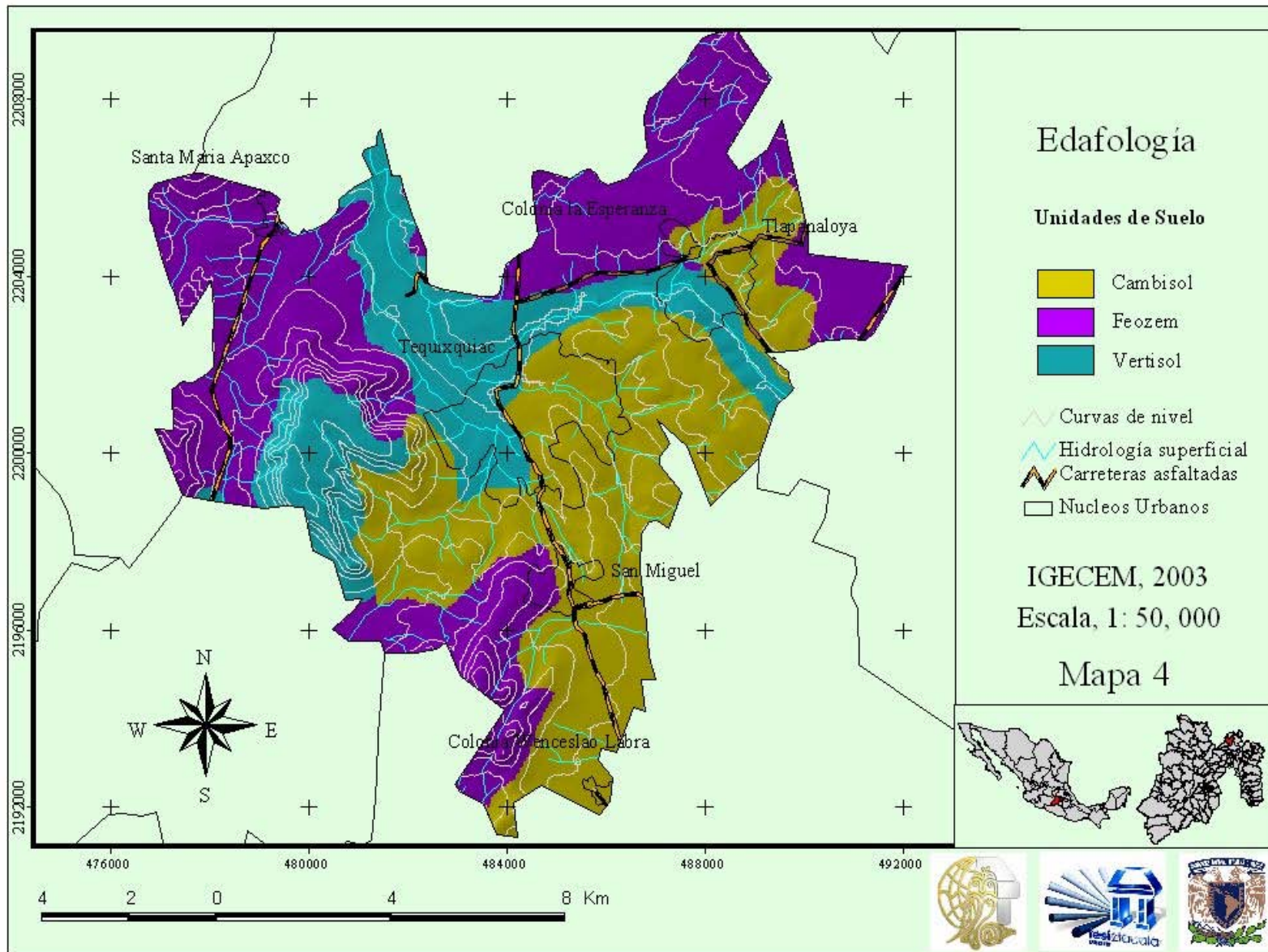
Mapa 22. Población Masculina censo 2005

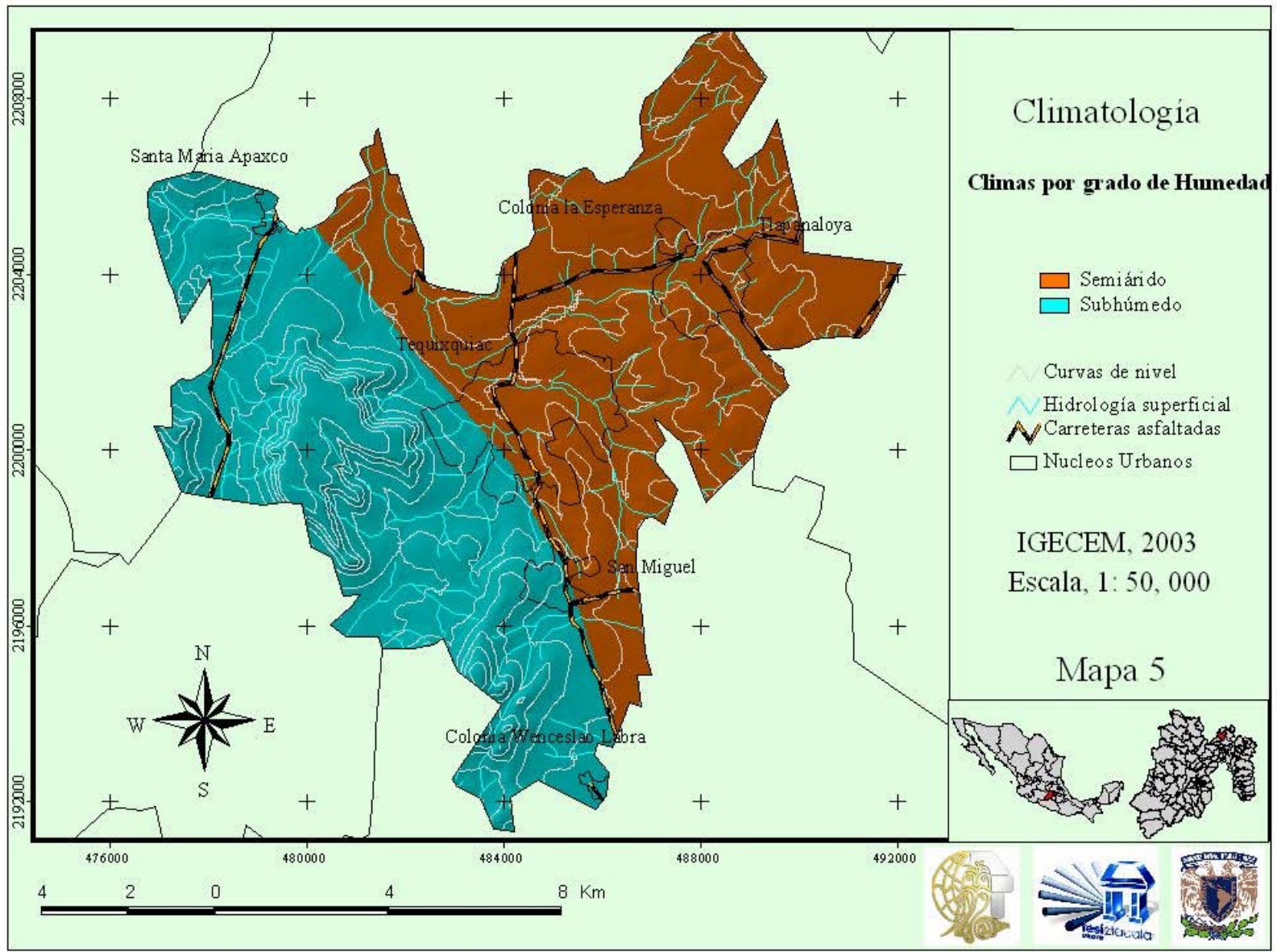
Mapa 23. Población Femenina censo 2000

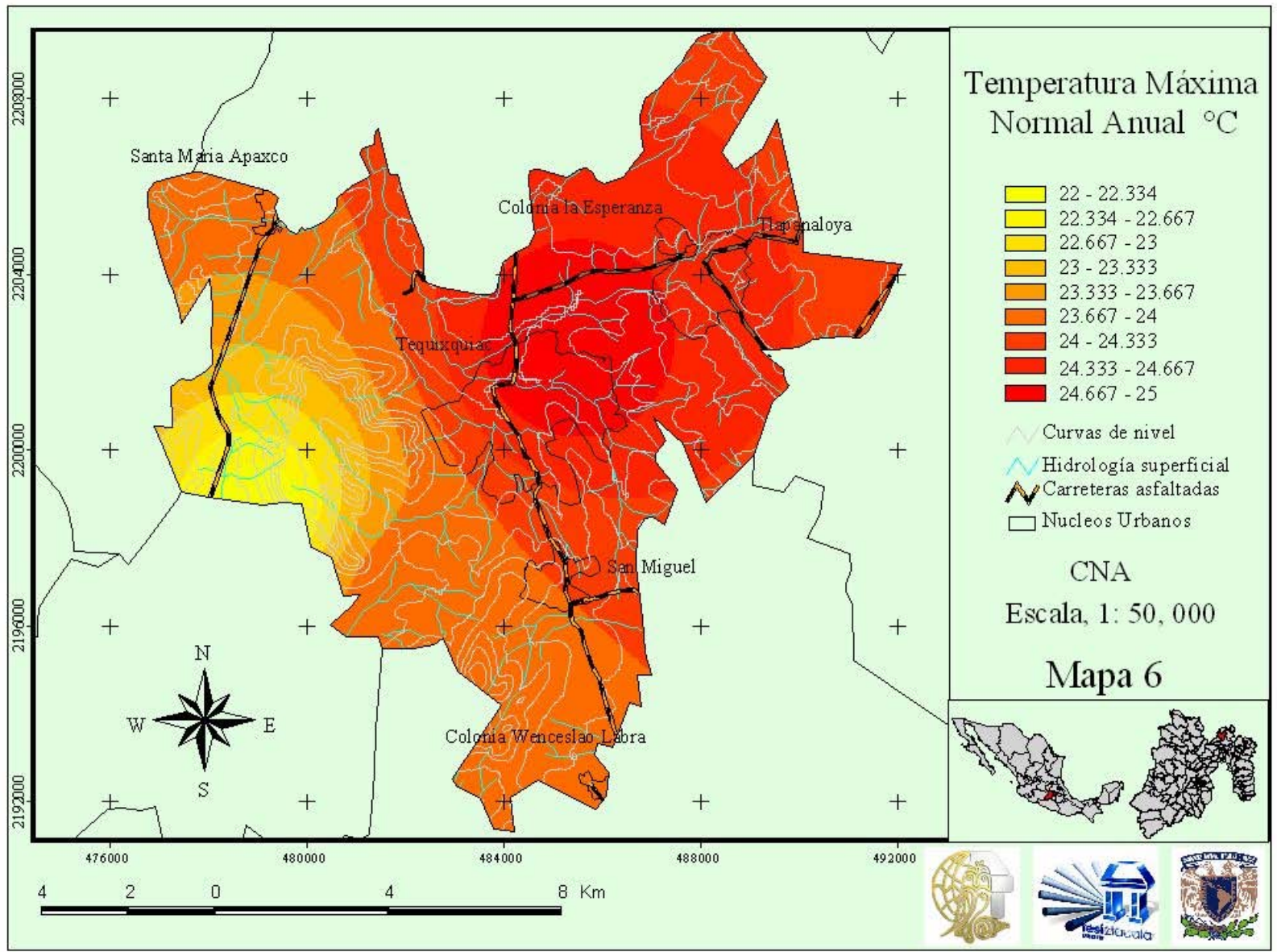


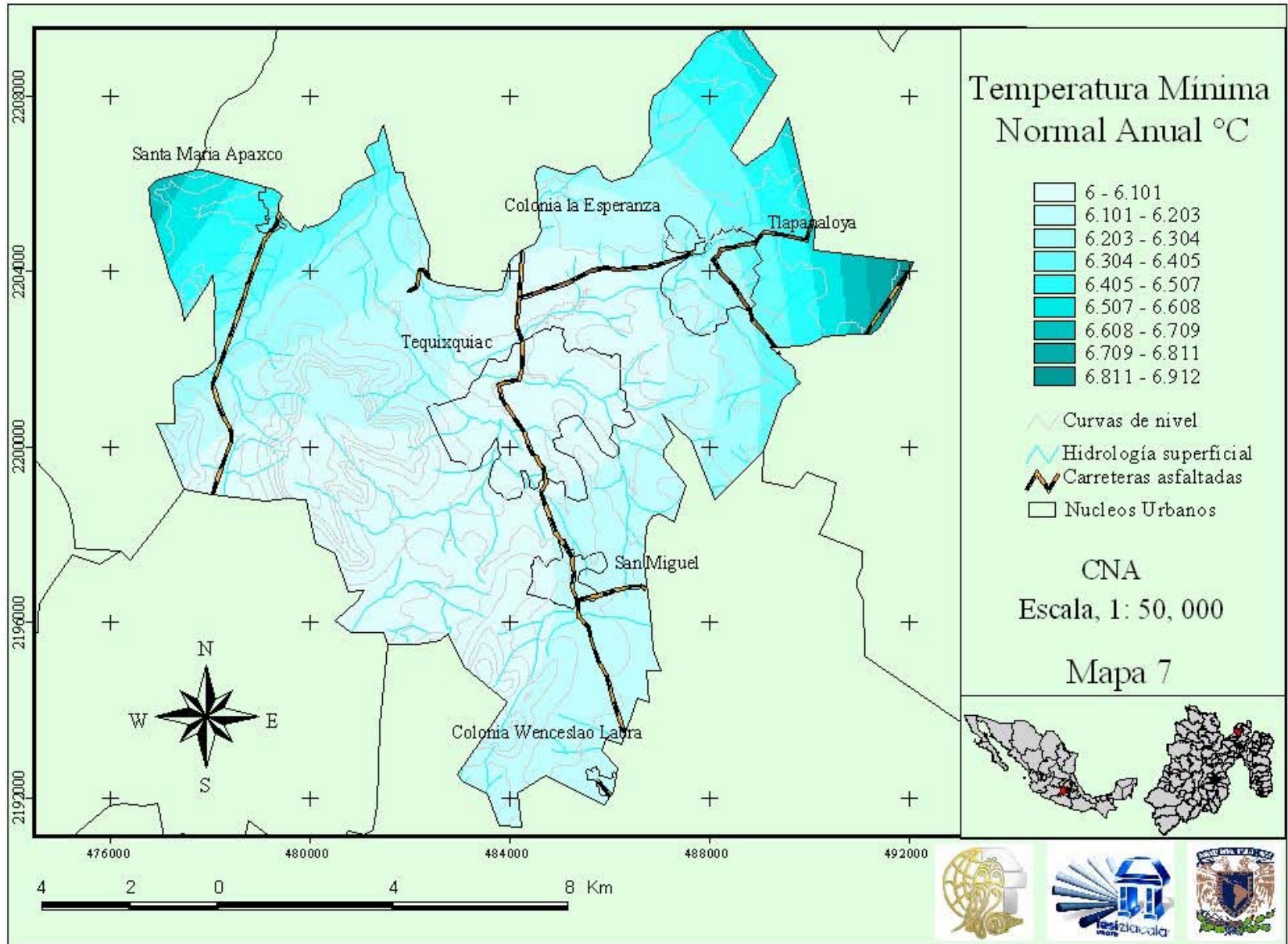


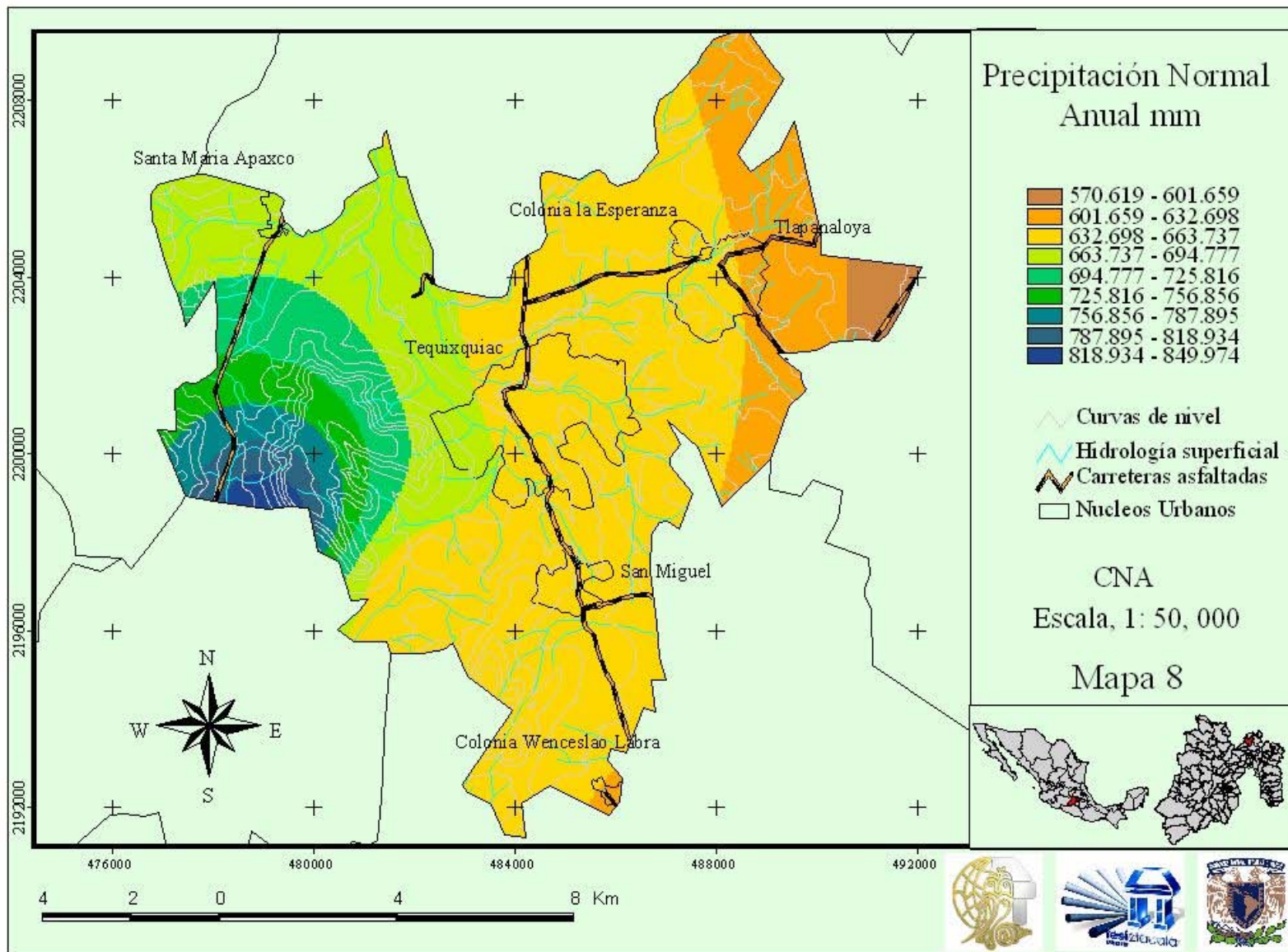


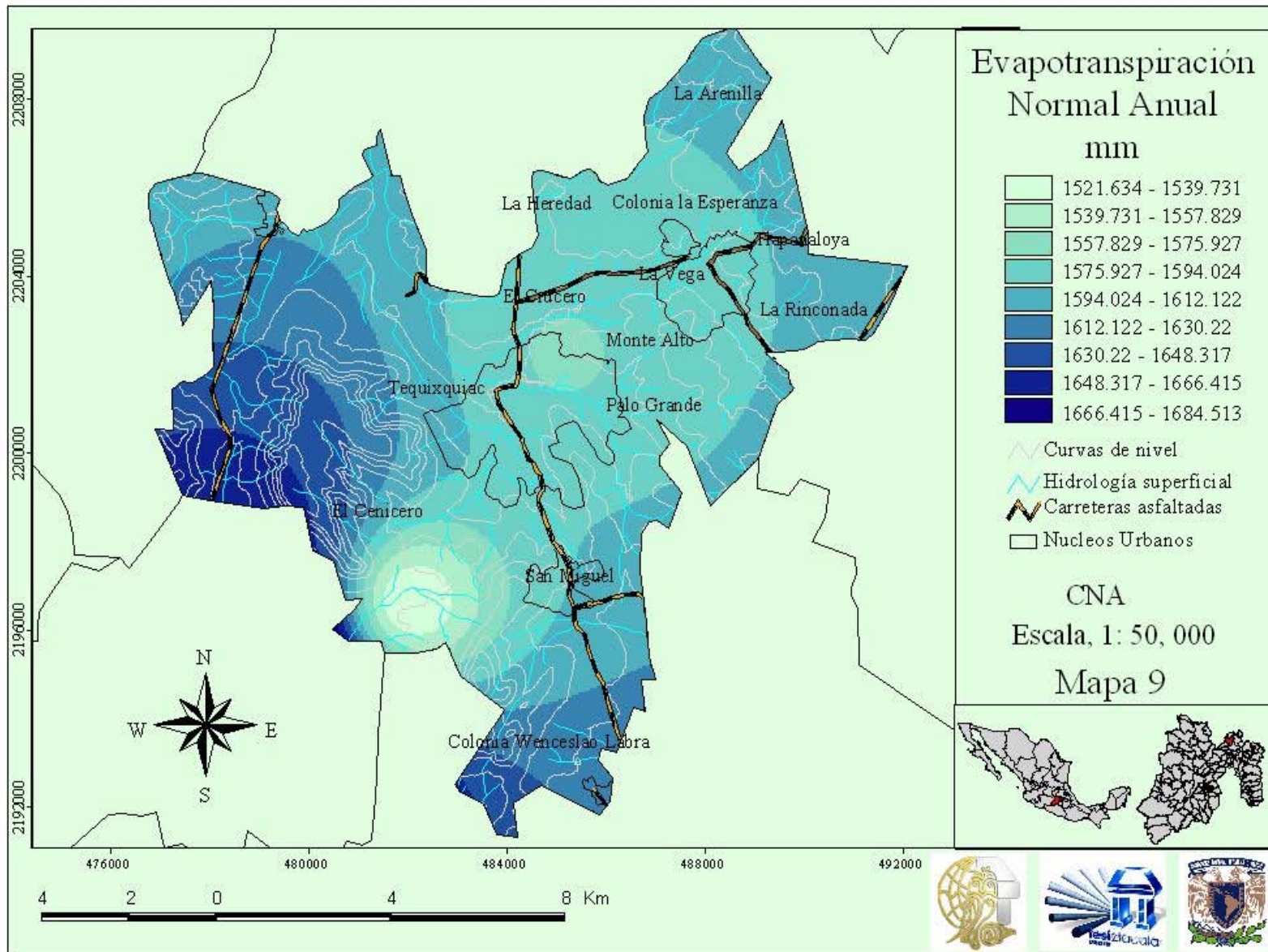


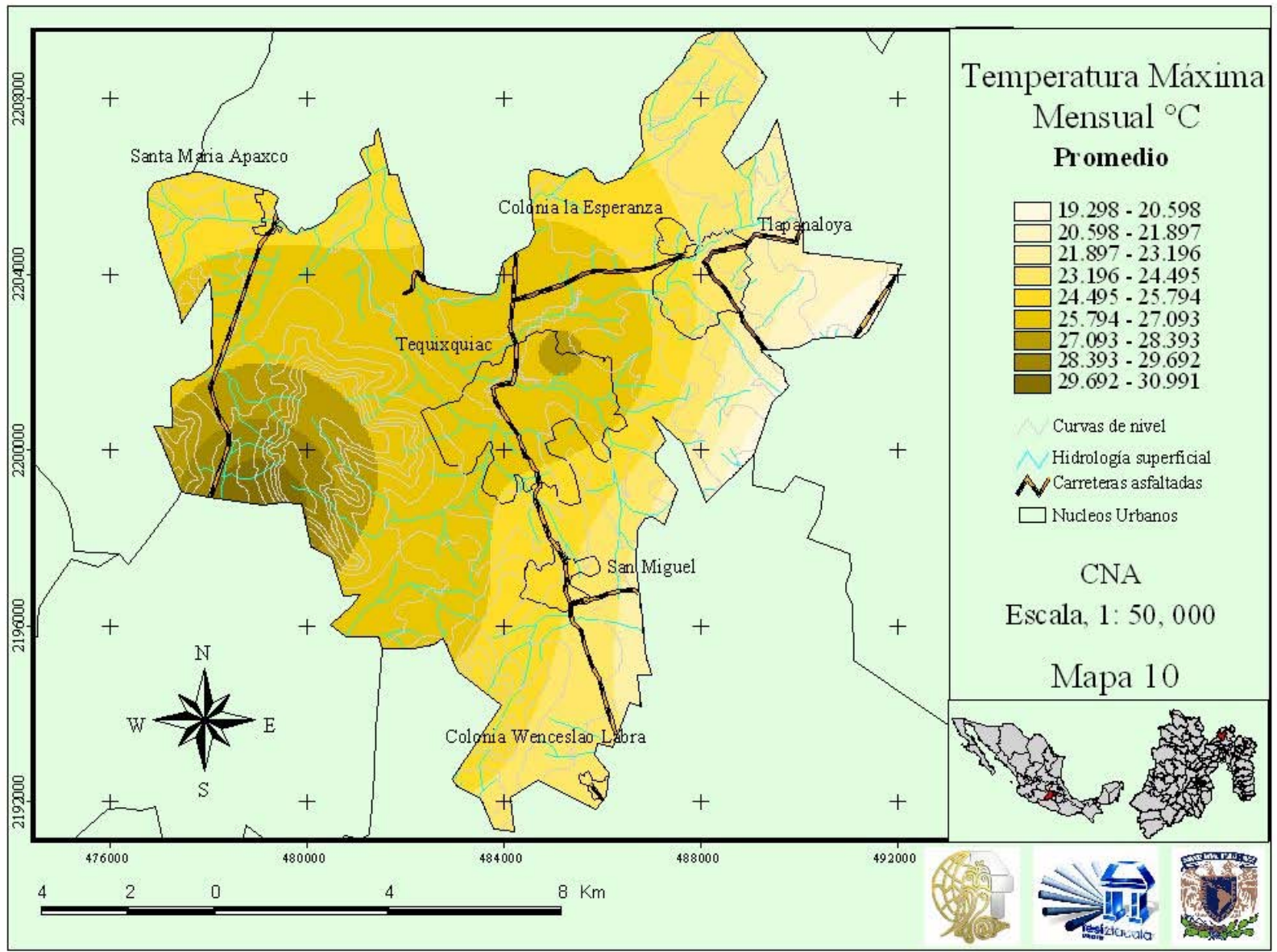


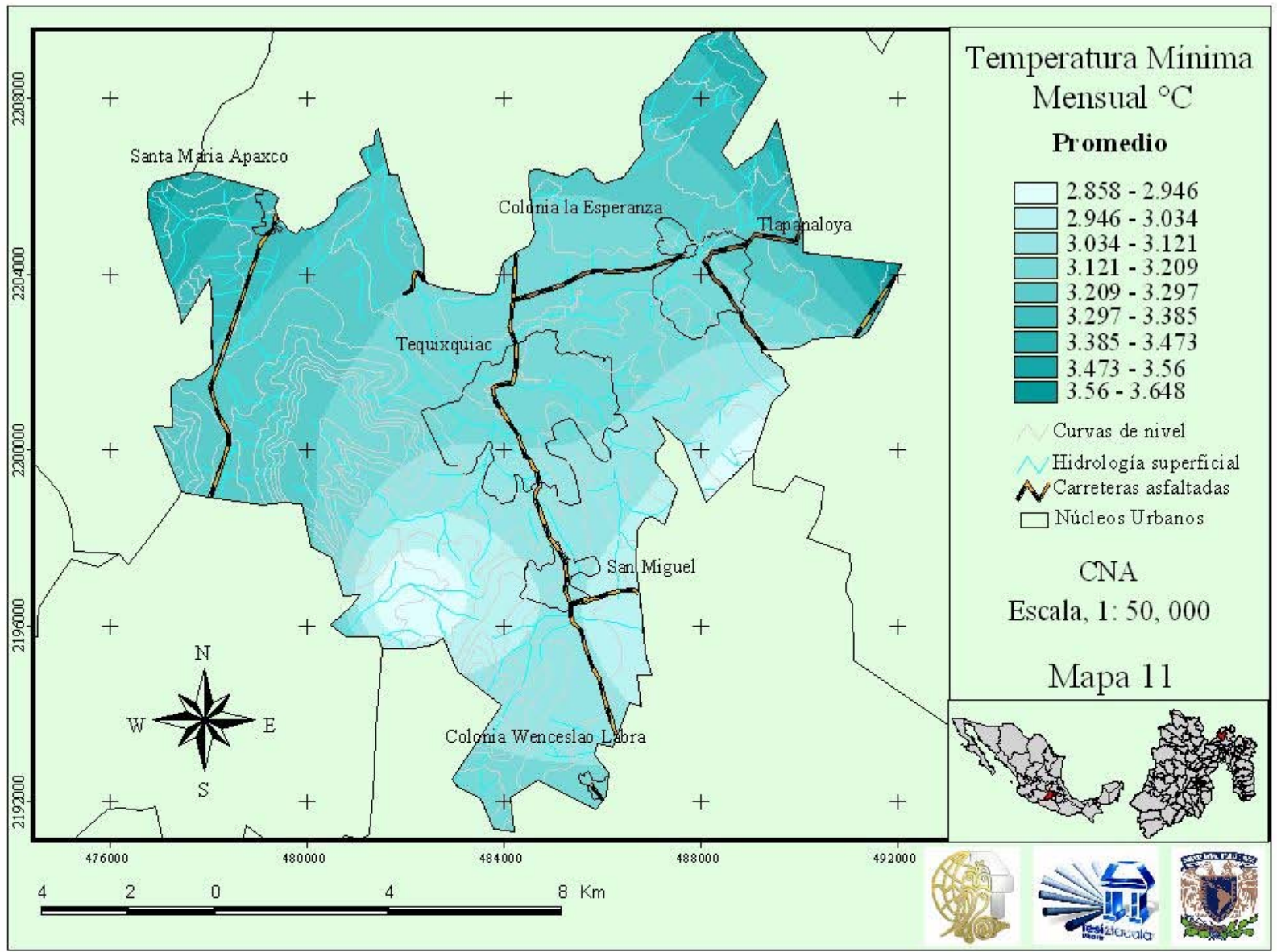


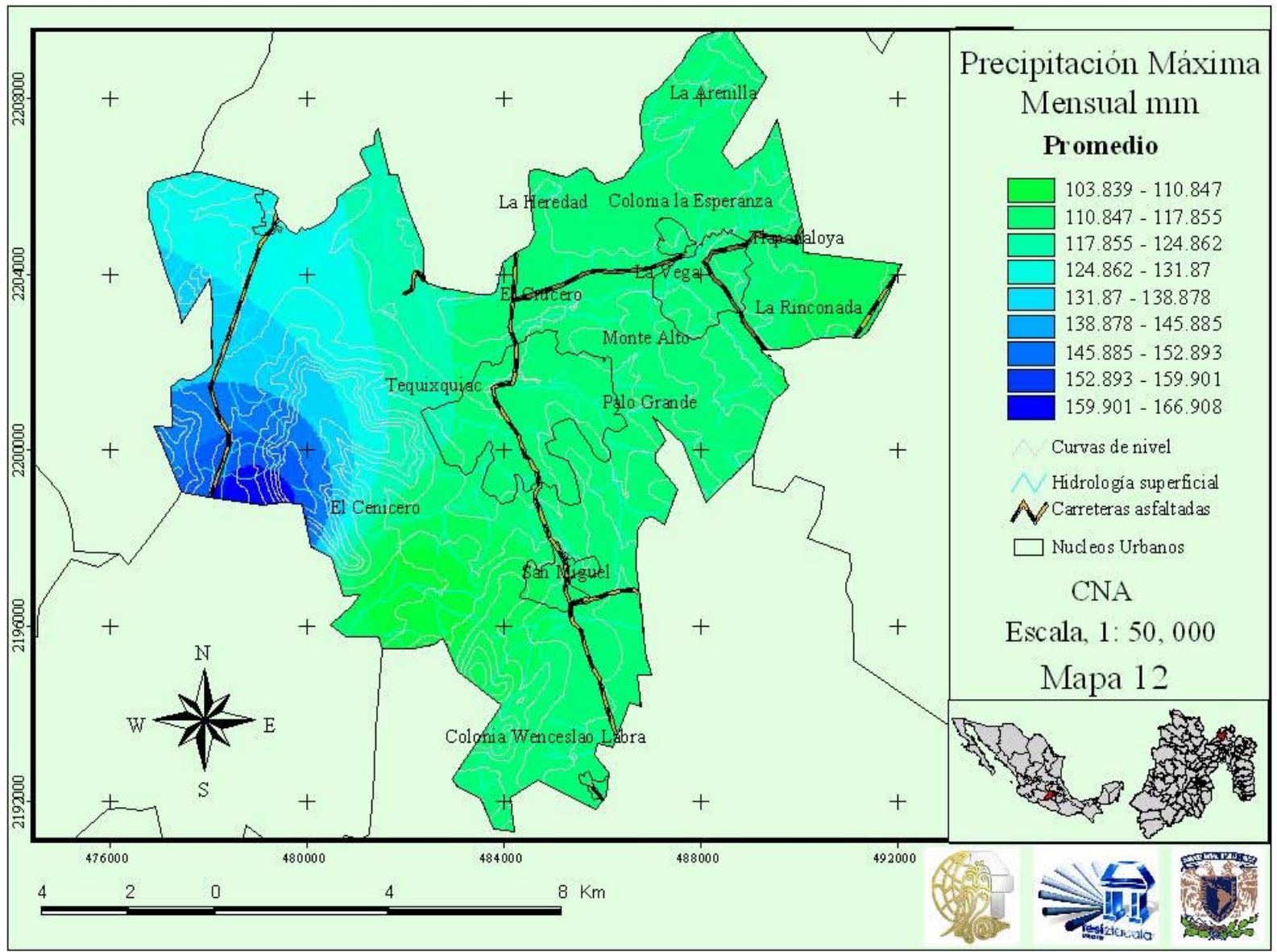




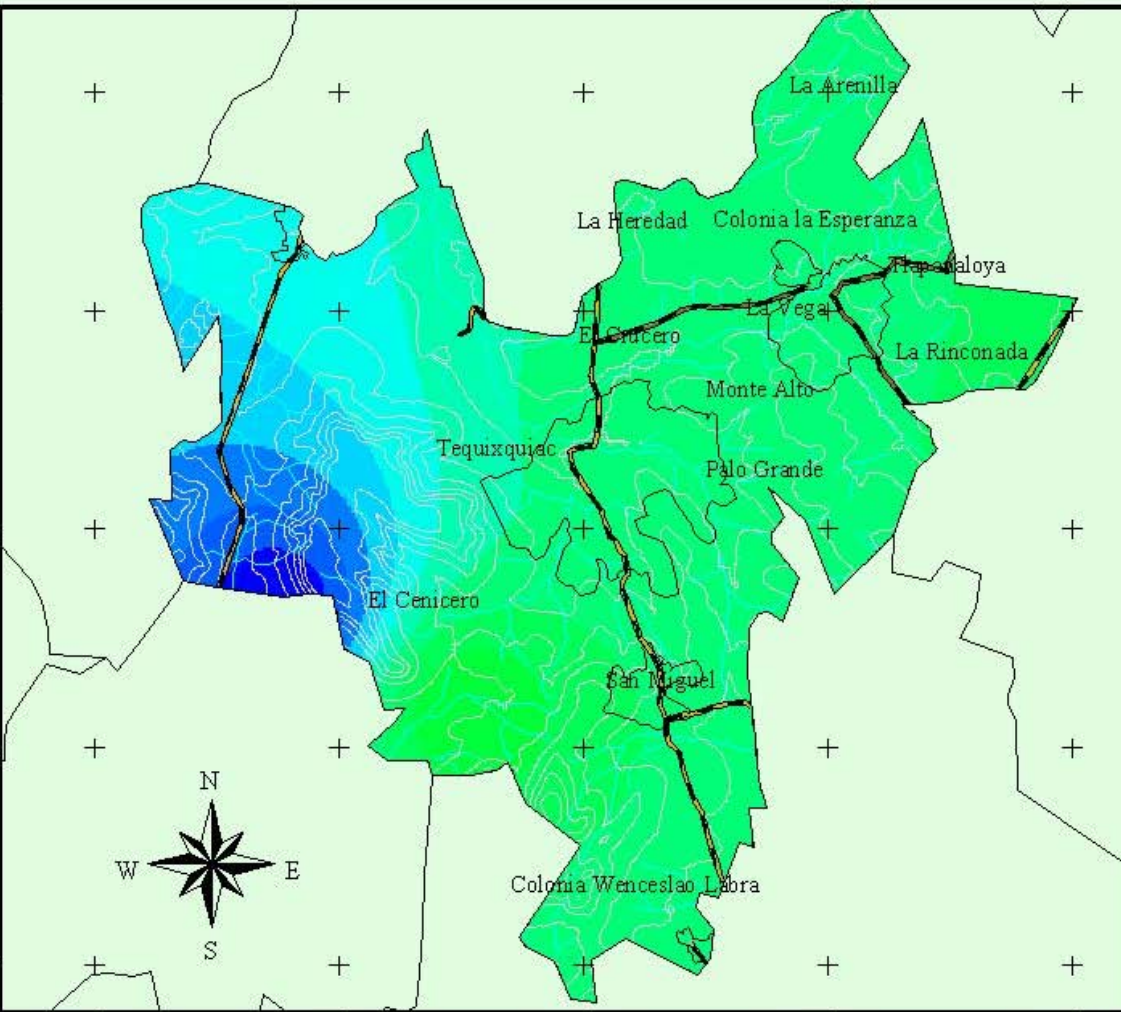








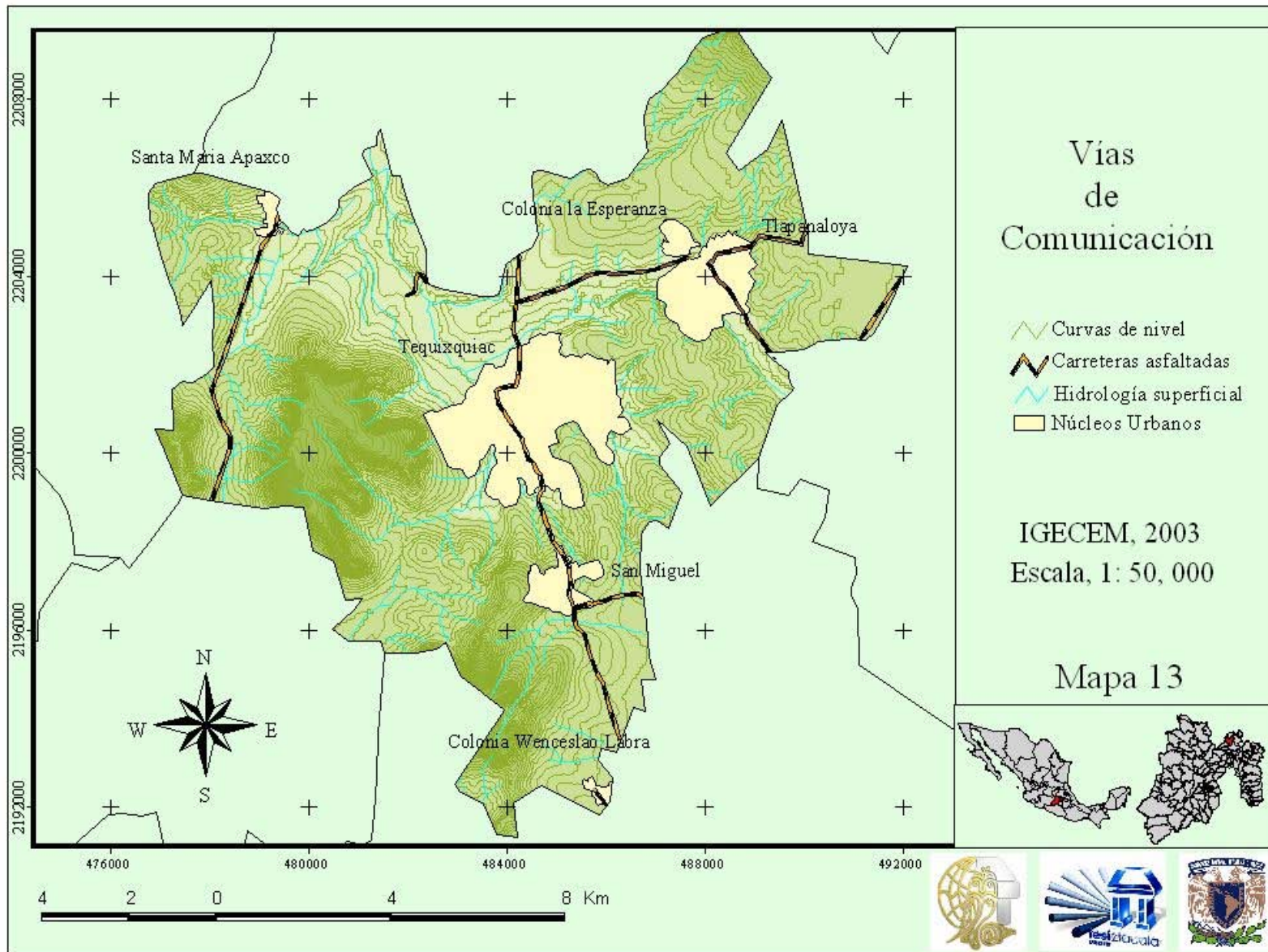
2208000
2204000
2200000
2196000
2192000

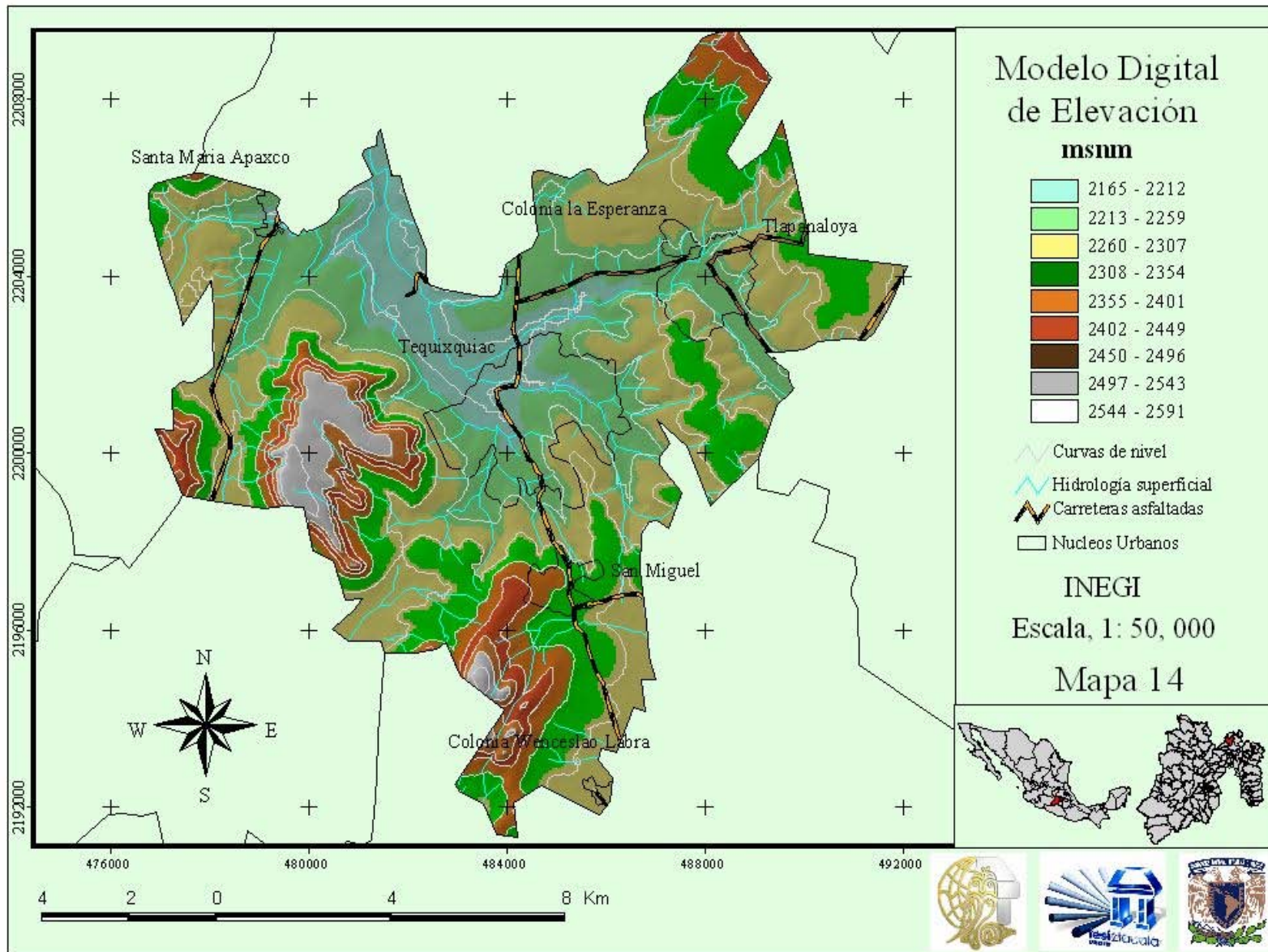


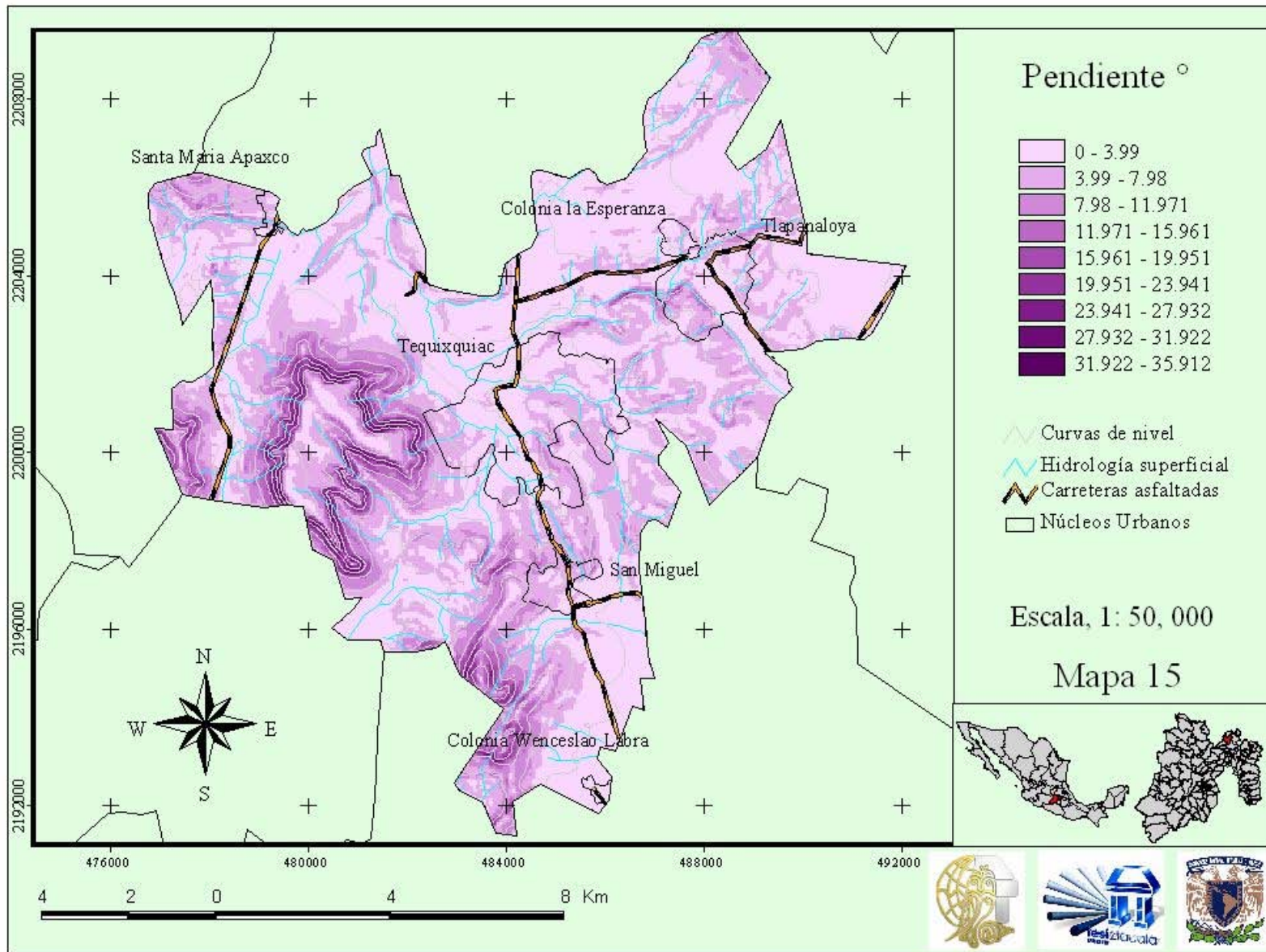
476000 480000 484000 488000 492000

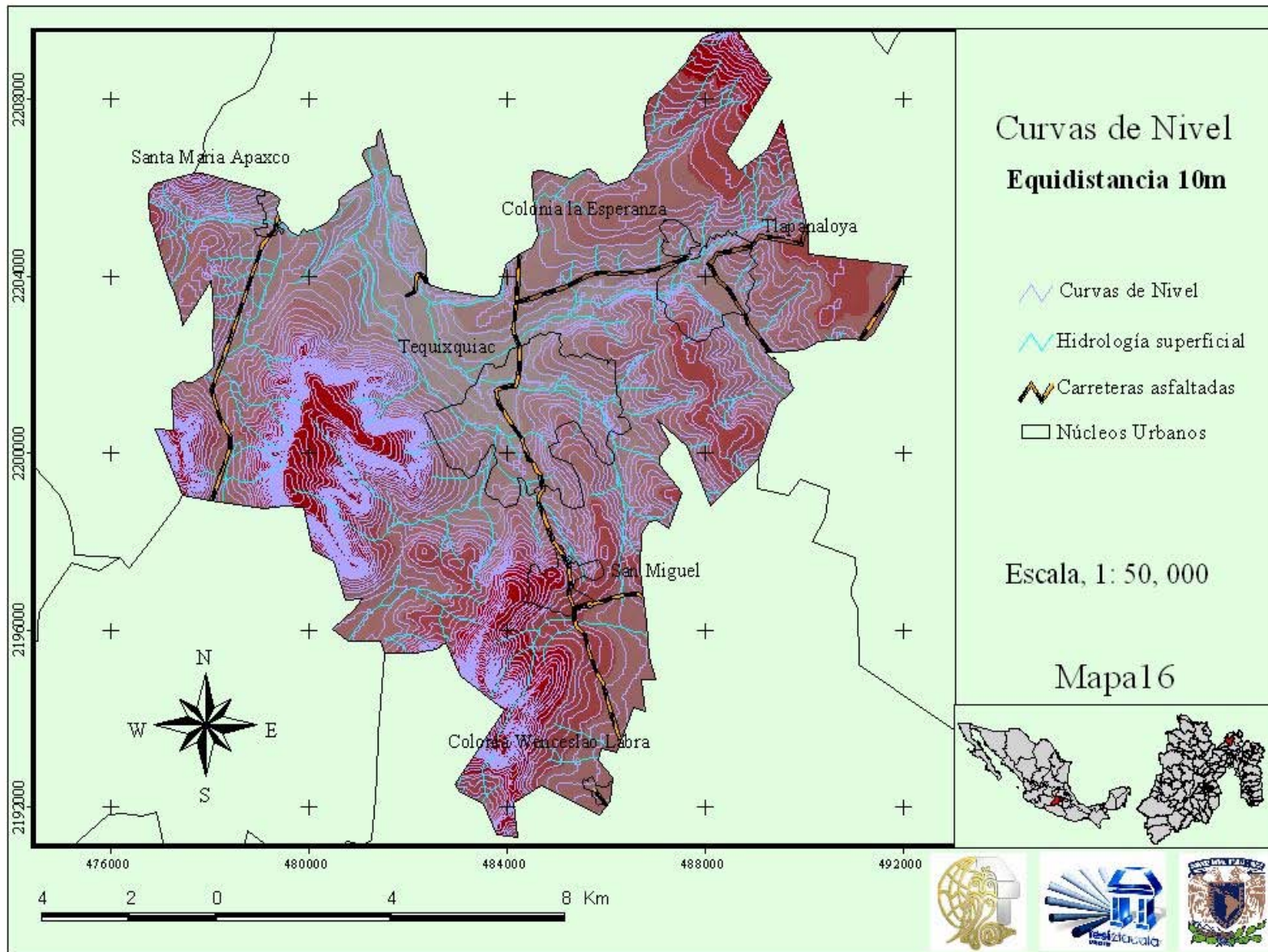
4 2 0 4 8 Km

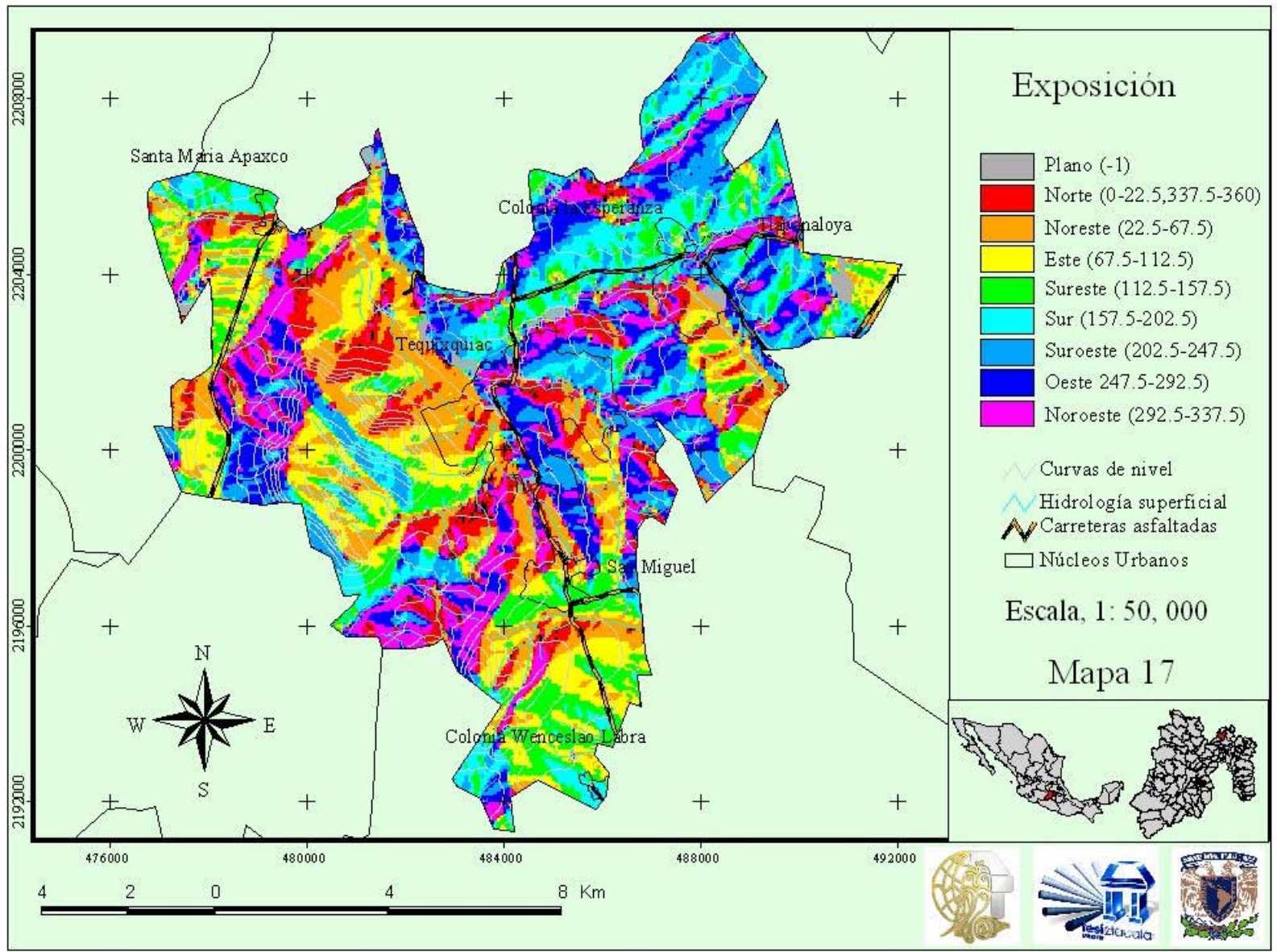


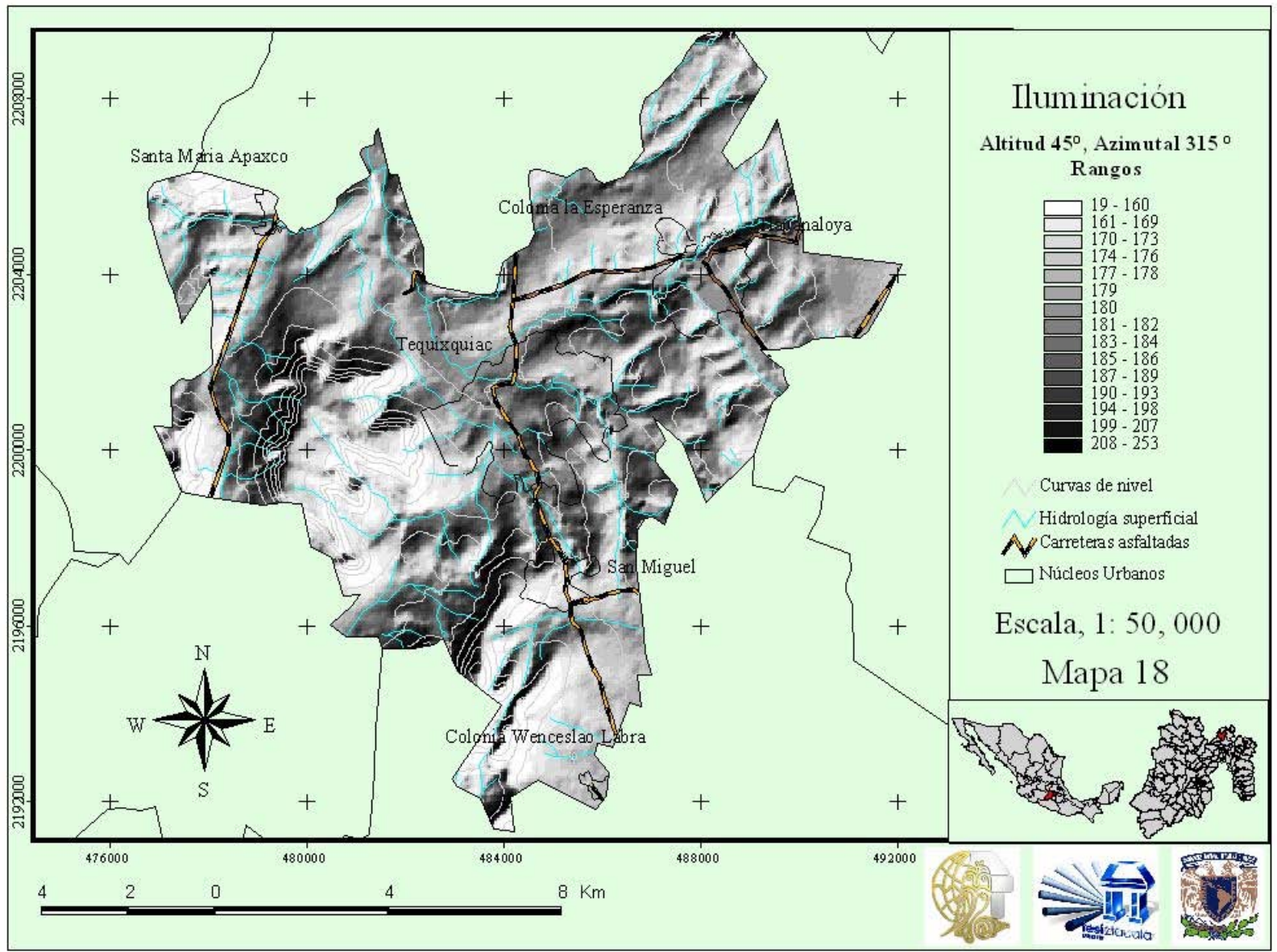


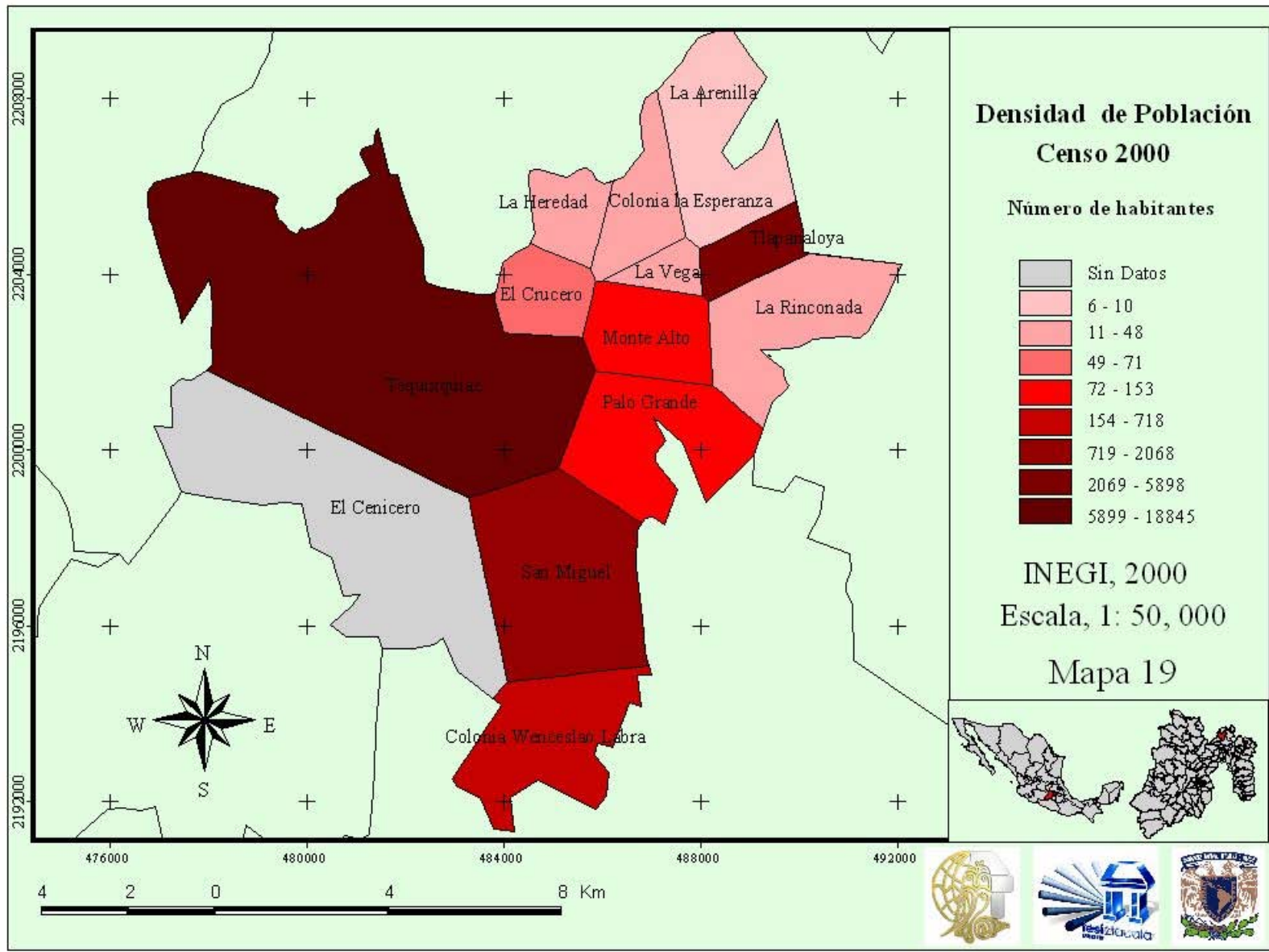


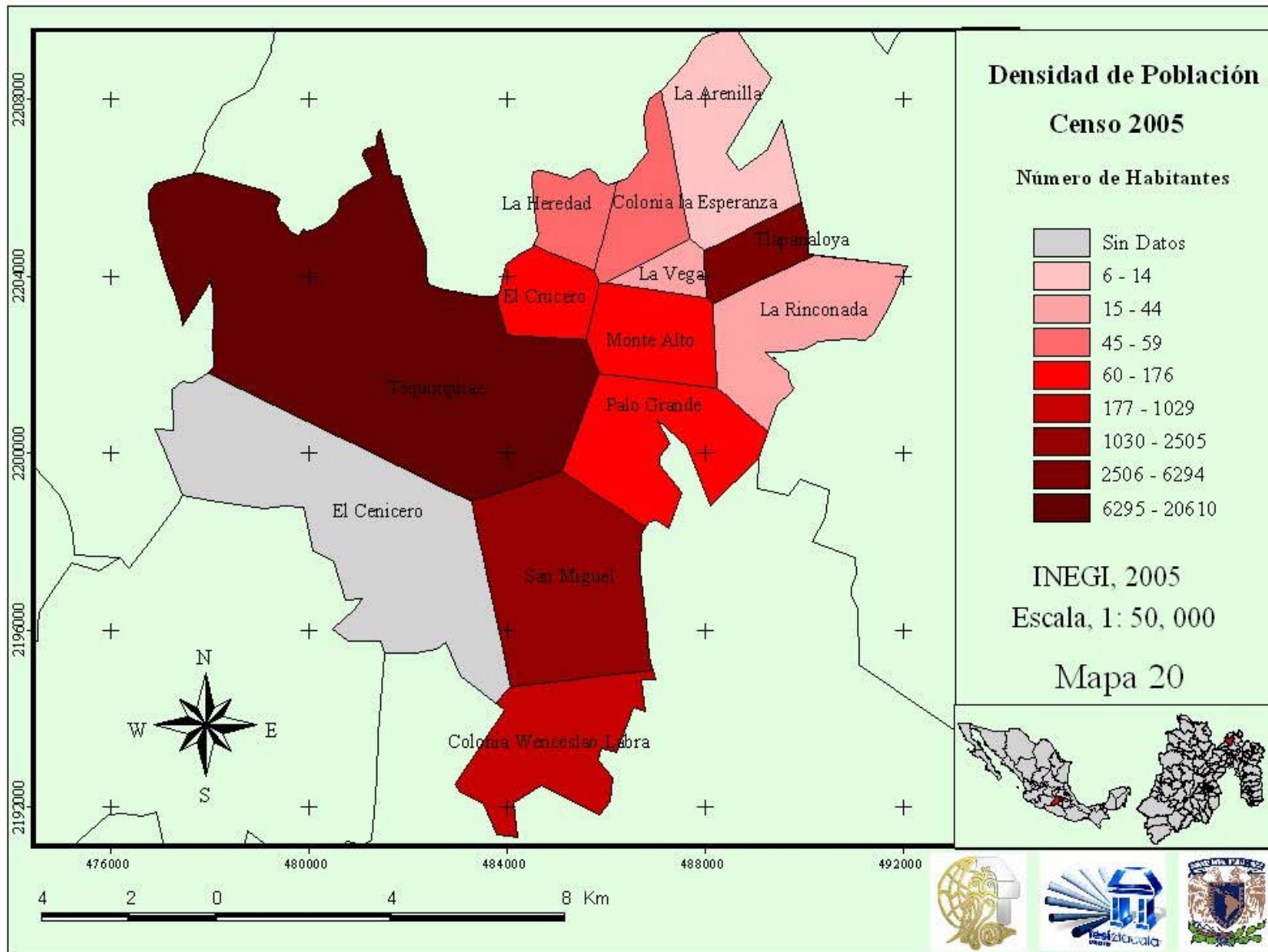












2208000

2204000

2200000

2196000

2192000

476000

480000

484000

488000

492000

4

2

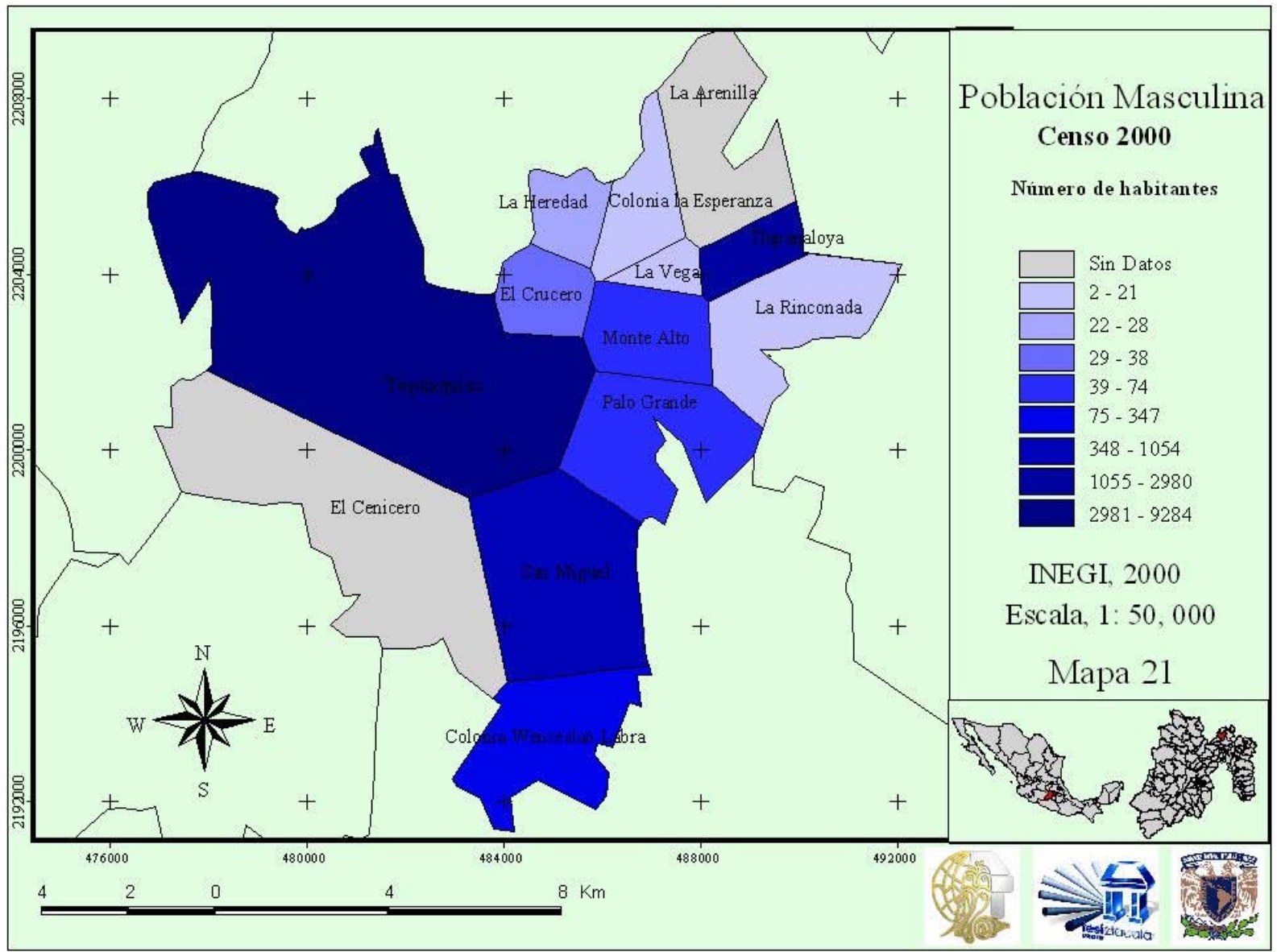
0

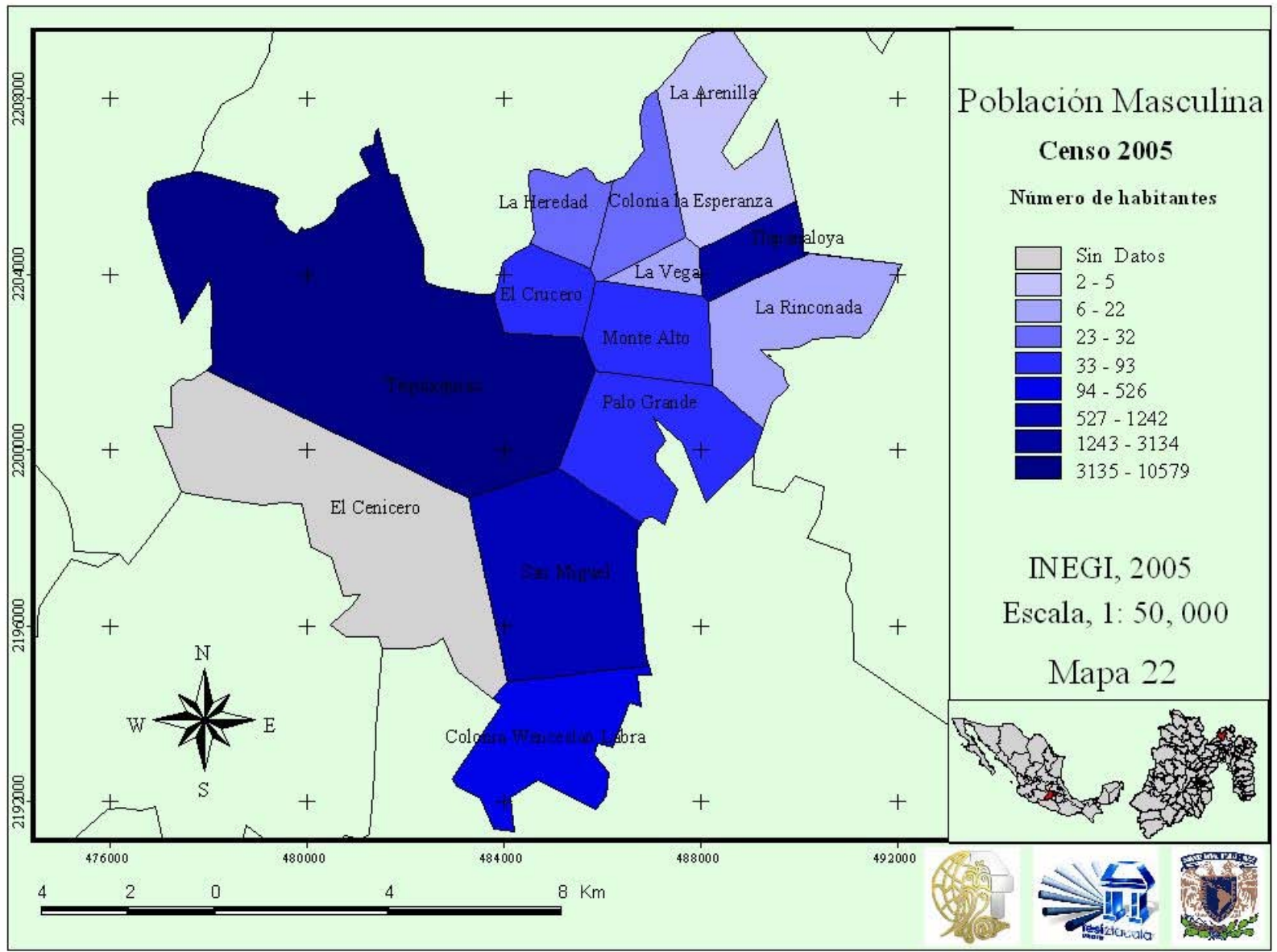
4

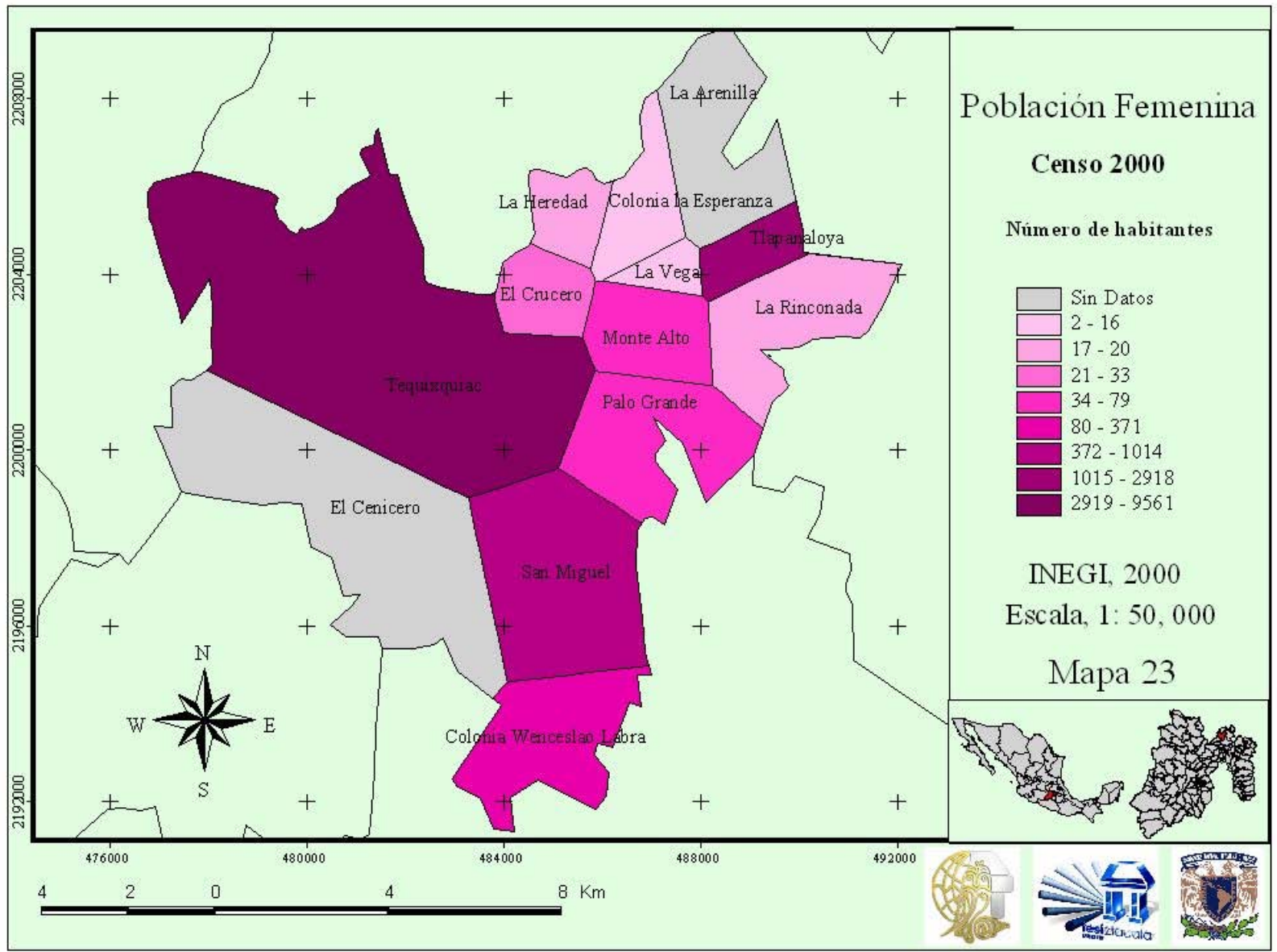
8

Km

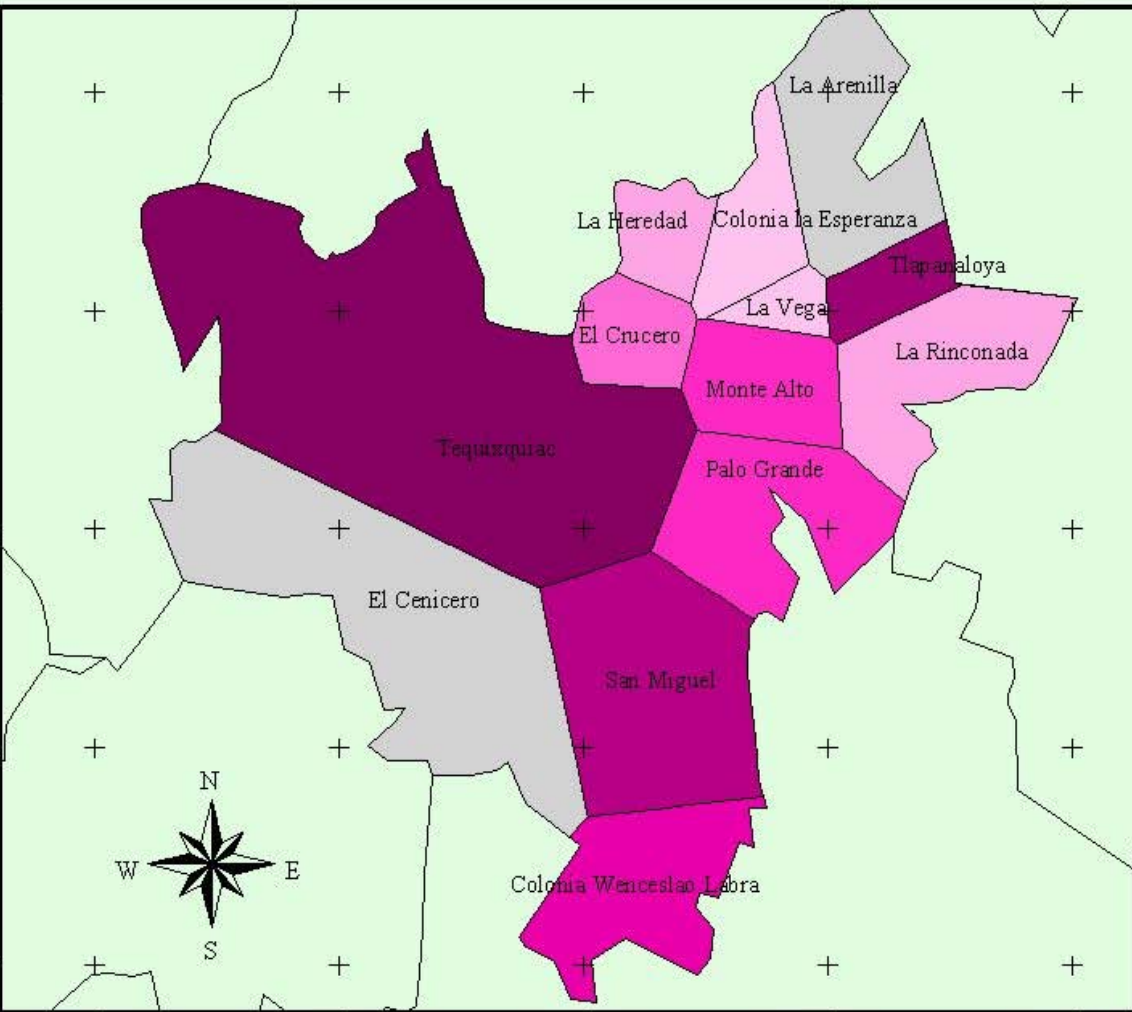








2208000
2204000
2200000
2196000
2192000

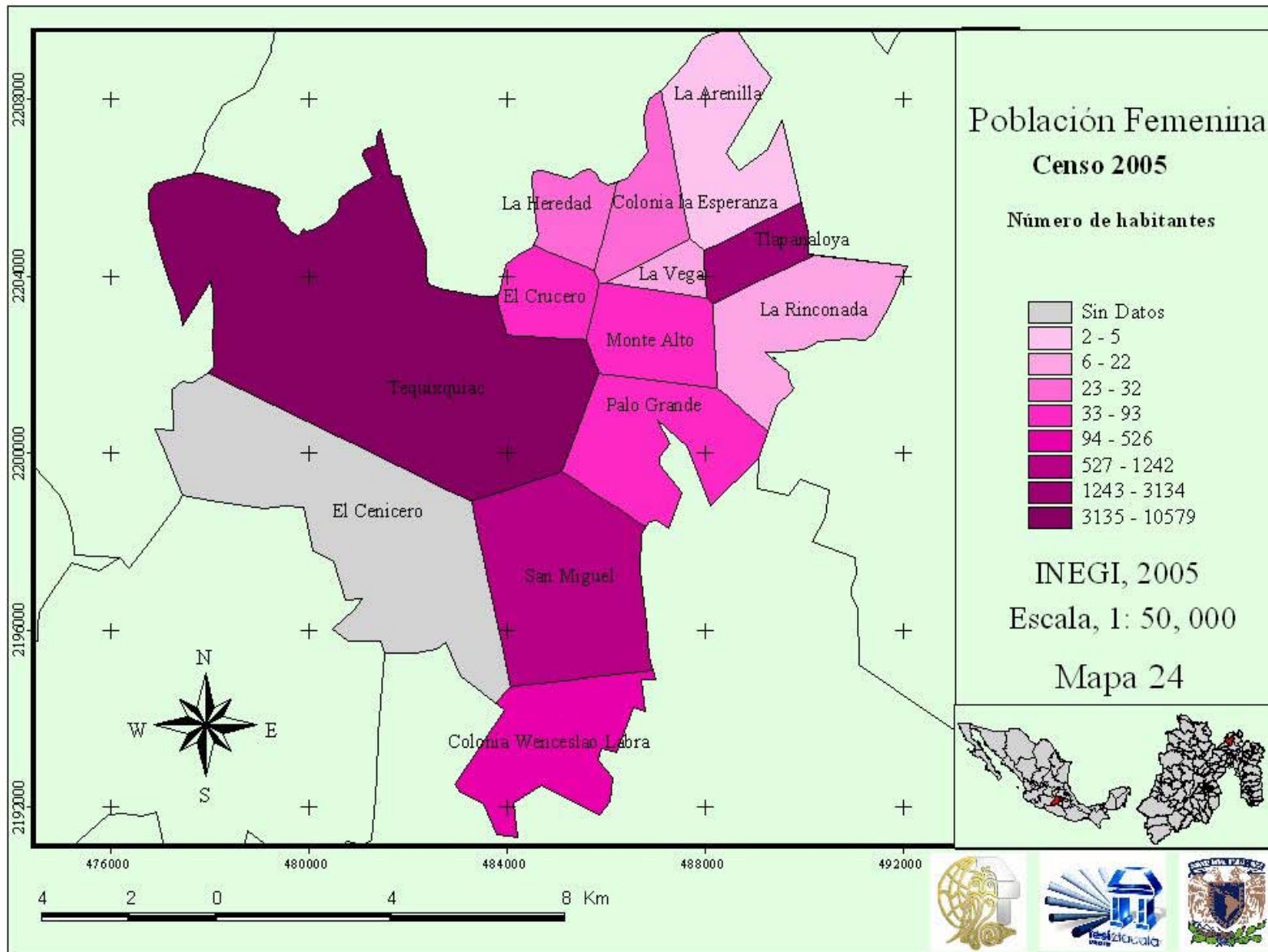


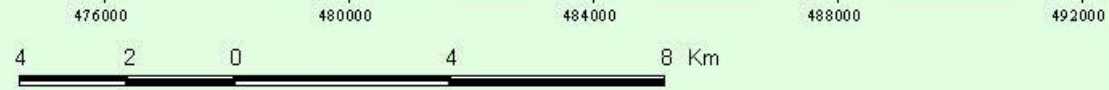
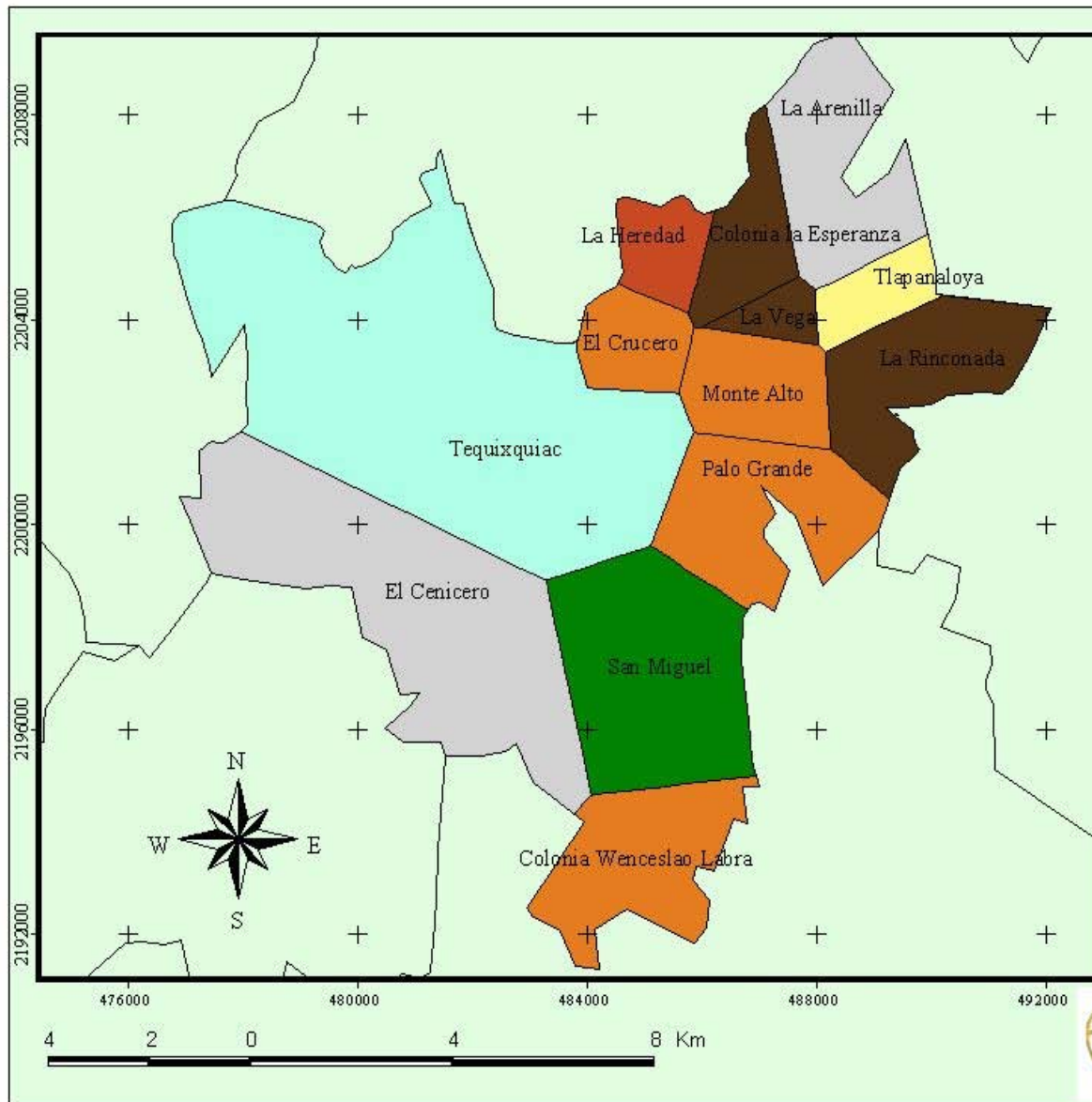
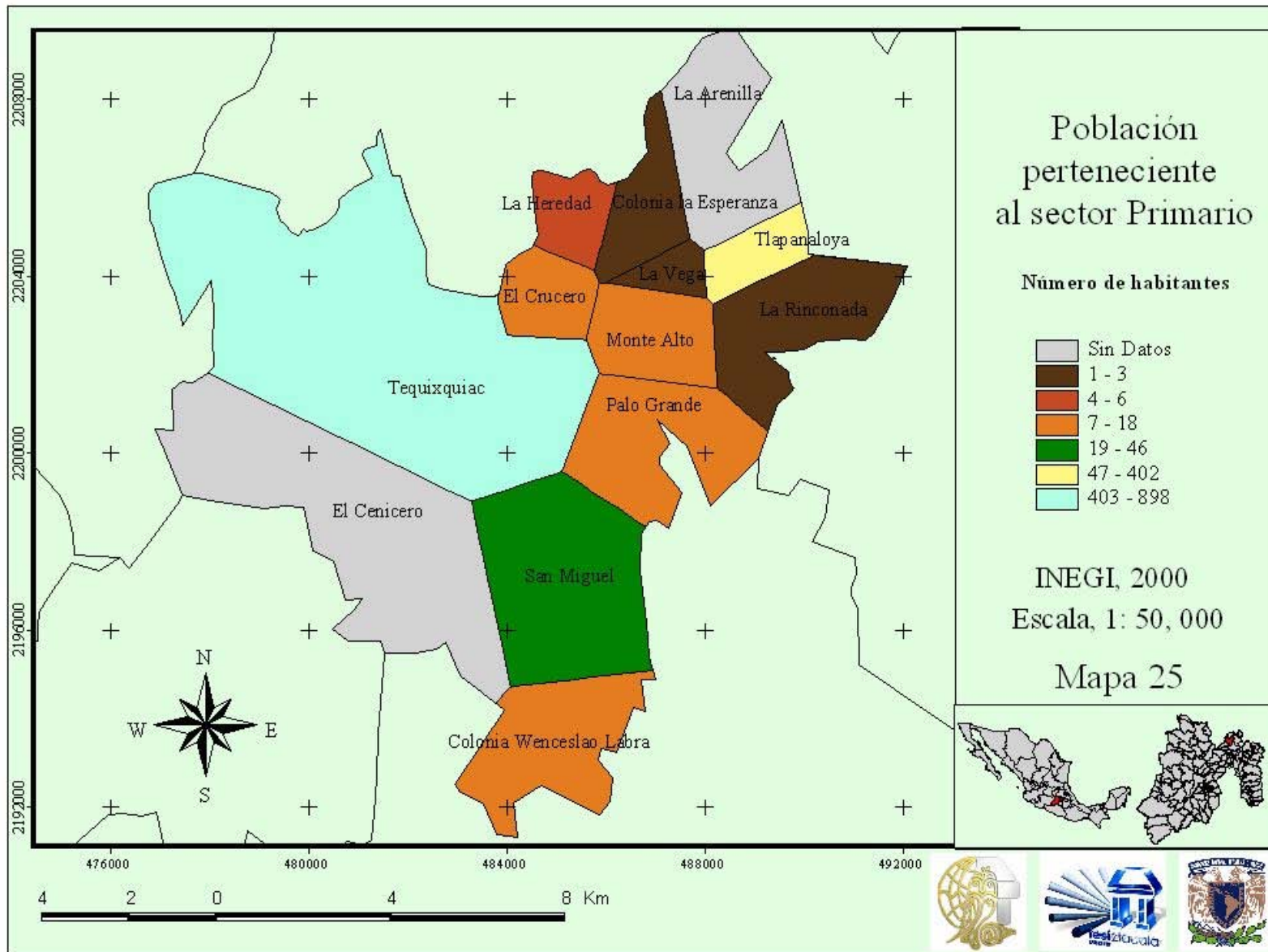
476000 480000 484000 488000 492000

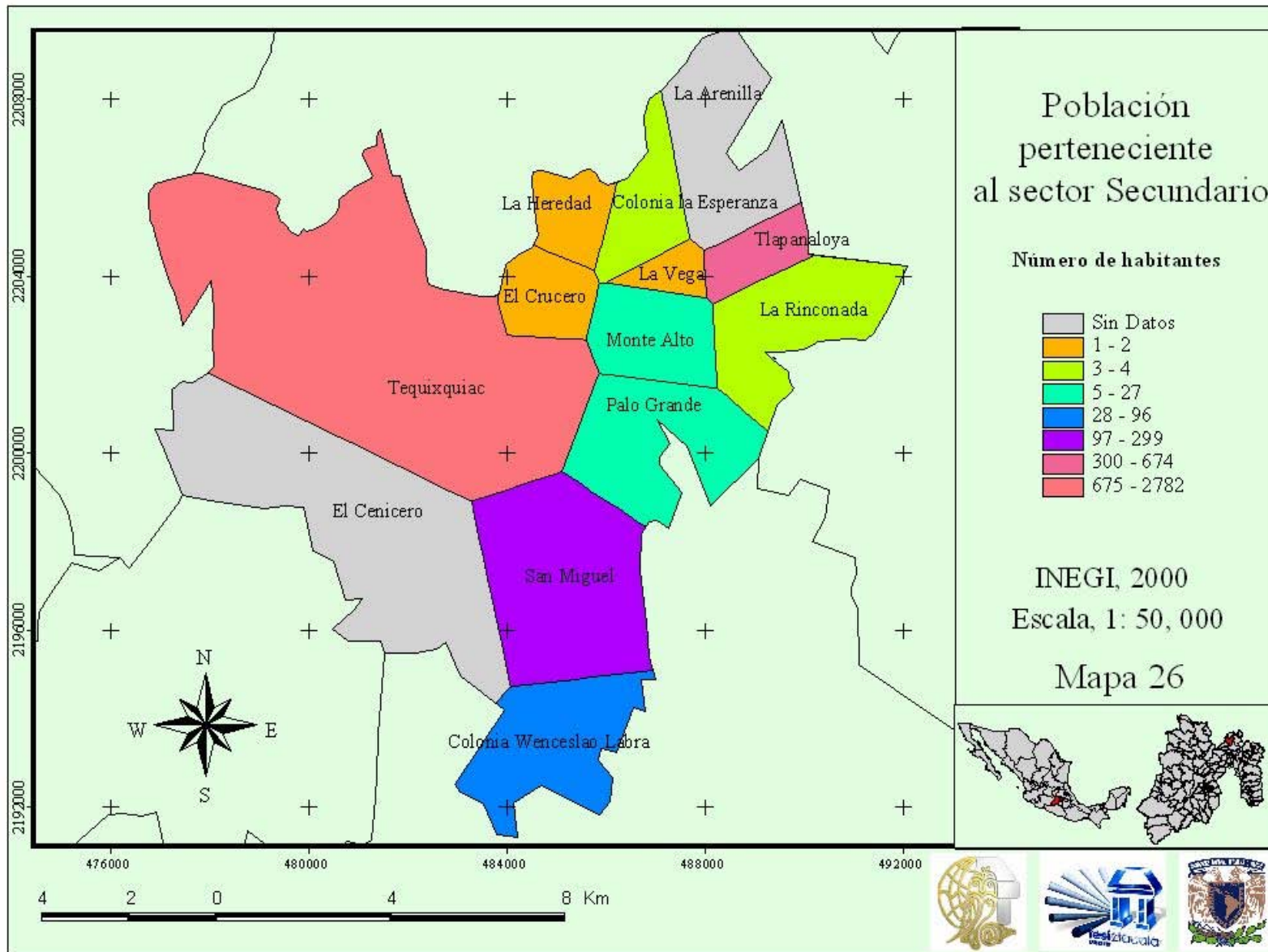
4 2 0 4 8 Km

La Arenilla
La Heredad
Colonia la Esperanza
Tlapanaloya
La Vega
El Crucero
La Rinconada
Monte Alto
Tequiquiac
Palo Grande
El Cenicero
San Miguel
Colonia Wenceslao Labra









2208000

2204000

2200000

2196000

2192000

476000

480000

484000

488000

492000

4

2

0

4

8 Km



