

Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo (INICIT)



Instituto de Investigaciones en Ciencias de la Tierra

Maestría en Geociencias y Planificación del Territorio

“DETERMINACIÓN DE ZONAS CON APTITUD PARA LA
EXPANSIÓN URBANA EN LA CIUDAD DE MORELIA CON
ANÁLISIS ESPACIAL MULTICRITERIO”

TESIS

Para obtener el grado académico de:

*"Maestro en Ciencias, con especialidad en Geociencias y
Planificación Del Territorio"*

Presenta:

Ing. Jose Refugio Valdivias Aguilar

Directora de Tesis: Dra. Erna Martha López Granados

Co-Director: Dr. Jorge Alejandro Ávila Olivera

Morelia, Mich.

Agosto 2016

Índice General

pág.

<i>Índice General</i>	<i>ii</i>
<i>Índice de Figuras</i>	<i>iv</i>
<i>Índice de cuadros</i>	<i>vi</i>
<i>Dedicatoria</i>	<i>vii</i>
<i>Agradecimientos</i>	<i>viii</i>
<i>Resumen</i>	<i>ix</i>
<i>Abstract</i>	<i>x</i>
1 INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 OBJETIVOS	4
1.1.1 General	4
1.1.2 Particulares	4
1.2 JUSTIFICACIÓN	4
1.3 HIPÓTESIS	4
2 ÁREA DE ESTUDIO	5
2.1 Municipio Tarímbaro	6
2.2 Municipio de Charo.....	6
2.3 Aspectos biofísicos.....	7
2.3.1 Geología.....	7
2.3.2 Edafología.....	11
2.3.3 Geoformas.....	14
2.3.4 Cobertura	16
3 ANTECEDENTES	19
4 MARCO HISTÓRICO.....	22
5 MARCO CONCEPTUAL.....	26
5.1 El Ordenamiento Territorial	28
5.2 Sistemas de Información Geográfica (SIG).....	30
5.3 Imágenes satelitales	31
5.4 Evaluación Espacial Multicriterio.....	31
5.5 Proceso Analítico Jerarquizado (PAJ).....	32

5.6 Peligro	32
5.7 Aptitud.....	33
6 MATERIALES Y MÉTODOS.....	34
6.1 Recopilación y revisión de información	34
6.2 Tasa de crecimiento medio anual de la población.....	36
6.3 Factores Limitantes.	37
6.4 Árbol de criterios y restricciones para la clasificación de áreas aptas.....	38
6.4.1 Estandarización de criterios y subcriterios.....	39
6.4.2 Estandarización del árbol de criterios y subcriterios	39
6.4.3 Métodos de asignación de pesos.	45
6.4.4 Asignación de pesos a criterios y subcriterios “Modelos”	47
7 RESULTADOS Y DISCUSIÓN	53
7.1 Crecimiento urbano de la Ciudad de Morelia y sus implicaciones.	53
7.2 Análisis y caracterización de información para la obtención de las zonas aptas en el área de estudio.	60
7.2.1 Mapa de asentamientos urbanos.....	60
7.2.2 Mapa de Fallas Geológicas	62
7.2.3 Mapa de Pendientes	65
7.2.4 Mapa de Áreas Naturales Protegidas.....	67
7.2.5 Mapa de Cuerpos de Agua.....	70
7.2.6 Mapa de Inundaciones.	72
7.2.7 Mapa Final de Áreas Aptas y no Aptas	75
7.3 Clasificación de áreas aptas.....	77
7.3.1 Pesos asignados a los criterios y subcriterios para generar modelos clasificados de aptitud para el crecimiento urbano.....	78
7.3.2 Análisis de Modelo 1, 2 y 3	82
8 CONCLUSIONES	88
8.1 Recomendaciones.....	89
TRABAJOS CITADOS	90

Índice de Figuras

	pág.
Figura 1: Mapa del área de estudio de la ciudad de Morelia.....	5
Figura 2: Mapa Geológico, 1:50,000 (Israde-Alcántara <i>et al.</i> , 2009).....	10
Figura 3: Mapa Edafológico del área de estudio. Elaboración a partir de (Israde-Alcántara <i>et al.</i> , 2008) escala 1:50,000.....	13
Figura 4: Mapa de Geoformas. Elaboración a partir de (Mendoza <i>et al.</i> , 2001) escala 1: 50,000.....	15
Figura 5: Mapa de cobertura vegetal y uso de suelo. Elaboración a partir de Imágenes SPOT del año 2013	17
Figura 6: Imágenes SPOT 2013.....	18
Figura 7: Traza probable de la ciudad de Morelia 1541(Cervantes-Sánchez y Dávila-Munguía, 2001).....	22
Figura 8: Plano de la ciudad de Valladolid de 1794(Cervantes-Sánchez y Dávila-Munguía, 2001).....	23
Figura 9: Plano de la ciudad de Morelia de 1873(Cervantes-Sánchez y Dávila-Munguía, 2001).....	24
Figura 10: Densidad de construcción en Morelia 1958(Cervantes-Sánchez y Dávila-Munguía, 2001).....	24
Figura 11: Crecimiento de la mancha urbana de Morelia (1960, 1975,1990 y 1997) (López-Granados, 1999)..	25
Figura 12: Fases del proceso de Ordenamiento Territorial (Sánchez-Salazar <i>et al.</i> , 2014).....	28
Figura 13: Diagrama para la obtención de áreas aptas para la expansión urbana.....	35
Figura 14: Árbol de Criterio de Diseño de Alternativas.....	38
Figura 15: Comportamiento como costo.....	39
Figura 16 : Comportamiento como beneficio.....	39
Figura 17: Estandarización Distancia a Asentamientos Urbanos.....	40
Figura 18: Estandarización Distancia a Carreteras.....	41
Figura 19: Estandarización Distancia a Redes Eléctricas.....	41
Figura 20: Estandarización de la Distancia a fallas.....	42
Figura 21: Estandarización de la Distancia a cuerpos de agua.....	42
Figura 22: Estandarización factor cobertura utilizando el método directo.....	43
Figura 23: Estandarización factor suelo utilizando el método directo.....	43
Figura 24: Estandarización Pendiente.....	44
Figura 25: Asignación de pesos a los criterios método jerárquico Modelo 1.....	47
Figura 26: Asignación de peso a los subcriterios Modelo 1.....	48
Figura 27: Asignación de peso a los subcriterios Modelo 1.....	48
Figura 28: Asignación de peso a los subcriterios Modelo 1.....	48
Figura 29: Asignación de pesos a los criterios método Pairwise Comparison Modelo 2.....	49
Figura 30: Asignación de pesos a los subcriterios con el método Pairwise Comparison Modelo 2.....	49
Figura 31: Asignación de Pesos a los subcriterios método Pairwise Comparison Modelo 2.....	50
Figura 32 : Asignación de Pesos a los subcriterios método Pairwise Comparison Modelo 2.....	50
Figura 33: Asignación de pesos a los criterios método Directo Modelo 3.....	51
Figura 34: Asignación de Pesos subcriterios método Directo Modelo 3.....	51
Figura 35: Asignación de Pesos subcriterios método Directo Modelo 3.....	52
Figura 36 : Asignación de Pesos subcriterios método Directo Modelo 3.....	52
Figura 37: Mapa de localidades rurales y urbanas actualizadas (INEGI, 2013).....	54
Figura 38: Gráfica comparativa TCP respecto TCM.....	55
Figura 39: Fotografía de asentamientos irregulares en la zona periurbana de la ciudad de Morelia.....	56
Figura 40: Mapa de riesgo combinado con subsidencia y proceso de subsidencia creep- falla (Hernandez-Madrigal <i>et al.</i> , 2011).....	57

Figura 41: Mapa de asentamientos humanos ubicados sobre restricciones de construcción en cuanto a pendiente, zonas de inundación y fallas geológicas.	59
Figura 42: Fotografía Panorámica de la Ciudad de Morelia.	60
Figura 43: Mapa booleano de los asentamientos humanos en la zona de estudio.	61
Figura 44: Mapa booleano de Fallas.	63
Figura 45: Vialidad deformada por falla geológica Nocupétaro.	64
Figura 46: Daño a viviendas causado por falla geológica fraccionamiento Galaxias Tarímbaro.	64
Figura 47: Viviendas ubicadas en zona con pendientes pronunciadas.	65
Figura 48: Mapa booleano de pendientes del terreno.	66
Figura 49: Área Natural Protegida Loma de Santa María.	68
Figura 50: Área Natural Protegida Cañada del Río Chiquito.	68
Figura 51: Mapa booleano de las Áreas Naturales Protegidas.	69
Figura 52: Presa Cointzion (Fuente: http://periodismoaudaz.com.mx/?p=26344).	70
Figura 53: Mapa booleano de cuerpos de agua.	71
Figura 54: Crecimiento urbano en áreas inundables (http://archivo.eluniversal.com.mx/img/2013/09/Est/rio_morelia_inundacion-movil.jpg).	73
Figura 55: Inundación en las márgenes del Río Grande.	73
Figura 56: Inundación en la margen del Rio Chiquito.	73
Figura 57: Mapa booleano de inundaciones (Hernández 2011).	74
Figura 58 : Posible área apta para urbanizar, San Juanito Itzícuaró (2016).	75
Figura 59: Mapa booleano final, en verde áreas aptas para la expansión urbana, en rojo áreas no aptas.	76
Figura 60: Mapa aplicando el método Rank Ordering.	85
Figura 61: Mapa aplicando la Comparación Pareada.	86
Figura 62: Mapa Aplicando Método Directo.	87

Índice de cuadros

	pág.
Cuadro 1: Geología (Israde-Alcántara <i>et al.</i> , 2009).....	8
Cuadro 2: Unidades de suelo en el área de estudio elaborado a partir de Mendoza, <i>et al.</i> , (2001).	11
Cuadro 3: Coberturas actualizadas al 2013	16
Cuadro 4: Definiciones de Ciudad, Metrópoli y Megaciudad.(https://sites.google.com/site/espaciosurbanos340/metropolis-megaciudades-y-megalopolis).....	26
Cuadro 5: Situación actual del OT en México: cobertura geográfica de las modalidades de ordenamiento (Sánchez-Salazar <i>et al.</i> , 2014).....	29
Cuadro 6: Mapas que se emplearon para la realización del trabajo.	34
Cuadro 7: Pesos de criterio según el valor esperado.....	46
Cuadro 8: Pesos de criterio según el valor Rank Suma.....	46
Cuadro 9 : Localidades urbanas en la zona de estudio.....	53
Cuadro 10: Comparativa de las tasas de crecimiento poblacional (TCP) y tasa de crecimiento de la mancha urbana (TCMU).	55
Cuadro 11: Superficie de asentamientos humanos que se encuentran localizados en áreas con restricciones para la construcción.....	56
Cuadro 12. Superficies con combinación de restricciones.	58
Cuadro 13 : Área con aptitud y porcentaje por Área Urbana.	60
Cuadro 14: Área con aptitud y porcentaje por fallas geológicas.	62
Cuadro 15: Área con aptitud y porcentaje de área por Pendiente.	65
Cuadro 16: Área con aptitud y porcentaje por Áreas Naturales Protegidas (ANP).	67
Cuadro 17 : Área con aptitud y porcentaje por cuerpos de agua.	70
Cuadro 18: Área con aptitud y porcentaje por área inundable.	72
Cuadro 19: Área con aptitud y porcentaje por combinación de restricciones	75
Cuadro 20: Criterios a ser analizados para la obtención de áreas aptas clasificadas.	77
Cuadro 21: Árbol de decisiones multicriterio modelo 1	80
Cuadro 22: Árbol de decisiones multicriterio modelo 2	80
Cuadro 23: Árbol de decisiones multicriterio modelo 3	81
Cuadro 24: Aptitud, Áreas y porcentajes de área modelos 1, 2 y 3.	82
Cuadro 25: Valores de aptitud de acuerdo a su clase.....	82

Dedicatoria

En memoria de mamita Esther Álvarez Morelos por sus consejos y el tiempo que compartimos.

*A mi madre Eva Aguilar Álvarez, que con su esfuerzo y dedicación me enseñó a seguir adelante y alcanzar mis metas.
A mi padre Abelardo Valdivias Cruz el mejor compañero de vida que he tenido, por su paciencia y enseñanzas.*

A mis hermanos Evelyn Geraldine Valdivias Aguilar, Edgar Eduardo Valdivias Aguilar y María Íxchel Valdivias Aguilar por haber compartido algunos de los mejores momentos de mi vida.

Agradecimientos

A la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo la cual me ha permitido realizar mis estudios desde nivel medio superior. Al Instituto de Investigaciones en Ciencias de la Tierra (INICIT).

*A mi tutora **Dra. Erna López Granados**, por sus enseñanzas, su paciencia, apoyo, ayuda y motivación durante la realización del presente trabajo.*

*A mi Co-asesor **Dr. Alejandro Avila Olivera**, por la ayuda brindado en el transcurso de la maestría y realización del presente trabajo.*

*Al **Dr. Víctor Hugo Garduño Monroy** por sus enseñanzas, apoyo y el haberme abierto las puertas del instituto y lograr realizar mis estudios de posgrado.*

*Al **Dr. Manuel Mendoza Cantú** por su tiempo, consejos, el haberme capacitado, así como el facilitarme parte de la base de datos con la cual se elaboró el presente trabajo.*

*Al **Dr. José Egberto Bedolla Becerril** por haberme guiado hasta el instituto y darme ánimos para seguir adelante con mis estudios de posgrado.*

A mis sinodales por el tiempo dedicado en la revisión de esta tesis, sus comentarios acertados y su disposición para trabajar.

Dr. Manuel Eduardo Mendoza Cantú, Dr. Víctor Hugo Garduño Monroy,

Dr. Jesús Arturo Muñiz Jauregui, Dr. Teodoro Carlon Allende

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), por la beca otorgada para realizar mis estudios de posgrado así como la realización del presente trabajo.

A la Universidad Autónoma de México (UNAM) por los cursos realizados en sus instalaciones y el haberme facilitado las imágenes SPOT.

*Agradezco a todos los que forma parte del INICIT, a mis compañeros de generación **Ing. Alejandro García Casillas, M.C Jose Antonio Núñez Hurtado, Ing. Jorge Alejandro Guevara Alday, M.C. Nancy Alanís Gonzáles** y la **Bióloga Mariela Casillas**.*

Resumen

Latinoamérica y el Caribe son regiones con altos índices de urbanización que indican que el 80% de su población vive en ciudades; se estima que para el 2030 el 84% de la población será urbana. En México existen problemas debido a la falta de trabajos de ordenamiento del territorio y a la falta de la aplicación de la normatividad existente en la materia, en los diferentes niveles de gobierno. Actualmente; alrededor de 90 millones de habitantes en el país residen en zonas de riesgo frente a diferentes fenómenos de origen natural, de los cuales cerca del 70% habita en zonas urbanas, el 9.5% en zonas semiurbanas y el 20.5% restante en zonas rurales. La ciudad de Morelia es la capital del estado de Michoacán de Ocampo y ha padecido en los últimos años de un crecimiento urbano con problemas como el crecimiento desmedido de asentamientos regulares e irregulares carentes de infraestructura y servicios, la pérdida de zonas ecológicas, viviendas inhabitadas o construidas en zonas de riesgo por inundaciones, fallas geológicas, subsidencia; por lo que es necesario realizar estudios de aptitud territorial que permitan identificar zonas adecuadas para el crecimiento de la ciudad en el futuro. El objetivo de este trabajo es generar un modelo espacialmente explícito de las zonas aptas para la expansión urbana en la ciudad de Morelia, de acuerdo a factores biofísicos y poblacionales de la zona de estudio con la ayuda de los Sistemas de Información Geográfica. Para lograr lo anterior fue necesario generar, actualizar y analizar la información espacial existente respecto al crecimiento poblacional y su relación con el crecimiento de la ciudad, para conocer la superficie que podría aumentar. Para la obtención de áreas aptas para el crecimiento urbano se emplearon factores limitantes o restricciones físicas como las áreas inundables, áreas naturales protegidas, pendientes pronunciadas, fallas geológicas, cuerpos de agua y zonas urbanizadas. Identificadas las áreas aptas y no aptas de la zona de estudio se aplicó un Análisis Espacial Multicriterio que consideró la cercanía a infraestructura, los peligros naturales, la cobertura vegetal y uso del suelo, la edafología y la pendiente. Se realizaron tres modelos espacialmente explícitos: rank ordering, comparación pareada y método directo. El método de comparación pareada permite analizar una decisión en partes definiendo el objetivo principal, así como los criterios y subcriterios con la finalidad de hacer juicios simples a través del uso de jerarquías que permite llegar a las prioridades globales de dichas alternativas y ser verificando mediante la consistencia y correlación de pesos sea correcta por lo anterior es el método elegido como el mejor.

Palabras Clave: Aptitud, Planificación Territorial, Análisis Espacial multicriterio, Sistemas de Información Geográfica (SIG), Morelia

Abstract

Latin-American and the Caribe are regions with high indexes of urbanization indicate that 80% of this population lives in cities; is estimated that by 2030 84% of the population will be urban. In Mexico exist problems because of to the lack of work and country planning and lack of enforcement of existing normative in the field, at different levels of government. Actually; around 90 million people in the country live in areas at risk from different natural phenomena, of which about 70% live in urban areas, 9.5% in semi-urban areas and the remaining 20.5% in rural areas. Morelia is the capital of the state of Michoacán de Ocampo and has suffered in recent years a growing urban with problems like excessive growth both regular and irregular settlements lacking infrastructure and services, the loss of green areas, inhabited dwellings or built in areas with flood risk, geological faults, subsidence; so it is necessary suitability territorial studies to identify suitable for city growth areas in the future. The objective of this work is to generate a model spatially explicit with areas suitable for urban expansion in the city of Morelia, according to factors like biophysical and population in the study area with the help of Geographic Information Systems. To achieve this it was necessary to create, update and analyze the spatial information regarding population growth and its relationship to the growth of the city, to know the surface that could increase. To obtain suitable areas for urban growth were used limiting factors or physical constraints such as flood areas, protected natural areas, steep slopes, geological faults, water bodies and urban areas. It identified suitable and unsuitable areas of the study applying a Multicriteria Spatial Analysis considering the proximity to infrastructure, natural hazards, vegetation cover and land use, soil and slope. Three spatially explicit models were made rank ordering, paired comparison and direct method. The method of paired comparison to analyze a decision in parts defining the main objective, and the criteria and sub-criteria in order to make simple judgments by the use of hierarchies that can reach global priorities such alternatives and be verified by consistency and correlation of weights is correct for the above is the method chosen as the best.

Keywords: Suitability, Territorial Planning, Multicriteria Spatial Analysis, Geographic Information Systems (GIS), Morelia.

1 INTRODUCCIÓN

El crecimiento económico de la mayoría de los países así como la producción económica se localiza primordialmente en las ciudades (UNFPA, 2007), que son espacios complejos debido a los procesos sociales, económicos y culturales que le imprimen sus habitantes, a través de las funciones y las diversas actividades que realizan, siendo difícil definir un espacio urbano, ya que se pueden emplear diferentes criterios para tal efecto, como por ejemplo numéricos, legales, funcionales, administrativos; por lo que siempre existirán definiciones diferentes dependiendo del criterio adoptado (Bernardi, 2009).

La "ciudad" es un asentamiento humano, denso y permanente de individuos socialmente diferentes; en ella se produce mecánica y espontáneamente la división del trabajo y un modo de vida opuesto al que se da en las comunidades rurales pequeñas (Bernardi, 2009). En la mayoría de las ciudades de los países latinoamericanos, se ha producido un centralismo, de tipo económico y político, lo cual ha promovido la migración de la población del campo a la ciudad, tratando de buscar una mejor calidad de vida, ocupando áreas no aptas para ser habitadas, deteriorando los recursos naturales, y viviendo, muchas veces, en condiciones peores a las de su lugar de procedencia (Daga-López, 2009).

El espacio que ocupan los asentamientos urbanos está aumentando más rápidamente que la población urbana. Entre 2000 y 2030 la población urbana del mundo aumentará un 72%, mientras que la superficie de las zonas edificadas donde viven 100,000 o más personas podrían aumentar en un 175%; son ciudades donde el crecimiento urbano es cada vez más acelerado. Estas áreas urbanas son designadas como ciudades medias o pequeñas, las cuales están definidas por el tamaño de su población (Ortega, 1998; UNFPA 2007).

La urbanización es considerada el componente principal del cambio de uso de la tierra y principal fuerza impulsora del cambio ambiental, aunque sólo el 2% de la superficie terrestre está ocupada por áreas urbanas, éstas son muy complejas y dinámicas, cuya velocidad y magnitud de cambio se ha incrementado notablemente en las últimas décadas, especialmente en los países en desarrollo (Gutiérrez y Sendra, 2010). En las últimas décadas la urbanización se consolidó en gran parte de las ciudades latinoamericanas, generando una gran demanda del suelo para urbanizar así como cambios respecto el uso de la tierra (Argote-Adrian, 2013).

Los numerosos efectos que genera la urbanización sobre la estructura y funcionamiento de los ecosistemas, al reemplazar las coberturas naturales por artificiales e impermeabilizar el suelo así como la mala ubicación, son algunos de los factores por los que se presentan las inundaciones. Esto hace necesario el desarrollo e implementación de estrategias sustentables de planificación (Gutiérrez y Sendra, 2010).

La tendencia hacia la urbanización se verifica en todo el mundo, en algunos países es consecuencia natural y estímulo del desarrollo económico basado en ciertos factores relacionados a la dinámica económica presente en la región. Esta tendencia también puede ser por la migración de personas de zonas rurales hacia las ciudades más cercanas o, simplemente por el crecimiento vegetativo que tiene la población, tal crecimiento se atribuye debido a que el número de nacimientos es mayor al de defunciones (Argote-Adrian, 2013).

El fenómeno de la expansión urbana y la urbanización son procesos crecientes e irreversibles a nivel global. Latinoamérica y el Caribe son regiones con índices de urbanización donde 80% de su población vive en ciudades, se estima que para el 2030 el 85% de la población será urbana (Argote-Adrian, 2013). El crecimiento demográfico y la demanda de terrenos para urbanizar han generado conflictos de uso de la tierra, debido a una serie de actividades y dinámicas socioeconómicas que se generan y transforman el entorno, provocando una cadena de impactos ambientales y socioeconómicos (Argote-Adrian, 2013).

El crecimiento urbano se da en espacios y tiempo, los cuales pueden ser representados y modelados con el apoyo de Sistemas de Información Geográfica (SIG). Se considera que un SIG es un conjunto de herramientas informáticas diseñadas para el manejo, gestión, análisis, representación y modelado de los fenómenos dentro del territorio (Gómez-Delgado y Barredocano, 2006).

En México existen importantes problemas derivados de la falta de trabajos de ordenamiento del territorio y la inadecuada planeación de éstos; la falta de políticas y normativas de los diferentes niveles de gobierno; "la falta de medidas que induzcan a una localización más segura de los asentamientos humanos"; el deterioro ambiental; así como la insuficiente cultura de prevención y mitigación. Hoy en día alrededor de 90 millones de habitantes en el país residen en zonas de riesgo frente a diferentes fenómenos de origen natural, de los cuales cerca del 70% habita en zonas urbanas, el 9.5% en zonas semiurbanas y el resto (20.5%) lo hacen en zonas rurales (Mansilla y Rubio, 2010).

En México la relación riesgo-desarrollo es indiscutible y tiene su expresión más clara en dos aspectos centrales: la forma en que históricamente se ha ocupado el territorio y, las desigualdades sociales que prevalecen entre importantes sectores de la población (Mansilla y Rubio, 2010). Los nuevos cambios en la dinámica de crecimiento urbano en México desde 1990 indican que las grandes zonas metropolitanas disminuyen su crecimiento de población y, que las ciudades medias o intermedias se caracterizan por ser los nuevos centros urbanos de mayor crecimiento demográfico, así como poseer atracción de la población migrante superando al de las zonas metropolitanas (Álvarez de la Torre, 2011).

El aumento de la población ha impuesto exigencias a las capacidades de las autoridades para satisfacer la creciente demanda de vivienda y servicios, por eso es importante proveer lugares adecuados para la expansión urbana que permitan satisfacer las necesidades de la población. La ciudad de Morelia es la capital del estado de Michoacán de Ocampo y pertenece al grupo de ciudades medias de México. La Ciudad padece un crecimiento urbano del que surgen problemas como los asentamientos regulares e irregulares que traen consigo la necesidad de instalaciones (luz, agua, drenaje, calles, escuelas, hospitales etc.), la pérdida de zonas ecológicas, conflictos viales e inseguridad, principalmente. (UNFPA, 2007; Álvarez-Mendoza, 2011).

El crecimiento urbano de la ciudad de Morelia se ha presentado sobre márgenes de ríos, fallas geológicas, zonas con subsidencia, zonas sujetas a inundaciones, inestabilidad de ladera, entre otras, esto debido a que dichas áreas tienen ventajas en cuanto a la accesibilidad y condiciones físicas que aparentemente son factibles para urbanizar (Corona-Morales, 2009); sin embargo, es necesario realizar estudios de aptitud territorial que nos permitan ubicar zonas seguras donde pueda crecer la mancha urbana de la ciudad.

La evaluación de la aptitud permite identificar los sitios aptos para un determinado uso del suelo. La aptitud del territorio es un conjunto de requisitos que debe poseer un lugar para poder acoger una determinada actividad. La selección de sitios aptos para un determinado uso del suelo debe estar basada en un conjunto de criterios locales, que permitan asegurar el máximo beneficio y el menor conflicto. Las diversas características de un sitio como lo son la cobertura, el suelo, la pendiente, entre otros, tienen una influencia en la aptitud, la cual también considera las limitantes y restricciones físicas de un lugar en particular (Hofstee y Brussel, 1999; Gómez-Delgado y Barredo-Cano, 2006).

Las nuevas técnicas de análisis espacial, el desarrollo de herramientas para el tratamiento de la información espacial así como la accesibilidad de ésta, facilitan la representación análisis y modelado de sistemas dinámicos complejos, como son las áreas urbanas, por lo que constituyen herramientas de gran utilidad para el desarrollo de estrategias de planificación territorial amigables con el entorno (Argote-Adrian, 2013).

Los problemas de planificación territorial pueden ser identificados, analizados y modelados con herramientas de Evaluación Espacial Multicriterio. Los SIG y el Análisis Multicriterio son herramientas que apoyan a los tomadores de decisiones espaciales, permitiendo optimizar la localización de los usos de suelo, asignando éstos a zonas que presenten la mayor aptitud y menor impacto posible, es decir, áreas con mayor capacidad de acogida, la cual se define como "el grado de idoneidad que presenta el territorio para una actividad, teniendo en cuenta a la vez, la medida en que el medio cubre sus requisitos de ubicación y los efectos de dicha actividad sobre el medio" (Argote-Adrian, 2013; Gómez-Delgado y Barredo-Cano, 2006).

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 General

Identificar el patrón espacial de las zonas aptas para la correcta expansión urbana en la ciudad de Morelia, de acuerdo a factores biofísicos y poblacionales.

1.1.2 Particulares

- 1.- Generar, actualizar y analizar bases de datos espacialmente explícitas de parámetros biofísicos, poblacionales y mancha urbana de la zona de estudio.
- 2.-Identificar los atributos espaciales requeridos para conocer el patrón óptimo de urbanización en la Ciudad de Morelia: asentamientos humanos, fallas geológicas, grado de inclinación, áreas naturales protegidas, cuerpos de agua y áreas de inundación.
- 3.-Evaluar la aptitud del modelo espacial generado con el análisis multicriterio que permita generar una clasificación de las zonas aptas para el crecimiento de la Ciudad de Morelia.

1.2 JUSTIFICACIÓN

La ciudad de Morelia se encuentra en un proceso de desarrollo acelerado, por lo que es necesario analizar, generar y actualizar bases de datos espaciales del lugar a escala 1:50,000 con lo que se podrán procesar mediante análisis espacial multicriterio, con el fin de determinar áreas adecuadas para la expansión urbana, esto ayudará a disminuir los peligros que puedan afectar a la población futura y facilitará la construcción de infraestructura para los habitantes.

1.3 HIPÓTESIS

Un análisis espacial que considere criterios tanto biofísicos como socioeconómicos permite la determinación de las zonas más aptas para el crecimiento urbano de la ciudad de Morelia.

Pregunta de investigación

¿Es posible con la información disponible que existe en la zona de estudio definir áreas adecuadas para la expansión ordenada de la Ciudad de Morelia?

2 ÁREA DE ESTUDIO

El área de estudio se localiza al noroeste del estado de Michoacán de Ocampo, corresponde a un rectángulo con una superficie de 69,000 ha que contiene a la mancha urbana de la ciudad de Morelia, comprende parte de los municipios de Morelia, Tarímbaro y Charo (figura 1). Las coordenadas extremas de la zona de trabajo son: Latitud= $19^{\circ} 48' 42.4''$ Longitud= $101^{\circ} 21' 56.2''$; Latitud= $19^{\circ} 36' 43.4''$ Longitud= $101^{\circ} 04' 13.6''$.

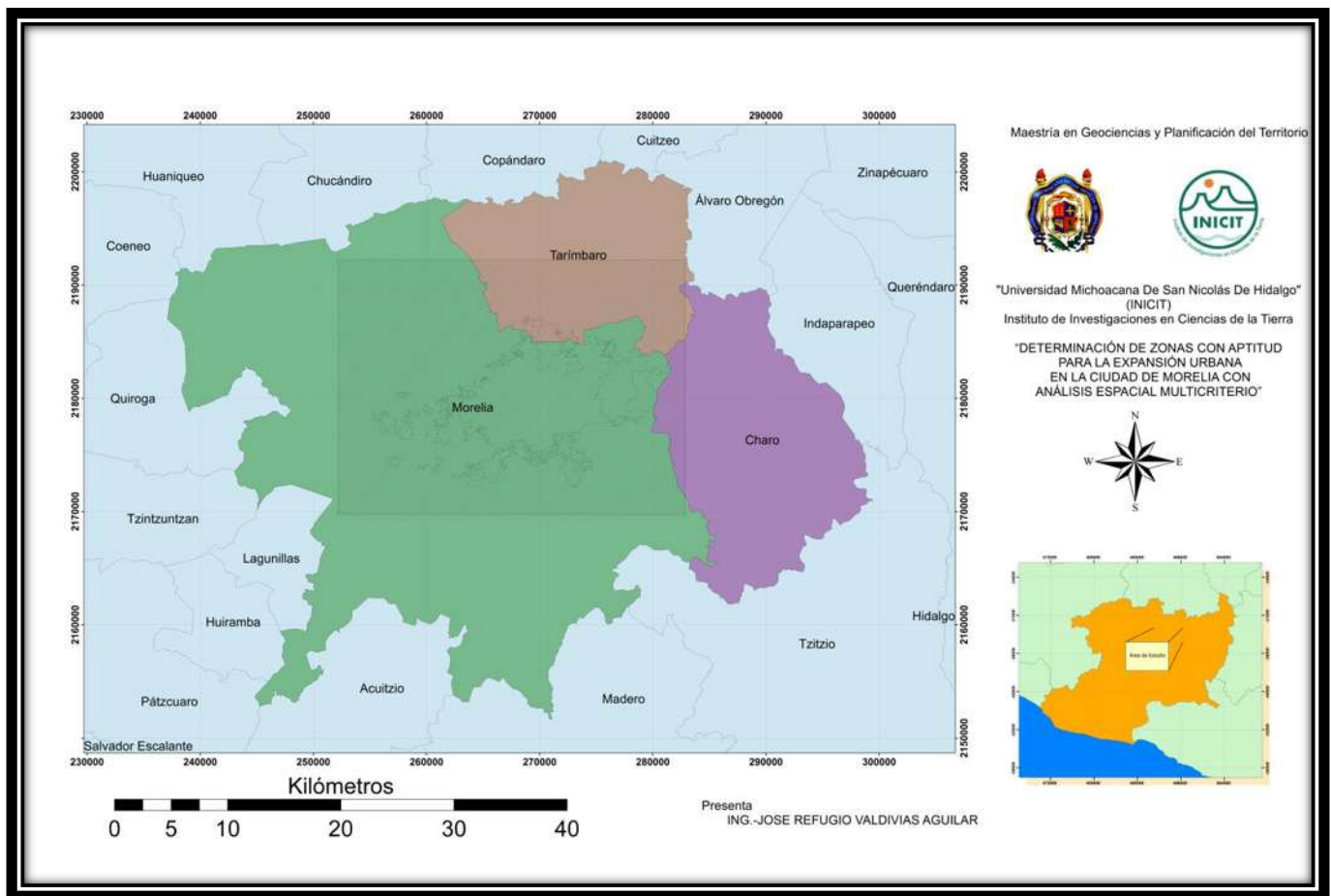


Figura 1: Mapa del área de estudio de la ciudad de Morelia.

2.1 Municipio Morelia

Morelia se encuentra localizado al noroeste del Estado de Michoacán entre los paralelos $19^{\circ}52'$ y $19^{\circ}26'$ de latitud norte; los meridianos $101^{\circ} 02'$ y $101^{\circ} 31'$ de longitud oeste, a una altitud entre 1,500 y 3,000 m. Colinda al norte con los municipios de Huaniqueo, Chucándiro, Copándaro y Tarímbaro; al este con los municipios de Tarímbaro, Charo, Tzitzio y Madero; al sur con los municipios de Madero, Acuitzio, Pátzcuaro y Huiramba; al oeste con los municipios de Huiramba, Lagunillas, Tzintzuntzan, Quiroga, Coeneo y Huaniqueo (INEGI, 2010).

El municipio cubre una superficie del 2.04% de la superficie del Estado, con una extensión de planicie de 25 km de oriente a poniente y de 15 km de norte a sur (INEGI, 2010). La temperatura en la ciudad oscila entre los 12 - 22 °C variando de acuerdo a la época del año (INEGI, 2010). La precipitación anual oscila entre los 600 - 1,500 mm. Para el año 2010 Morelia contaba con una población de 729, 279 habitantes (INEGI, 2010).

2.1 Municipio Tarímbaro

Tarímbaro se localiza al norte del estado de Michoacán entre los paralelos 19° 44' y 19° 54' de latitud norte; los meridianos 101° 03' y 101° 17' de longitud oeste; a una altitud entre 1,900 y 2,400 m (INEGI, 2010). El municipio colinda al norte con los municipios de Copándaro, Cuitzeo y Álvaro Obregón; al este con los municipios de Álvaro Obregón y Charo; al sur con los municipios de Charo y Morelia, al oeste con los municipios de Morelia y Copándaro (INEGI, 2010).

La población total del municipio en el año 2010 era de 78,623 habitantes, lo cual representó el 1.8% de la población en el Estado (INEGI, 2010). La temperatura en el municipio oscila entre los 16 y 18 °C variando de acuerdo a la época del año. La precipitación anual del municipio oscila entre los 600 - 800 mm (INEGI, 2010).

2.2 Municipio de Charo

Charo se localiza al norte del Estado de Michoacán entre los paralelos 19 °32 ' y 19 °48 ' de latitud norte; los meridianos 100 °54 ' y 101 °07 ' de longitud oeste; a una altitud entre 1,300 y 2,800 m. El municipio colinda al norte con los municipios de Tarímbaro, Álvaro Obregón e Indaparapeo; al este con los municipios de Indaparapeo y Tzitzio; al sur los municipios de Tzitzio y Morelia; al oeste con los municipios de Morelia y Tarímbaro (INEGI, 2010).

Charo ocupa el 0.55% de la superficie del Estado y tiene una población total de 21,723 habitantes. La temperatura del municipio oscila entre los 14 - 20° C, mientras que la precipitación anual varía entre 700 – 1,200 mm (INEGI, 2010).

2.3 Aspectos biofísicos

2.3.1 Geología

El municipio de Morelia ha sido delimitado por dos grandes regiones geológicas (Garduño-Monroy, 2004):

1. El primer evento por rocas ligadas a una serie volcánica que fue formada por centros volcánicos andesíticos que evolucionaron a calderas o bien simples edificios compuestos, estos dando lugar a una serie de derrames, flujos piroclásticos, y epiclastitas. Estas agrupadas en la Sierra de Mil Cumbres (SMC).
2. El segundo evento las secuencias fluvio lacustres y aparatos monogeneticos configuran la morfología más visible de la localidad y son parte del Cinturón Volcánico Mexicano (CVM).

Basados al estudio a detalle realizado en 1995 por Israde-Alcántara de las secuencias lacustres se encuentran 4 importantes contextos geológicos en Morelia (Garduño-Monroy, 2004).

1. El de mayor edad es el de la Sierra de Mil Cumbres con un vulcanismo y secuencias tipo Sierra Madre Occidental (SMO), con edades que van del Oligoceno al Mioceno.
2. Las secuencias lacustres y fluvio lacustres del Mioceno-Plioceno, resultado de una placa que subduce y la cual genera depresiones este-oeste.
3. El vulcanismo monogenético ligado al Corredor Tarasco.
4. Depósitos cuaternarios (Sedimentos lacustres, tepetates y suelos).

La ciudad de Morelia se localiza dentro del Cinturón Volcánico Mexicano, en esta se puede observar la SMC, conformada por una serie de volcanes similares en composición al de la SMO, donde destacan las estructuras caldéricas y las mesas de productos piroclásticos. La diferencia entre la SMC y la SMO está basada en la edad de las mesas de ignimbritas, ya que las primeras son del Eoceno y en las segundas son del Oligoceno-Mioceno (Garduño-Monroy, 2004).

En la Sierra de Mil Cumbres al sureste de Morelia principalmente se puede reconocer una morfología típica de la SMC, con estructuras caldéricas (Calderas de Atécuaro y la Escalera) y con mesas basculadas hacia el norte y hacia el Surde ignimbritas. La SMC constituye un alto estructural (horst) que separa, hacia el norte a las depresiones lacustres del CVM y al sur da lugar a la depresión de Tierra Caliente (Garduño-Monroy, 2004).

En ambos casos la deformación que se observa es generada por fallas lítricas con planos inclinados hacia el sur y hacia el norte. El basculamiento generado va de 20 a 30° en el límite sur del Lago de Cuitzeo y en el área de Morelia el basculamiento llega a ser de 5 a 10°. Se logra reconocer con claridad el fallamiento noreste-suroeste y el este-oeste, ambos formando la arquitectura del valle de Guyangareo (Garduño-Monroy, 2004).

Dentro del área de estudio se encuentran diferentes unidades geológicas, las cuales se enlistan en el cuadro 1 y se muestran en la figura 2 de estas sobre sale la unidad de Volcanes escudo monogenéticos (Holoceno-Pleistoceno) del cual se tiene que cubre el 20.26% del área de estudio, siguiéndoles la secuencia fluvio lacustre la cual cubre un 15.45% de la superficie y la secuencia piroclástica de la caldera de Atécuaro cubre un 10.12% de la superficie todas las demás unidades no sobrepasan más del 10% del área de estudio por lo anterior estas tres unidades son las de mayor importancia.

Cuadro 1: Geología (Israde-Alcántara *et al.*, 2009)

Descripción	Área (ha)	Porcentaje (%)
Aluvial	3925	5.69
Aluviones con epiclastitas	310	0.45
Flujos detríticos	336	0.49
Fluvio-lacustre	10655	15.45
Productos de caída aérea del Quinceo Las Tetillas	644	0.93
Secuencia andesítica de Cuitzeo	2772	4.02
Secuencia andesítica de la Caldera de Atécuaro	2830	4.10
Secuencia andesítica y piroclástica de la Escalera	5287	7.67
Secuencia de Charo del Mioceno-Plioceno	1123	1.63
Secuencia del lago histórico de Cuitzeo	4386	6.36
Secuencia piroclástica de Cuitzeo	2525	3.66
Secuencia piroclástica de la Caldera de Atécuaro	6978	10.12
Secuencia volcánica andesítica de Mil Cumbres-Cuitzeo	4189	6.07
Volcanes monogenéticos escudo del Holoceno-Pleistoceno	13971	20.26
Volcanes monogenéticos semiescudo del Plioceno	3586	5.20
Volcanes monogenéticos del Holoceno	2213	3.21
Volcanes monogenéticos del Holoceno a)Derrames	1361	1.97
Volcanes monogenéticos del Holoceno c)Conos	431	0.63
Vulcanismo andesita dacítica del Plioceno	1434	2.08

En la ciudad de Morelia se puede identificar 7 estratos de una columna estratigráfica (Garduño-Monroy, 2004):

1. Complejo andesíticos de Mil Cumbres del Mioceno medio-superior
2. Secuencia de flujos piroclásticos del Mioceno “Cantera de Morelia”
3. Complejo volcánico del Punhuato (Mioceno)
4. Secuencia fluvio-lacustre Cuitzeo-Morelia del Mioceno-Plioceno

5. Vulcanismo del Corredor Tarasco del Cuaternario (Secuencia de pómez de caída “Alegría”)
6. Paleosuelos y tepetates
7. Suelos

En la ciudad de Morelia se puede distinguir que al oriente de la ciudad de Morelia, se encuentra el Complejo Volcánico Punhuato, tal complejo sobreyace a la secuencia de Mil Cumbres, está representado por domos y flujos de lava andesítica y dacítica, así como una avalancha de escombros que forma un abanico hacia el occidente, asociada con una estructura de colapso en forma de herradura (Gómez, 2002).

Al norte de la ciudad de Morelia, posterior a la SMC y a Pucuat, se emplazaron las ignimbritas de Cuitzeo. Sobre estas se depositaron una serie de sedimentos fluvio-lacustres en las planicies de la cuenca de Cuitzeo, compuestos de grava, limo y arcilla de color café, así como ceniza volcánica de color blanco con intercalaciones de diatomitas que afloran en los alrededores de los ríos Grande y Chiquito, con espesores que varían de 10 a 60m. Estos depósitos sobreyacen discordantemente a la SMC y al Complejo Volcánico Punhuato, estos valles formaron parte del paleo-lago de Cuitzeo, los cursos y desembocadura de los ríos fueron modificados por las fallas normales lístricas (Gómez, 2002).

Se encontraron fósiles de *Rincotherium falconeri* en un estrato de sedimentos fluvio-lacustre sobre la carretera de Morelia a Charo en la población de la Goleta, lo que indica que estos pertenecen al Plioceno tardío o Pleistoceno temprano (Gómez, 2002).

Al norte de la ciudad de Morelia, en el municipio de Tarímbaro, aflora un depósito de caída de ceniza y pómez de aproximadamente 3 metros de espesor, el cual representa una etapa de actividad explosiva probablemente del volcán Quince, posterior al emplazamiento de sus flujos de lava. El depósito de caída de pómez es conocido como “Pómez Alegría”, el cual tiene pómez de color beige, sub-redondeadas y sub-angulosas, menores de 0.5cm con soporte grano a grano (Gómez, 2002).

Al sur de la ciudad de Morelia existen varios abanicos aluviales, los más importantes son el de la paloma y el del Club Campestre. Por lo anterior en esta zona se encuentran algunos deslizamientos de tipo roto-translacional (flujo de detritos), en los cuales se han encontrado restos arqueológicos, lo que indica que estos deslizamientos ocurrieron en tiempos históricos (Gómez, 2002).

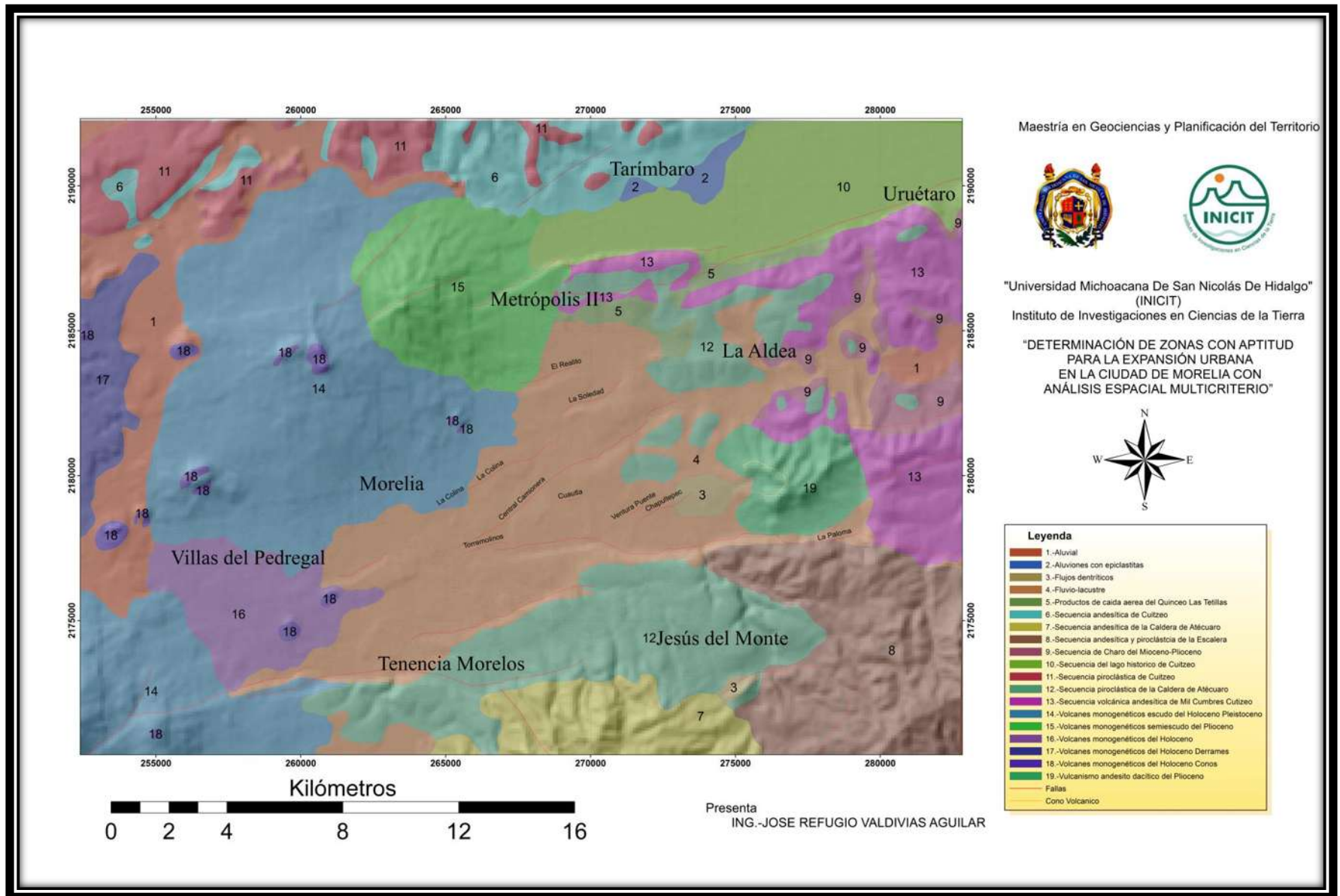


Figura 2: Mapa Geológico, 1:50,000 (Israde-Alcántara *et al.*, 2009).

2.3.2 Edafología

En el área de estudio se presentan diferentes unidades de suelo figura 3 y cuadro 2. Los suelos de tipo Vertisol cubre un poco más del 40 % de área y se ubica en la zona norte hacia la región de Tarímbaro, le sigue el Luvisol cubriendo un poco más del 20 %, ubicado al oeste y suroeste de la zona de estudio hacia Villas del pedregal con dirección hacia Capula (figura3).

Cuadro 2: Unidades de suelo en el área de estudio elaborado a partir de Mendoza, *et al.*, (2001).

Símbolo	Tipo de Suelo	Porcentaje (%)	Área (ha)	Textura
A	Acrisol	6.59	4,545.98	3
T	Andosol	7.88	5,435.41	2
H	Feozem	12.46	8,597.82	2
G	Gleysol	0.46	316.24	3
I	Litosol	6.02	4,150.67	1
L	Luvisol	21.48	14,823.83	3
W	Planosol	0.80	553.42	3
U	Ranker	3.58	2,470.64	1
R	Regosol	0.10	69.18	1
V	Vertisol	40.10	27,671.15	3

La descripción de los diferentes tipos de suelos se obtuvo del diccionario de datos edafológicos del INEGI (1999)

Acrisol (A). Son suelos ácidos de climas húmedos, con un subsuelo arcilloso y pobre en general. El Acrisol órtico (Ao) se caracteriza por tener acumulación de arcilla en el subsuelo; por sus colores rojos, amarillos o, amarillos claros con manchas rojas y; por ser generalmente ácido o muy ácido. Son moderadamente susceptibles a la erosión.

Andosol (T). Son suelos oscuros muy ligeros, con alto contenido de ceniza y otros materiales de origen volcánico. Los Andosoles húmicos (Th) son suelos que se encuentran en áreas donde ha existido actividad volcánica reciente, se caracterizan por tener una capa superficial de color negro o muy oscuro (aunque a veces es clara) y, por ser de textura esponjosa o muy suelto. Son muy susceptibles a la erosión.

Feozem (H). Son suelos con una capa superficial oscura, algo gruesa, rica en materia orgánica y nutrientes. La principal característica del Feozem háplico (Hh) es una capa superficial rica en materia orgánica y nutrientes, lo que les ofrece la posibilidad de ser utilizados en agricultura de granos, legumbres y hortalizas, con altos rendimientos. Otros menos profundos, o aquellos que se presentan en laderas y pendientes, tienen rendimientos más bajos y se erosionan con mucha facilidad. Sin embargo, pueden utilizarse para el pastoreo y la ganadería con resultados aceptables.

Gleysol (G). Son suelos pantanosos o inundados a menos de 50 cm de profundidad la mayor parte del año. El Gleysol húmico (Gh) tiene un alto contenido de materia orgánica en la capa superficial del suelo y con poco menos contenido de materia orgánica en las capas de abajo.

Litosol (I). Generalmente se caracterizan por tener una profundidad menor de 10 cm hasta la roca, tepetate o calinche duro. Se encuentran en todos los climas y con diversos tipos de vegetación. Se localizan en mayor o menor proporción, en laderas, barrancas y malpaís, así como en lomeríos y en algunos terrenos planos.

Luvisol (L). Son suelos con mucha arcilla acumulada en el subsuelo. Se diferencia de los Acrisoles en que son más fértiles en general. El Luvisol crómico (Lc) es un suelo que se encuentra en zonas templadas o tropicales lluviosas; cuando llueve su color es de pardo oscuro a rojo poco intenso. Se caracterizan por tener un enriquecimiento de arcilla en el subsuelo; son de fertilidad moderada y de alta susceptibilidad a la erosión. El Luvisol férrico (Lf) es un suelo que presenta manchas rojas de hierro en el subsuelo llamadas “nódulos”, y son bastante ácidos e infértiles.

Planosol (W). Son suelos situados generalmente en depresiones topográficas. Tienen un subsuelo arcilloso que disminuye el drenaje considerablemente.

Ranker (U). Son suelos de menos de 25 cm de espesor, procedentes de arenas y, se localizan generalmente sobre colinas o pendientes onduladas. Similares a las rendzinas, con la diferencia de que no se encuentran sobre rocas de cal y de que su capa superficial es más dura o pobre en nutrientes. Son suelos de climas templados húmedos, o semifríos húmedos. Se caracterizan por tener una capa superficial oscura y rica en humus, pero ácida e infértil. Debajo de ella se presenta la roca, de colores claros generalmente, que nunca es roca caliza o calinche. Su susceptibilidad a la erosión es alta cuando sufren desmonte.

Regosol (R). Son suelos sin estructura y de textura variable, muy parecidos a la roca Madre.

Vertisol (V). Son suelos muy arcillosos en cualquier capa a menos de 50 cm de profundidad, siempre y cuando no haya riego artificial. Estos se agrietan en la superficie en tiempo de estiaje. Los vertisoles crómicos (Vc) son suelos muy arcillosos, frecuentemente negros o grises en las zonas del Centro y oriente de México y; cafés rojizos en el Norte. Estos suelos son pegajosos cuando están húmedos y muy duros cuando están secos; presentan por lo general una baja susceptibilidad a la erosión.

El Vertisol pélico (Vp) es un suelo de color negro a gris oscuro. Son suelos muy arcillosos y su utilización en agricultura es muy extensa, variada y productiva. Estos suelos son en general fértiles, pero presentan ciertos problemas para su manejo, ya que su dureza dificulta la labranza y con frecuencia presentan problemas de anegamiento por mal drenaje.

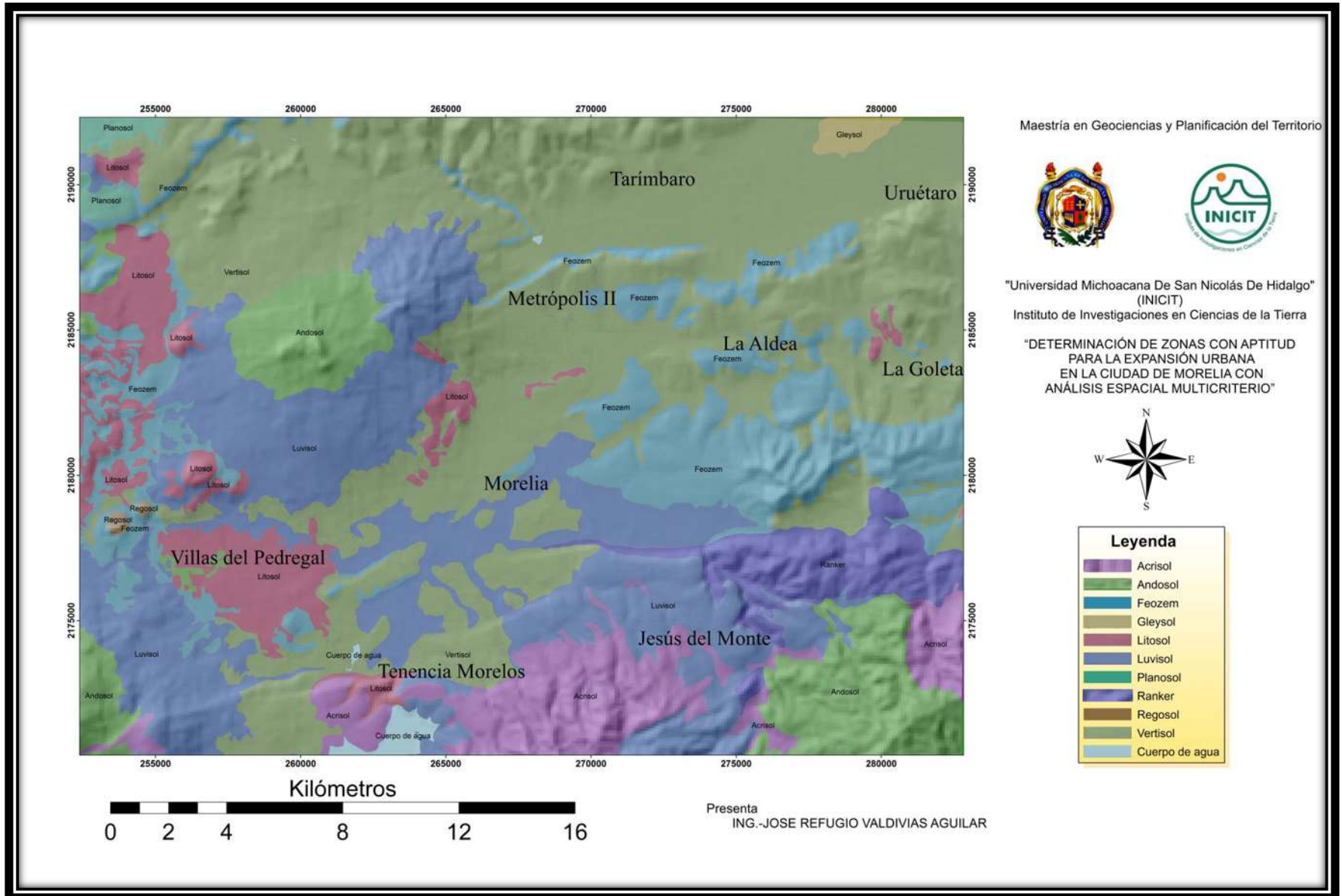


Figura 3: Mapa Edafológico del área de estudio. Elaboración a partir de (Israde-Alcántara *et al.*, 2008) escala 1:50,000.

2.3.3 Geoformas

El relieve en el área de estudio es muy variado, se distingue la región montañosa que se extiende hacia el sur formando desniveles bastante pronunciados; al norte sobresalen los cerros de Punhuato y las lomas antiguamente llamadas de El Zapote, las cuales se unen en la región norte con la sierra de Otzumatlán. (INEGI, 2009). Al sur del área de estudio se encuentra la Loma de Santa María frente el cerro San Andrés, el cual se une en la parte noroeste con los volcanes Quinceo y Las Tetillas (Garduño-Monroy *et al.*, 2000). La mayor elevación corresponde al volcán Quinceo con 2,787 m s.n.m., el cual tiene conexión con las lomas de Tarímbaro y los cerros de Cuto y de Uruétaro, los cuales limitan el valle denominado Morelia-Queréndaro y lo separan del lago de Cuitzeo (Garduño-Monroy *et al.*, 2001).

El área de estudio pertenece al Cinturón Volcánico Transmexicano, que es uno de los cuatro ambientes morfogenéticos diferenciados para el estado de Michoacán (figura 4).

El paisaje sin relieve positivo se divide en Valle, Planicie, Altiplanicie y Piedemonte. El relieve con unidades positivas son 4 niveles iniciando por colinas, lomeríos bajos, lomeríos altos y montañas (Adonis-Maikel *et al.*, 2009).

En el área de estudio se tienen las siguientes unidades (López-Granados, 1999):

a) *Unidades sin relieve positivo.*

Planicies. Paisaje sin relieve, independientemente de su génesis pero excluyendo la actividad fluvial. Pendiente inferior a 3°, amplitud en general menor a 100 m, dependiendo de su magnitud.

Piedemonte. Unidades transicionales entre un relieve positivo y la planicie de nivel de base local. Presenta pendientes menores a 10°, la amplitud de relieve puede variar considerablemente de decenas a cientos de metros.

b) *Unidades con relieve positivo.*

Nivel I Colinas. Elevaciones suaves con pendientes superiores a 3° y menores a 8°, con elevaciones relativas menores a 250 m.

Nivel II Lomeríos Bajos. Elevaciones más abruptas que las del nivel anterior, con alturas relativas mayores a 250 m e inferiores a 500 m y, pendientes que oscilan entre 6° y 20°.

Nivel III Lomeríos Altos. Elevaciones con alturas relativas mayores a 500 m y menores a 1,000 m y, pendientes variables entre 20° y 45°.

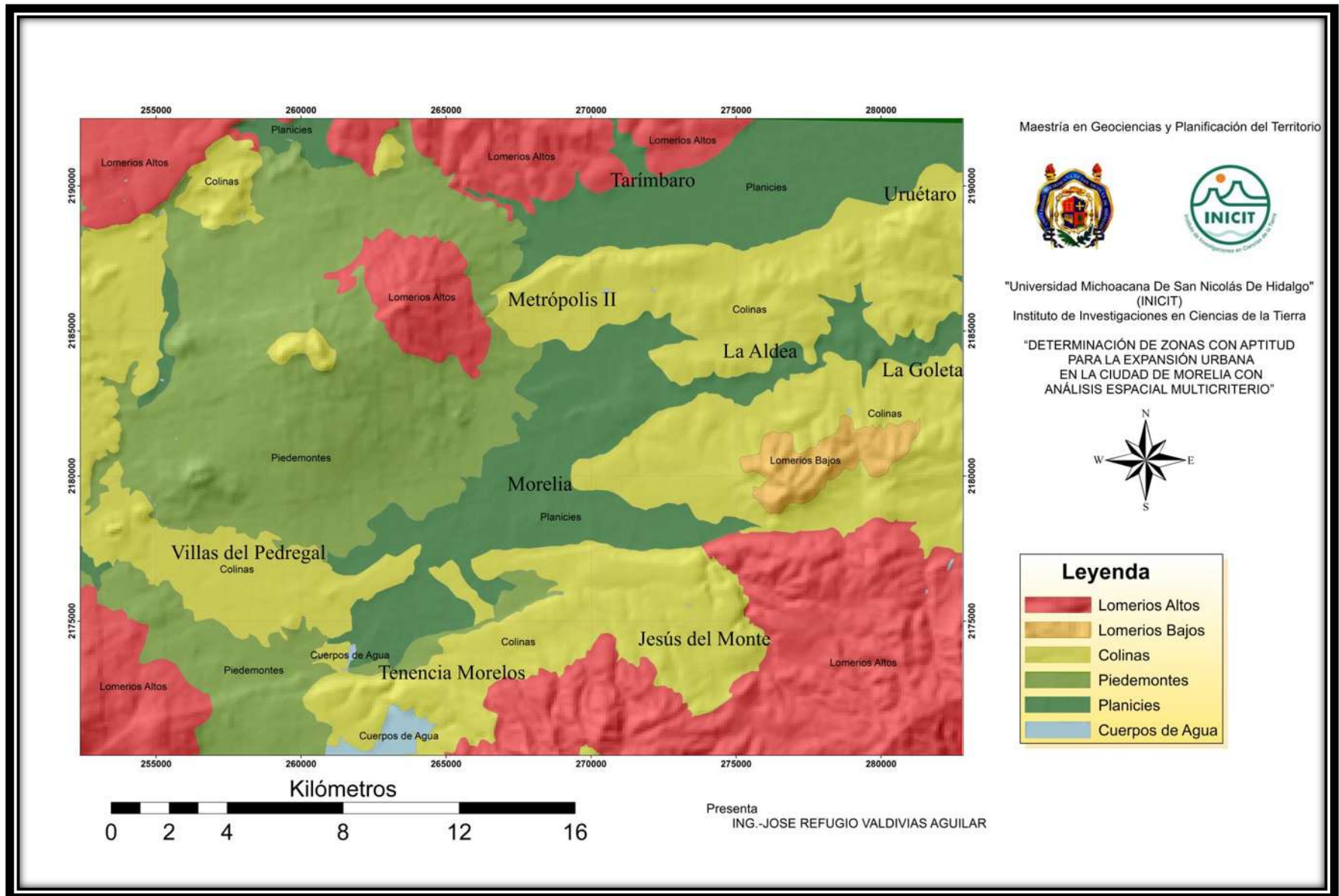


Figura 4: Mapa de Geoformas. Elaboración a partir de (Mendoza *et al.*, 2001) escala 1: 50,000.

2.3.4 Cobertura

En este trabajo de investigación se emplearon imágenes adquiridas por satélites (Sistema Probatorio de Observación de la Tierra o Satélite Para la Observación de la Tierra) SPOT (Figura 6). Las imágenes SPOT constituyen una fuente de información óptima para conocer, monitorear, prever y administrar los recursos y las actividades humanas en todo el planeta. Dichas imágenes son auténticas herramientas de ayuda en la toma de decisiones en numerosas áreas. (Defence and Space Airbus, 2012).

Las imágenes SPOT Pancromáticas tienen una resolución de 1.5 a 2.5m y las Multiespectrales una resolución de 10 a 6m, las cuales se pueden fusionar para tener una mejor resolución y realzar los detalles, la cobertura espacial de las SPOT es de 60 * 60 km (SAGARPA, 2014). Con el fin de facilitar la interpretación así como el análisis de las diferentes coberturas y aprovechamiento del formato digital de las imágenes SPOT, se realizaron diferentes tratamientos digitales como modificaciones del histograma, combinación de bandas, fusión de imágenes y procesamiento para el mejoramiento y realce de las imágenes. Todo lo anterior fue dirigido a realzar, enfatizar o suprimir ciertas características de las imágenes, con el fin de mejorar la calidad visual para su clasificación.

La interpretación se realizó en SIG, basados en una escala de interpretación 1:10,000 lo que equivale a que un 1cm es igual a 100m, para la determinación el tipo de vegetación y uso del suelo predominantes en el área de estudio, se distinguieron siete categorías diferentes cuadro 3 representados en la figura 5. La cobertura que ocupa la mayor superficie son los pastizales inducidos y cultivos (47.32 % de la superficie), siguiéndole el área destinada a los asentamientos humanos con un porcentaje de 22.72 %.

Cuadro 3: Coberturas actualizadas al 2013

Cobertura	Área ha	Área (%)
Bosques Cerrados	3,871	5.61
Bosques Abiertos y Semiabiertos	5,875	8.52
Matorrales	8,665	12.57
Pastizales Inducidos y Cultivos	32,632	47.32
Plantaciones Forestales	1,861	2.70
Asentamientos humanos	15,671	22.72
Cuerpos de Agua	384	0.56

En base a estudio previos se sabe que existen ciertos tipos de cobertura y uso más propensos a ser urbanizados, como lo son pastizales inducidos y matorrales, los cuales tendrán mayor posibilidad de ser transformados por encontrarse en lugares relativamente planos así como el tener cercanía con las localidades urbanas (Rangel-Velarde, 2008).

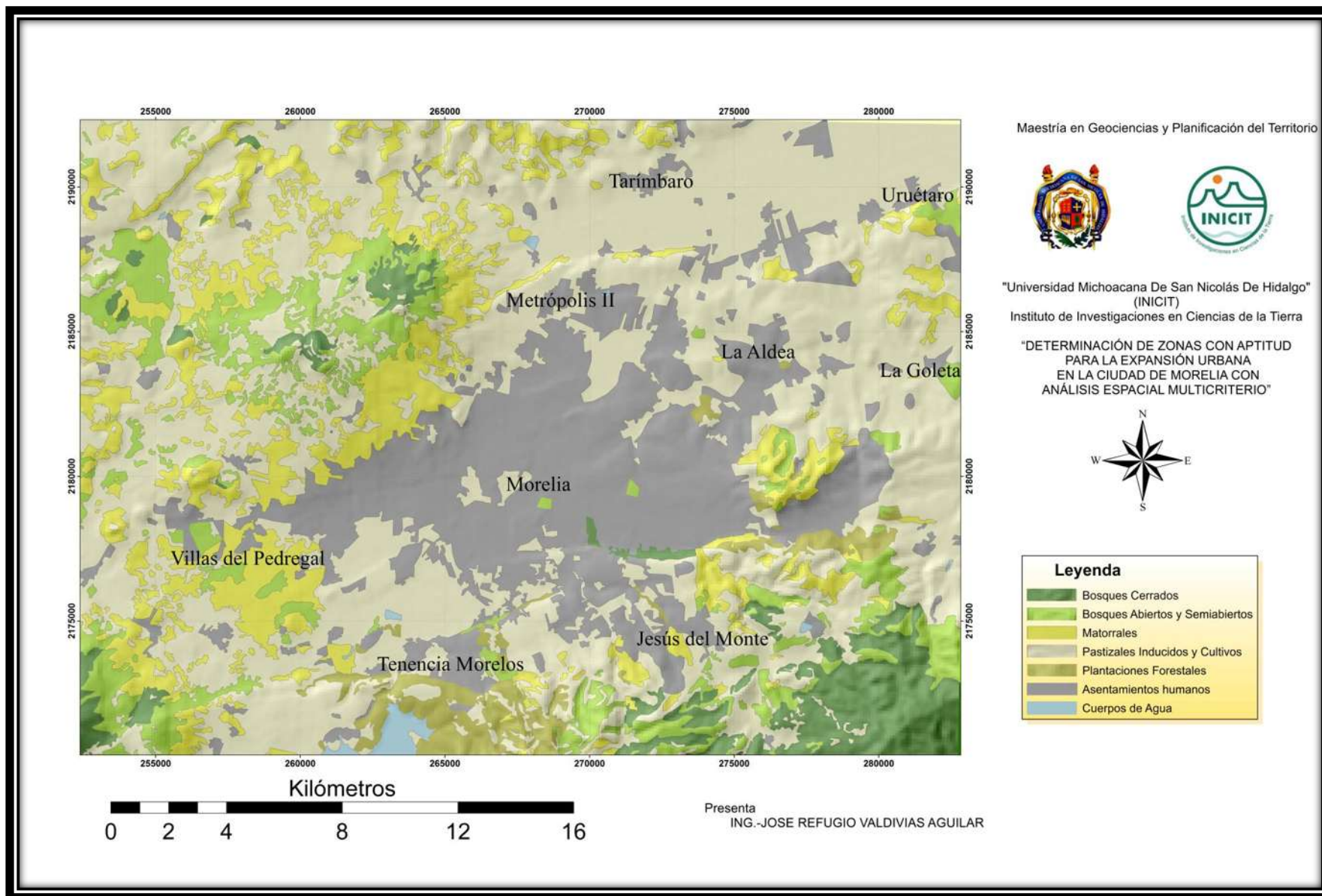


Figura 5: Mapa de cobertura vegetal y uso de suelo. Elaboración a partir de Imágenes SPOT del año 2013

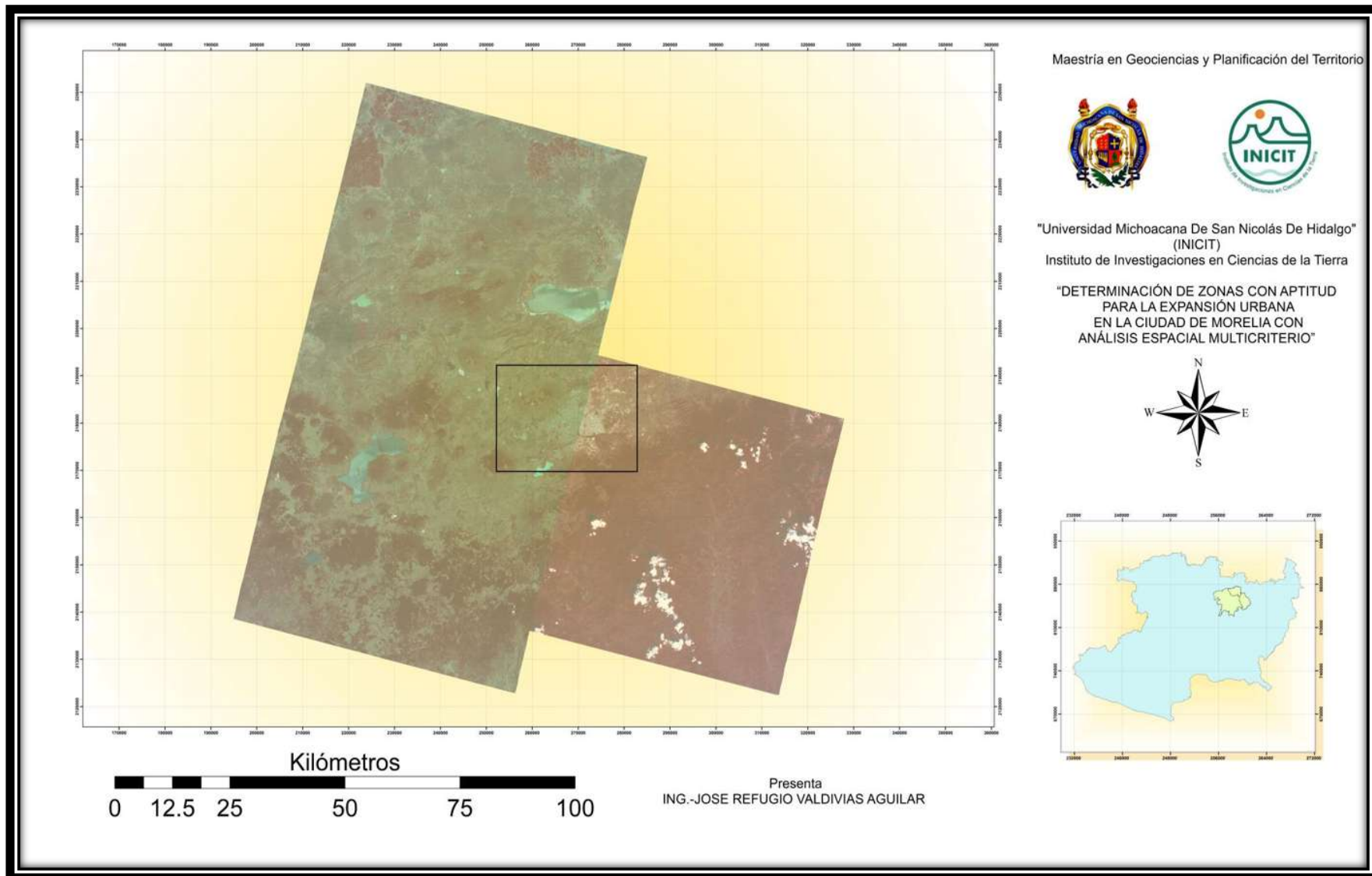


Figura 6: Imágenes SPOT 2013

3 ANTECEDENTES

Los antecedentes que se abordan en el presente trabajo se encuentran divididos en dos temáticas: A) Trabajos referentes al análisis multicriterio con relación al crecimiento de ciudades. B) Trabajos referentes al cambio de cobertura de la ciudad de Morelia y su periurbano, así como investigaciones realizadas sobre la predicción del crecimiento de la ciudad.

A-1) Simulación de crecimiento urbano mediante evaluación multicriterio y (Tecnologías de la información geográfica) TIG en el gran San Miguel de Tucumán (Argentina) 2010.

En este trabajo se generó un modelo de ocupación urbana deseable para San Miguel de Tucumán, el mayor centro urbano del noroeste argentino. Se utilizaron los mapas urbanos de 2001 y 2009, los criterios que se emplearon fueron distancia a caminos, en ningún momento ellos utilizaron criterios restrictivos. Se aplicó el método de jerarquías analíticas y sumatoria lineal ponderada con lo cual se generaron mapas de aptitud para uso de suelo urbano (Gutiérrez-Angonese *et al.*, 2010). El crecimiento real de la ciudad analizada se observó contiguo al núcleo central, siguiendo las principales vías de transporte, esto semejante a los patrones económicos, evidenciando la influencia del trazado vial en la localización de zonas residenciales y la carencia de criterios de preservación del medio natural en el establecimiento de zonas urbanas (Gutiérrez-Angonese *et al.*, 2010).

A-2) Análisis espacial multicriterio aplicando a la generación de escenarios de crecimiento urbano de la ciudad de Cochabamba 2013.

En el trabajo se realizó un análisis multitemporal y cuantificación de expansión urbana mediante varios modelos de predicción (regresión logística, cadenas de Markov, autómatas celulares y análisis espacial multicriterio), con la utilización de datos de ocurrencia histórica (datos reales), con el objetivo de generar escenarios futuros que ayuden a prevenir y mitigar dinámicas insostenibles de crecimiento urbano horizontal (Argote-Adrián, 2013). Las conclusiones indican que el crecimiento que la ciudad ha tenido desde 1950 hasta 2005 es de un 673%, lo que muestra la cantidad de hectáreas agrícolas remanentes (23,396 ha), la cantidad de hectáreas aptas para la agricultura intensiva (4,879 ha), así como la cantidad de hectáreas para la agricultura semi-intensiva (2,36 ha) (Argote-Adrián, 2013).

En el texto se recomienda la necesidad de incentivar políticas para impulsar de una manera adecuada el crecimiento urbano vertical para el aprovechamiento de suelo urbano existente y, modificar el crecimiento urbano horizontal que sirve como una posible opción; si las áreas aptas para la expansión urbana se ven limitadas, sería importante analizar la posibilidad que tiene el crecimiento urbano vertical o la densificación de las zonas ya urbanizadas. Adicionalmente se describe un análisis espacial multicriterio y crecimiento urbano realizado en Cochabamba, Bolivia, con el objetivo de evaluar la expansión urbana en el área

metropolitana con especial interés en los municipios de Tiquipaya, Quillacollo y Vinto; así como la influencia del suministro de agua para el riego.

B-1) Cambio de uso de suelo y crecimiento urbano en la ciudad de Morelia 1999

El trabajo analizado ayudo a comprender el crecimiento que se dio en la ciudad en el periodo 1960 - 1997, lo cual permite conocer la evolución y rapidez con la que se da el crecimiento urbano en la ciudad de Morelia. El análisis realizado en el cambio de cobertura da la pauta para identificar las posibles coberturas que podrían tener mayor aptitud y serían absorbidas por la expansión urbana.

En este trabajo revisado se realizó el estudio de cambio de uso de suelo con ayuda de las matrices de Markov y regresiones lineales realizadas entre el tamaño de la población con respecto a la superficie urbana en la ciudad de Morelia y zonas aledañas, con el fin de conocer el proceso de crecimiento de los asentamientos urbanos. Los resultados obtenidos indicaron que los mayores cambios fueron en la superficie ocupada de la ciudad de Morelia al tener una superficie inicial de 1,004 ha en 1960 y de 5,972 ha en 1997, obteniendo un porcentaje de cambio del 600% (López Granados, 1999).

La mancha urbana de la ciudad creció especialmente en las unidades de relieve de planicie aluvial (44.5%), laderas suaves redondeadas (29.5%) y en elevaciones irregulares (9%). La ciudad a partir de los años 70's comienza a crecer en zonas con pendiente. Resultado de lo anterior se aceptó que en el periodo analizado la mancha urbana creció de acuerdo al tamaño de la población (López-Granados, 1999).

B-2) Modelo dinámico de cambio de cobertura y uso de suelo en una zona de transición urbano-rural, entre la ciudad de Morelia y el ejido Jesús del Monte 2009

El trabajo revisado analizo una pequeña zona de transición rural – urbana, entre la ciudad de Morelia y el ejido Jesús del Monte. Con base en capas de clasificación que incluye información de especies vegetales, cobertura y uso de suelo, se elaboró y caracterizó un modelo de procesos de cambio de cobertura y uso de suelo fundamentado en matrices de Markov, para los periodos 1969-1995 y 1995-2004 (Quiroz-Orduño, 2009).

Se realizaron entrevistas a personas de diferentes estrato socioeconómico con objeto de conocer los posibles factores sociales, económicos, políticos y culturales que propician la dinámica de cambio (Quiroz-Orduño, 2009). El trabajo menciona que existe la transición rural-urbana lo cual demuestra que el crecimiento de la ciudad de Morelia absorbe las comunidades rurales circundantes. El analiza el crecimiento urbano acelerado que se da en la ciudad de Morelia marca la necesidad de encontrar áreas aptas para expansión urbana.

B-3) Análisis del crecimiento de la ciudad de Morelia y su influencia en los municipios adyacentes 2012.

En el trabajo se analizan las zonas periurbanas, las cuales se ubican tanto dentro del municipio de Morelia como en parte de las localidades adyacentes de Tarímbaro y Charo, lo cual nos sirve como antecedente para saber que los dos municipios anteriores son los que tiene mayor influencia derivado del crecimiento de la ciudad de Morelia lo que hace inevitable no tomarlos en cuenta dentro del trabajo a realizar.

Este análisis que se realizó en el trabajo fue para reconocer las afectaciones tanto de la ciudad de Morelia y su periurbano más allá de sus límites municipales, así como las afectaciones a las localidades de los municipios adyacentes, poniendo especial atención en la Geología, Geomorfología y Edafología del terreno (Dijar-Barriga, 2012).

B-4) Modelo prospectivo de crecimiento periurbano para una ciudad media, el caso de Morelia Mich 2014

EL trabajo realizado sirvió para comprender el crecimiento de la ciudad de Morelia llegando a la conclusión que es complejo el discernir el lugar hacia donde crecerá la ciudad aunque existen diferentes factores que hacen que el posible crecimiento sea menor hacia ciertas zonas. Morelia sigue un crecimiento descentralizado de una ciudad fragmentada, ya que los nodos de atracción son las zonas periféricas y periurbanas para la construcción de viviendas y fraccionamientos cerrados. En el trabajo revisado se generó un modelo en el cual se analizó y comprendió el crecimiento de Morelia en su periurbano y su Zona Metropolitana en el periodo 1995-2010 para simular patrones observados al Programa de Desarrollo Urbano (PDU) de 1998.

El modelo se basó en el desarrollo y análisis de escenarios paralelos con la finalidad de observar trayectorias de crecimiento urbano; un escenario fue el tendencial que sirvió como base para el análisis de los demás modelos. Al analizar el escenario propuesto por el PDU de 1998 resultó ser el escenario menos acertado, y la alternativa del crecimiento del modelo descentralizado hacia afuera del polígono central, se apegó más a los patrones de las ciudades fragmentadas vigentes en los países de América Latina hoy en día (Lasso de la Vega, 2014).

Con respecto al Plan Director de Desarrollo Urbano de Morelia (PDDU) de 1991, tanto la mancha urbana que consideraron no coincidía con la realidad, así como la población empleada no concordaba con los datos del INEGI, por lo que este plan no puede ser tomado como una verdadera referencia para el crecimiento urbano de la ciudad (López-Granados, 1999).

Conclusión de los trabajos analizados.

En base a los trabajos analizados se sabe que el crecimiento de las ciudades se genera contiguo a los núcleos urbanos, siguiendo las principales vías de comunicación (Gutiérrez-Angonese *et al.*, 2010). Las ciudades crecen de manera importante principalmente sobre áreas agrícolas (Argote-Adrián, 2013).

El análisis realizado por López-Granados en 1999 permitió representar el comportamiento y evolución del crecimiento de la ciudad de Morelia con los patrones de cambio para diferentes años. La revisión del trabajo de Quiroz-Orduño (2014) permitió observar que la mancha urbana principal de la ciudad de Morelia está absorbiendo comunidades rurales circundantes. Lasso de la Vega en 2014 analizó y desarrolló varios escenarios para observar la trayectoria del crecimiento urbano en la ciudad de Morelia comparando sus escenarios respecto a los planes de desarrollo urbano, llegó a la conclusión que el desarrollo de la ciudad no tuvo relación con el propuesto en los planes de desarrollo urbano, si no que el crecimiento de la ciudad se apegó a los patrones de las ciudades fragmentadas vigentes en los países de América Latina.

4 MARCO HISTÓRICO

Los primeros pobladores de Guayangareo (Loma Chata y Alargada) fueron los Matlalzincas, presentes durante el siglo XIV o XV; viviendo en esta zona con el permiso de un Canzonci purépecha como premio por el apoyo otorgado en la defensa del imperio purépecha durante la invasión de los Tecos de Jalisco (López-Granados, 1999).

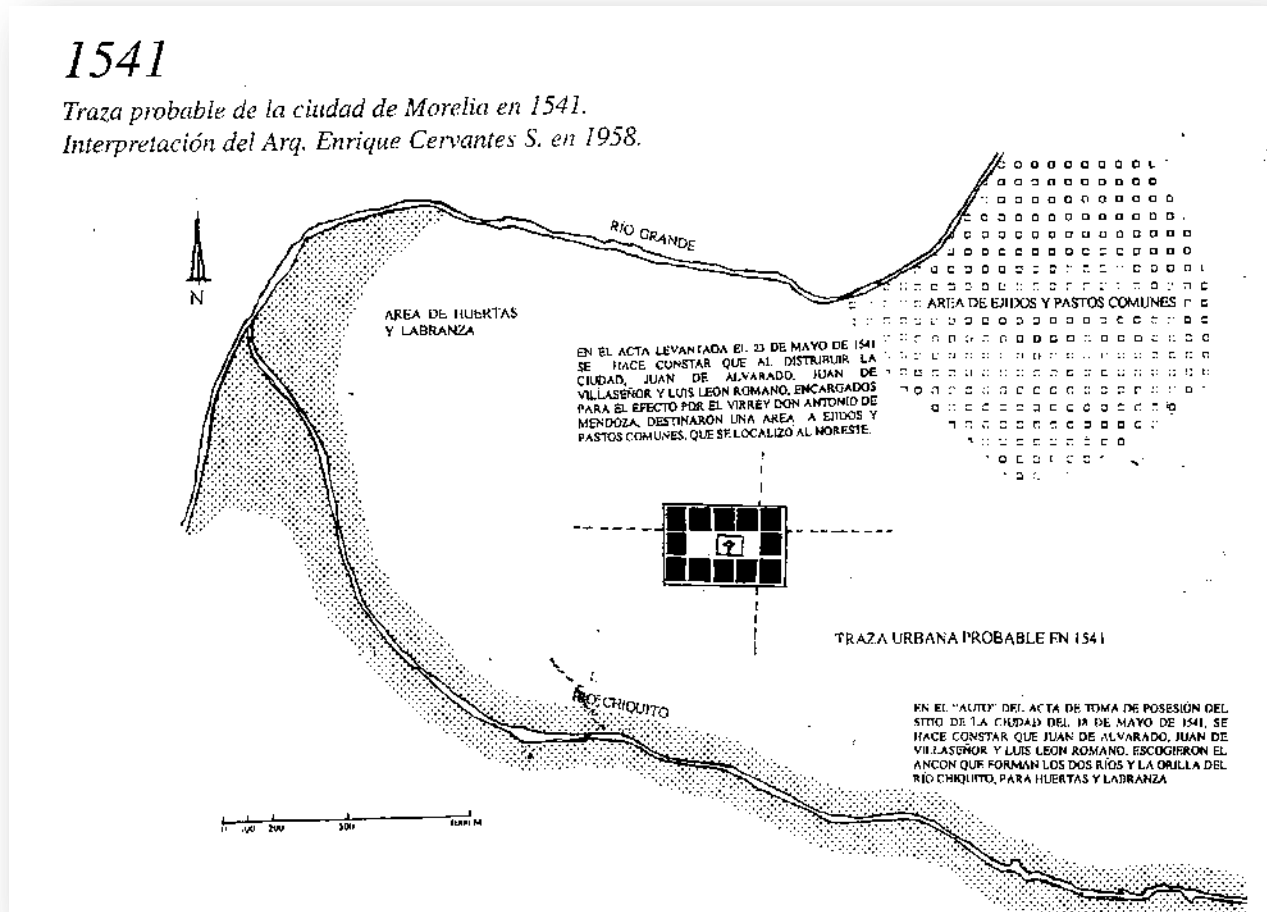


Figura 7: Traza probable de la ciudad de Morelia 1541(Cervantes-Sánchez y Dávila-Munguía, 2001).

La fundación de la ciudad de Morelia fue el 18 de mayo de 1541 por el Virrey don Antonio de Mendoza en el valle de Guayangareo, la posible traza se muestra en la figura 7. Inicialmente fue un villorrio rodeado de pueblos indígenas, en donde se formaron los barrios de San Francisco y Capuchinas que más tarde se convertirían en los conventos de San Francisco y San Agustín. Las construcciones iniciales fueron hechas en la parte alta del Valle con lo que se evitaban las inundaciones. En 1540 se construyeron los colegios de San Nicolás y de San Miguel, en 1660 se inició la construcción de la iglesia la Compañía que es ahora la actual catedral, y que se terminó de edificar en el año 1744 (Commons, 1973; Garduño-Monroy *et al.*, 2002).

En el siglo XVIII se llevó a cabo la construcción del acueducto de Morelia, que se debe al señor obispo Fray Antonio de San Miguel y se inició en 1785 y finalizó en 1789 el acueducto cuenta con 253 arcos de estructura romana. El acueducto alimentado de algunos manantiales cercanos como Carindapaz, el Moral, San Miguel del Monte entre otros este acueducto sirvió para el abastecimiento de agua de la ciudad (Commons, 1973).



Figura 8: Plano de la ciudad de Valladolid de 1794(Cervantes-Sánchez y Dávila-Munguía, 2001).

Felipe Díaz Ortega levantó el primer plano de la ciudad de Valladolid en 1794 (figura 8), la cual fue dividida en cuatro carteles mayores y estos a su vez en tres menores, esta división sirvió para crear alcaldes de barrio y de base para la organización del crecimiento espacial de la ciudad, tal crecimiento estuvo limitado al norte por la presencia del Rio Grande y al sur por la del Rio Chiquito. Los ejes que daban origen a los cuatro carteles mayores de la ciudad corresponden actualmente a: de norte a sur a la Avenida Morelos Norte y Avenida Morelos Sur; y de este a oeste, la Avenida Francisco I. Madero Oriente y Avenida Francisco I. Madero Poniente. (Commons, 1973)

Después de la Independencia de México se decidió cambiar el nombre de la ciudad. Es así que el 23 de agosto de 1828 se presenta al Segundo Congreso del Estado de Michoacán una propuesta para cambiar de nombre de la ciudad de Valladolid por otro alusivo a la memoria del benemérito hijo de la patria Don José María Morelos y Pavón, quien naciera en esta ciudad el 30 de septiembre de 1765, así el 12 de septiembre de 1828 el nombre de la ciudad de Valladolid se cambió por el de Morelia (Cervantes-Sánchez y Dávila-Munguía, 2001).

En 1852 se inició la expansión territorial de la ciudad, la cual para ese entonces contaba con 30 calles, de las cuales 18 eran laterales y 12 longitudinales. En el periodo de 1856 a 1860 se conservó casi sin variación ortogonal y en 1873 la traza siguió siendo en su mayoría ortogonal figura 9. Para 1883 las calles sumaban 99, de las cuales 55 eran laterales y 44 longitudinales, que en conjunto daban cuerpo a 200 manzanas cortadas en su mayoría en ángulos rectos (Commons, 1973; Vargas-Uribe, 2009).



Figura 9: Plano de la ciudad de Morelia de 1873(Cervantes-Sánchez y Dávila-Munguía, 2001).

A finales del siglo XIX, entre 1882 y 1900, la ciudad mantuvo un crecimiento poblacional con tasa anual de un 2.5%. Entre 1900 y 1910, la tasa disminuyó a 0.7% (Cervantes-Sánchez y Dávila-Munguía, 2001). En el periodo comprendido de 1940 a 1970 se dio una urbanización acelerada, la construcción de la carretera México-Guadalajara influyó de manera determinante en el crecimiento de la ciudad. En 1946 los cuarteles cambian su denominación por sectores, siendo cuatro: Independencia, República, Revolución y Nueva España (Cervantes-Sánchez y Dávila-Munguía, 2001).

De 1950 a 1970 el área urbana aumentó de 725 ha en 1950 a 1,002 ha en 1960 y, a 1,377 ha en 1970; en 1958 la densidad de construcción se estableció en la zona Noroeste (figura 10). El número de colonias que surgieron de 1955 y sus siguientes 10 años fueron las más importantes, se inició la urbanización de los pueblos de Santa María de Guido y de Santiaguito, así como otros ranchos y ejidos, en ese momento inicia la urbanización desordenada en términos de afectación a la anterior traza urbana; ahora crece solo como una mancha a la cual se integran colonias (Commons, 1973; Vargas-Uribe, 2009).



Figura 10: Densidad de construcción en Morelia 1958(Cervantes-Sánchez y Dávila-Munguía, 2001).

De 1970 a 1977 el área urbanizada se incrementa en 346 ha, pasando de 1,377 ha a 1,723 ha. Para 1980 las zonas urbanas llegaban casi a las 1,900 ha (Vargas-Urbe, 2009).

Entre 1980 y 1990 disminuyó la tasa de crecimiento de población de Morelia a 3.7%, sin embargo la población aumento de 297,544 a 428,486 habitantes. En 1983 el congreso del estado de Michoacán aprobó el primer plan director de desarrollo urbano de Morelia, pero para 1987 el H. Ayuntamiento de Morelia autorizó la modificación del plan de 1983. En 1991 se procedió nuevamente a su actualización, para después quedar el municipio a cargo del ordenamiento de su territorio y ser la autoridad de los programas de desarrollo urbano (Cervantes-Sánchez y Dávila-Munguía, 2001).

En el año de 1995 la ciudad tenía 615,846 habitantes y para el año 2000 aumentó a 757,416. La tendencia de crecimiento predominante se muestra hacia el oeste y noroeste, así como al norte hacia el municipio de Tarímbaro (Cervantes-Sánchez y Dávila-Munguía, 2001).

En lo que respecta a la mancha urbana de los años 1960, 1975 , 1990 y 1997 (figura 11), los cambios fueron en la superficie ocupada de la ciudad de Morelia al tener una superficie inicial de 1,004 ha en 1960 y de 5,972 ha en 1997, obteniendo un porcentaje de cambio del 600% (López-Granados, 1999).

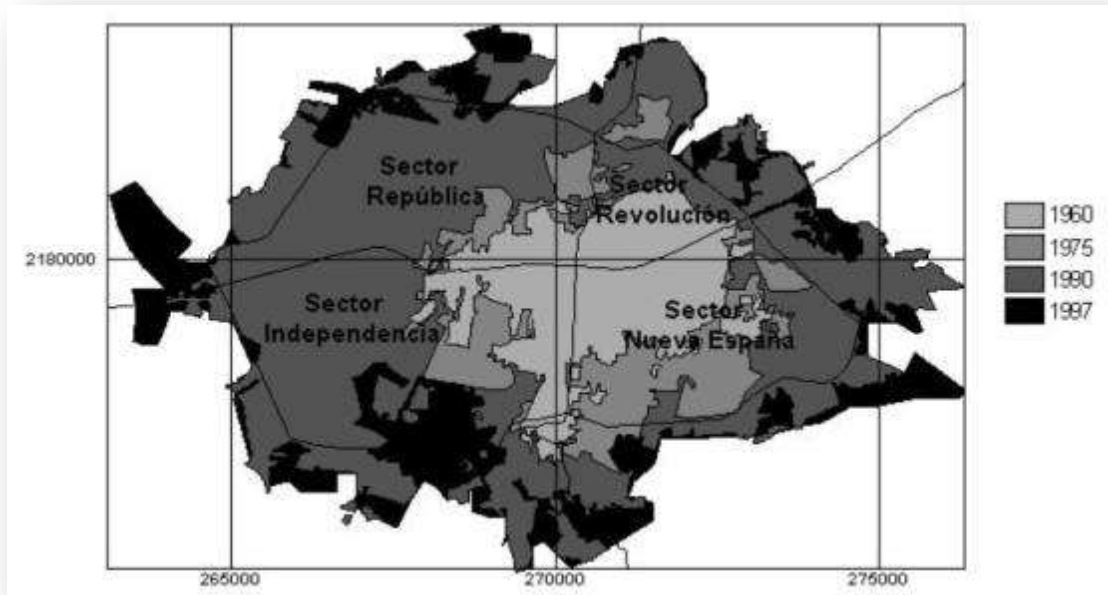


Figura 11: Crecimiento de la mancha urbana de Morelia (1960, 1975, 1990 y 1997) (López-Granados, 1999).

5 MARCO CONCEPTUAL

Hace 10,000 años aproximadamente, en las localidades de Catal Huyuk (Turquía), Jericó (Palestina) y Uruk (Mesopotamia), se comenzaron a generar grupos de personas sedentarias debido a la agricultura que estos grupos practicaron, por lo que iniciaron a construir viviendas con el objeto de agruparse para vivir en comunidad y beneficiarse mutuamente. Estos son conocidos como los asentamientos más antiguos (Sánchez, 2012).

La ciudad surge hace unos 4 o 5 mil años en los valles de los ríos Tigris, Éufrates y Nilo. Inicialmente se crearon aldeas que al paso de un tiempo se convirtieron en pueblos, al crecer esa población, así como al alcanzar un nivel de desarrollo, diversificación social y economía más avanzada, se les denominó ciudades (Vera, 2009).

Cuadro 4: Definiciones de Ciudad, Metrópoli y Megaciudad. (<https://sites.google.com/site/espaciosurbanos340/metropolis-megaciudades-y-megalopolis>)

Ciudad	Metrópoli	Megaciudad = Megapolis
La "ciudad" es un área del territorio con una aglomeración de personas socialmente diferentes que cuentan con un elevado grado de organización social. En ella se produce una espontánea heterogeneidad en la división de trabajo y un modo de vida opuesto al que se da en las comunidades rurales pequeñas.	Una "metrópoli" suele ser una de las más grandes ciudades de un país o región, en ella se concentran las actividades económicas y políticas. A medida que una gran ciudad va creciendo en población también lo hace en tamaño y espacialmente, de esta manera las ciudad llega a un punto en el cual se une a otras ciudades contiguas, a través de un proceso llamado coalescencia, tal proceso de expansión territorial más allá de sus límites político-administrativos da lugar a la conformación de un gran y único aglomerado urbano llamado área metropolitana.	Una "megaciudad" es una aglomeración urbana, metrópoli, que posee más de 10 millones de habitantes generada por la unión de 2 o más Metrópolis. Una megaciudad puede no solo ser definidas por su tamaño si no que están caracterizadas por conformar importantes centros económicos, donde se concentran funciones de dirección, producción y gestión a nivel nacional y regional, algunas con importancia a nivel global.

La urbanización actual inicio en el siglo XIX en la 1a y 2a Revolución Industrial, siendo Londres, Paris y Nueva York los lugares de mayor crecimiento. Estas ciudades crecieron por el éxodo rural que ocurrió hacia ellas, atraído por las ventajas económicas en lo laboral, miles de campesinos acudieron a estas ciudades en busca de empleo. El crecimiento natural así como una elevada natalidad y baja mortalidad, los principales motores del crecimiento urbano. La urbanización es un proceso que concentra a la población y las actividades en las ciudades, lo que conlleva cambios no sólo demográficos, sino también económicos y culturales (Bernardi, 2009). El proceso por el cual una sociedad cambia su forma de vida de rural a urbana es la urbanización y consiste en la acción de convertir una porción de terreno en área urbana, preparándolo al trazar calles, construyendo viviendas, plazas y dotando con lugares de alumbrado, alcantarillado y demás servicios municipales (CICEANA, 2007).

El proceso de crecimiento relativo de la población urbana hace referencia a la urbanización, ésta se acompaña de un aumento en la importancia económica, política y cultural de las

ciudades frente a las zonas rurales. Urbanización es una palabra derivada del término urbe, que significa ciudad. Por lo tanto, desde un punto de vista general la urbanización es el proceso de crecimiento de las ciudades. La urbanización se refiere a la acción de urbanizar, hace referencia a la construcción de viviendas que se lleva a cabo en un terreno que ha sido previamente delimitado con el fin de proveer los servicios necesarios, luz, agua, drenaje, entre otros, para poder ser habitado (Definiciones, 2015). La urbanización comprende diferentes aspectos de la totalidad de las actividades del ser humano, desde factores de carácter geográfico, político, y económico, hasta factores culturales y sociales, necesarios para que el ser humano pueda vivir y desenvolverse de la mejor manera posible (CICEANA, 2007).

El aumento de la importancia económica, política y cultural de las ciudades frente a las zonas rurales hace referencia a la urbanización. La urbanización hace referencia al fenómeno de la concentración creciente de la población en las ciudades así como también a la extensión espacial de los centros urbanos. Esta extensión espacial de las ciudades y los centros urbanos principalmente se realiza ocupando las áreas rurales en su entorno (Argote-Adrián, 2013). La urbanización debe llevarse a cabo mediante un conjunto de instrumentos técnicos y normas que establezcan un crecimiento sostenible de las ciudades, por lo que se requiere la planificación urbana y el ordenamiento del territorio.

La planificación es un plan general metódicamente organizado y frecuentemente de gran amplitud para obtener un objetivo determinado, tal como el desarrollo armónico de una ciudad, el desarrollo económico, la investigación científica, el funcionamiento de una industria, etc. (Mateos, 2006). La planificación es la acción de llevar a cabo un objetivo determinado, mediante un plan previo considerando todos los posibles factores para la ejecución del plan (Real Academia Española, 2012). La planificación territorial sirve para paliar en lo posible los conflictos del uso del territorio, y poder lograr un desarrollo socioeconómico equilibrado, protegiendo el medio y preservando sus recursos para con ello mejorar la calidad de vida de las personas que radican o radicarán en un cierto espacio territorial, estos son objetivos que solo se pueden lograr mediante la planificación territorial (Mateos, 2006).

El proceso técnico que permite prever y decidir hoy las acciones que nos pueden llevar desde el presente hasta un futuro deseable es la urbanización, no en términos del futuro sino de tomar las decisiones anticipadas, racionales y pertinentes para que ese futuro ocurra. La planificación territorial busca una ocupación sustentable del territorio y un mayor equilibrio del desarrollo regional (Daga-López, 2009).

En México la planificación territorial se ha visto truncada por varios factores, el gobierno no tiene el interés suficiente en llevarla a cabo, y aunque algunos planes han sido creados, no son suficientes para lo que se requiere, otro de los factores es la falta de información con la calidad, las escalas espacial y temporal adecuadas para realizar trabajos de planificación (Mansilla y Rubio, 2010). Desde un punto de vista geográfico, la planificación supone el establecimiento de los usos más apropiados para cada porción del territorio (Gutiérrez-Angonese *et al.*, 2010).

5.1 El Ordenamiento Territorial

El Ordenamiento Territorial u Ordenación Territorial (OT) constituye una herramienta para la planeación y gestión del territorio, como medio para alcanzar la sostenibilidad ambiental, social y económica, para conseguir un entorno en armonía con el ambiente. Un territorio frágil en su ambiente, intensamente humanizado, y de organización diversa, junto con una administración compleja, justifican la necesidad de reforzar la ordenación del territorio (Sánchez-Salazar *et al.*, 2014). El ordenamiento territorial tiene por objetivo la adecuación de las actividades sociales y económicas en los espacios geográficos más adecuados, buscando el equilibrio entre la mejor calidad de vida de la población y la optimización del uso sostenible de los recursos naturales (Argote-Adrián, 2013).

Características del Ordenamiento Territorial (Sánchez-Salazar *et al.*, 2014):

- Ser una política emanada del Estado que sea sustentada en un marco legal e institucional con instrumentos concretos.
- Constituir un proceso de planeación territorial con un enfoque integral; entendiendo al territorio como un sistema complejo en el cual interactúan entre si y a diferentes escalas, componentes naturales, socio-culturales, económicos, urbano-regionales y políticos, cambiantes en el tiempo.
- Articular fases y etapas científicas, políticas y administrativas a lo largo del proceso.
- Manejar una visión prospectiva que permita prever la evolución de los procesos y ser proactivo, logrando dar respuesta a conflictos territoriales antes de que ocurran.
- Ser un proceso concentrado y participativo que busque incluir a todos los agentes sociales involucrados en el uso, aprovechamiento, ocupación y gestión del territorio, en todas las fases del proceso de ordenamiento.

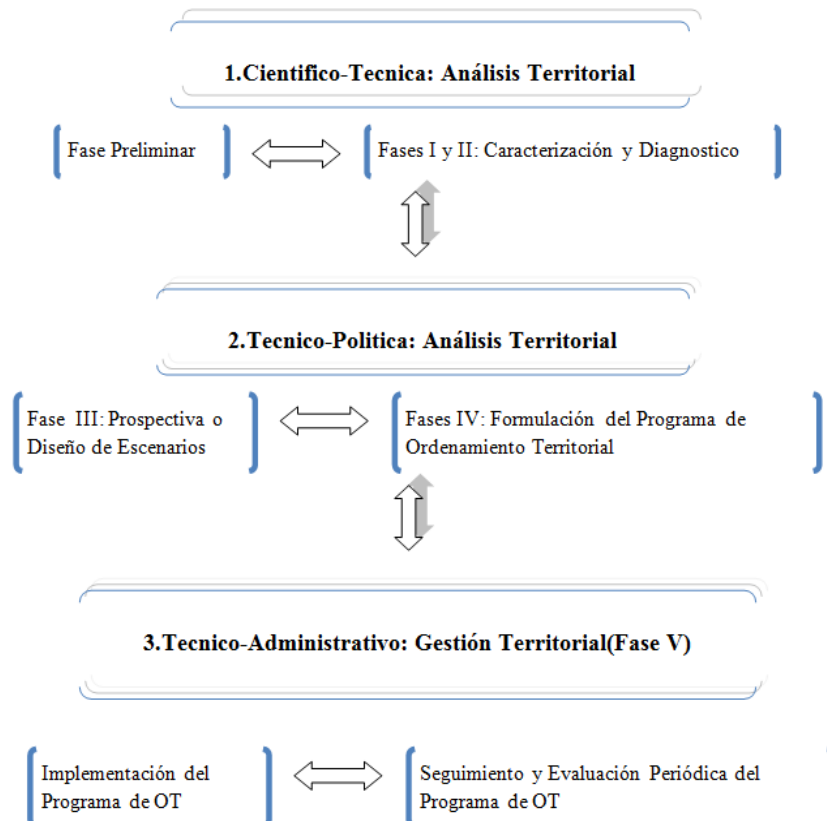


Figura 12: Fases del proceso de Ordenamiento Territorial (Sánchez-Salazar *et al.*, 2014).

En México a partir del decenio de 1990 se crearon dos instrumentos de largo alcance para hacer planeación territorial integral con un enfoque de sostenibilidad. El Ordenamiento Ecológico Territorial (OET) y El Ordenamiento Territorial (OT).

- El Ordenamiento Ecológico Territorial (OET) es el instrumento de políticas ambientales para la regulación del uso del suelo y las actividades productivas, con el fin de obtener un aprovechamiento sostenible de los recursos naturales.
- El Ordenamiento Territorial (OT) es considerado un instrumento de política territorial integral y, una estrategia de desarrollo socioeconómico que mediante el acoplamiento de políticas sectoriales busca promover patrones sustentables de ocupación y aprovechamiento del territorio.

Los OT son coordinados por la Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano (SEDATU), la cual tiene por objetivos: la ordenación territorial de los asentamientos humanos, la generación de políticas urbanas y del suelo, el mejoramiento de políticas sociales para el desarrollo económico, combatir la pobreza urbana y rural, generar un desarrollo humano sustentable, así como la gestión de riesgos. Los instrumentos utilizados para alcanzar los objetivos anteriores son los Planes de Desarrollo Urbano (PDU) nacionales y estatales, Planes Municipales de Desarrollo Urbano (PMDU), Planes de Desarrollo de Zonas Conurbadas (PDZC), Planes de Desarrollo Urbano de Centros de Población (PDUCP), Programas Municipales de Ordenamiento Territorial (PMOT), Programas Estatales de Ordenamiento Territorial (PEOT) y, Atlas de riesgo, todos ellos enfocados a una teoría integral con una práctica sectorial de asentamientos humanos urbanos.

Los OET son coordinados por la Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano (SEDATU), la cual tiene por objetivos lograr políticas ambientales así como el uso y aprovechamiento sustentable de los recursos naturales. Los instrumentos utilizados para alcanzar los objetivos anteriores son los Planes de Ordenamiento Ecológico Territorial (POET), generales, regionales, estatales, marinos, municipales y locales. Todo esto enfocado a una teoría integral con una práctica sectorial ecológica ambiental.

Cuadro 5: Situación actual del OT en México: cobertura geográfica de las modalidades de ordenamiento (Sánchez-Salazar *et al.*, 2014)

Modalidades de ordenamientos	Cobertura geográfica de las modalidades de ordenamientos	
	OET (2012)	OT (2011)
General (Nacional)	1	1*
Estatales		
Decretados	12	
Concluidos		27
Elaboración parcial		5
Total	12	32
Municipales		
Decretados	35	

Concluidos		32
No concluidos		2
Propuestas aprobadas		1
Propuestas no aprobadas		2
Cancelados		1
Total	35	38
Regionales (sin estatales)		
Decretados	27	
Total	27	
Marinos		
Decretados	1	
Total	1	
Locales (sin municipales)		
Decretados	10	
Total	10	

* Definición de zonas de atención especial para la Ordenación del Territorio (documento no decretado).

5.2 Sistemas de Información Geográfica (SIG)

El Sistema de Información Geográfica (SIG), es un sistema computarizado que facilita la fase de entrada, análisis y presentación de datos, especialmente cuando se trabaja con datos georeferenciados. El SIG está integrado por cuatro elementos fundamentales. Los programas de cómputo y el equipo de cómputo (parte física del sistema), el usuario y finalmente, los datos que al ser analizados generan información; estos cuatro elementos permiten realizar operaciones para analizar la complejidad de algunos problemas, así como el tratamiento adecuado de los datos espaciales y sus componentes (Gómez-Delgado y Barredo-Cano, 2006).

Se puede decir que los SIG son herramientas informáticas diseñadas para el manejo, gestión, análisis, representación y modelación de los fenómenos territorial. Los SIG pueden entenderse como una caja de experimentación que permite a un analista o gestor territorial, trabajar o plantear diferentes escenarios virtuales en una determinada zona; esto hace del SIG una potente herramienta de planificación, siempre y cuando se disponga de datos suficientes para la generación de información (Gómez-Delgado y Barredo-Cano, 2006; Argote-Adrián, 2013).

Los SIG trabajan como una base de datos con información geográfica de datos alfanuméricos que están asociados por un identificador común a los objetos geográficos de un mapa digital, de este modo se puede seleccionar alguno como un dato vectorial (puntos, líneas, polígonos) o en formato raster, y de esta manera conocer sus atributos, ubicarlo y representarlo en un mapa (Argote-Adrián, 2013).

5.3 Imágenes satelitales

Una imagen satelital es una fotografía tomada por algún satélite artificial, la cual muestra la geografía de una parte del territorio específica, ya sea una ciudad, un país, un cuerpo celeste o también, algún aspecto determinado de ondas electromagnéticas. (Argote-Adrián, 2013). Una imagen satelital se puede definir como la representación visual de información captada por un sensor montado en un satélite artificial que se encuentra orbitando la tierra (INEGI, 2010). Estas imágenes abarcan toda la información que puede ser captada por el sensor y, su interpretación está relacionada con la respuesta espectral y aquellas entidades presentes en la superficie de la Tierra. En ocasiones es complicada su interpretación, debido a que el tamaño de las celdas de las imágenes (píxeles) puede variar en el rango de un metro a un kilómetro dependiendo de las características del sensor. Las imágenes satelitales son heterogéneas y en ellas se puede encontrar una mezcla de fenómenos de distintas clases (Daga-López, 2009; Argote-Adrián, 2013).

5.4 Evaluación Espacial Multicriterio

La Evaluación Espacial Multicriterio (EMC) es un proceso que combina y transforma los datos geográficos en una decisión. Consiste en procedimiento que involucra la utilización de datos geográficos, la toma de decisiones, la manipulación de los datos y preferencias según las reglas de decisión especificadas. Utiliza un gran número de factores para la identificación y consideración de las relaciones mutuas entre factores. Esta evaluación requiere de datos con una localización geográfica de alternativas y/o datos geográficos en valores de criterios.

La Evaluación Multicriterio (EMC) puede definirse como un conjunto de técnicas orientadas a asistir en los procesos de toma de decisiones. El fin básico de las técnicas de la Evaluación Multicriterio es “Investigar un número de alternativas bajo la luz de múltiples puntos de vista, criterios y objetivos en conflicto”; por medio de estas técnicas se pueden generar “soluciones, compromisos y jerarquizaciones de las alternativas de acuerdo a su grado de atracción” (Gómez-Delgado y Barredo-Cano, 2006; Daga-López, 2009). “Los métodos de evaluación y decisión multicriterio comprenden la selección entre un conjunto de alternativas factibles, la optimización con varias funciones objetivo simultáneas y un agente decisor y, procedimientos de evaluación racionales y consistentes” (Avila-Mogollón, 2000).

La toma de decisiones multicriterio se puede entender como un “mundo de conceptos, aproximaciones, modelos y métodos para auxiliar a los tomadores de decisiones al describir, evaluar, ordenar y jerarquizar para seleccionar o rechazar objetos, en base a una evaluación, expresada por puntuación, valores o intensidades de preferencia, de acuerdo a uno o varios criterios. Estos criterios pueden representar diferentes aspectos de la realidad” (Daga-López, 2009). Uno de los aspectos fundamentales de la Evaluación Multicriterio son los criterios. Un criterio es una base tomada para la decisión, tal base puede ser medida, evaluada y se puede decir que es la evidencia sobre la que se basa una decisión (Gómez-Delgado y Barredo-Cano, 2006).

La EMC se sitúa en la teoría de la decisión la cual se puede enfocar en dos direcciones la positiva y la normativa.

Positiva (descriptiva).- Se centra en especificar las razones por las cuales las decisiones son tomadas de un modo determinado.

Normativa (prescriptivo).- Plantea el modo o el establecimiento de cómo debe ser, como se deben comportar los centros de toma de decisiones.

5.5 Proceso Analítico Jerarquizado (PAJ)

El Proceso Analítico Jerarquizado, fue desarrollado por el Dr. Saaty en los años 70. Está diseñado para reflejar la manera en que la gente piensa cuando se enfrenta a decisiones complejas y se basa en la descomposición, juicio comparativo y síntesis de las prioridades del problema de decisión (Gómez-Delgado y Barredo-Cano, 2006). El PAJ parte del supuesto que en la toma de decisiones, la experiencia y el conocimiento de la gente es tan valiosa como los datos que se usan. El proceso consiste en descomponer una situación compleja y no estructurada en sus componentes, ordenarlos en una jerarquía, realizar comparaciones binarias y atribuir valores numéricos a juicios subjetivos, agregando las soluciones parciales en una solución (Daga-López, 2009).

El método PAJ conduce a los tomadores de decisiones a analizar una decisión en partes, iniciando por definir el objetivo principal (jerarquía 1), los criterios (jerarquía 2), los subcriterios (jerarquía 3) y finalizando por las alternativas (jerarquía n). Una vez descompuesto o jerarquizado el problema, se utilizan técnicas de comparación pareada (par a par) dentro de cada jerarquía, con la finalidad de hacer juicios simples a través de la jerarquía, y de esta manera llegar a las prioridades globales de dichas alternativas.

5.6 Peligro

El peligro se define como la probabilidad de ocurrencia de un proceso de un nivel de intensidad o severidad determinado, dentro de un periodo de tiempo dado y dentro de un área específica, el cual tiene potencial de causar daño (González de Vallejo, 2002). La urbanización no tiene necesariamente que aumentar el potencial de afectación, si se organiza adecuadamente puede contribuir a reducirlo. Existen ciertas características biofísicas, socioeconómicas, que son claves en el proceso de urbanización y pueden contribuir directamente a configurar el potencial de afectación.

Cuando las ciudades se encuentran en lugares peligrosos, aumentan rápidamente el número de personas expuestas a los peligros. Está claro que la propia exposición física no explica el aumento del peligro ni conduce automáticamente a ellos, si el crecimiento urbano en lugares propensos a amenazas se acompaña con normas adecuadas de construcción y una buena planificación urbana, el peligro de desastre puede controlarse e incluso reducirse (Daga-López, 2009). Las amenazas o peligros pueden ser combinadas, secuenciales o mezcladas por su origen y efectos, cada amenaza es caracterizada por su ubicación, intensidad, frecuencia y probabilidad (Argote-Adrián, 2013).

5.7 Aptitud

La evaluación de la Aptitud es uno de los aspectos más importantes para la urbanización, consiste en la selección de áreas para algún uso en particular, la cual debe basarse en criterios técnicos normativos de carácter social, económico y ambiental, para asegurar una buena sostenibilidad y viabilidad. Las diversas características de una determinada área geográfica como lo son tipo de suelo, geomorfología, ríos, geología, pendientes, disponibilidad de agua, distancia a centros urbanos, entre otros, influyen en su aptitud para el uso específico de la tierra (Argote-Adrián, 2013; Daga-López, 2009).

La tasa de aptitud contiene un simple elemento de subjetividad: se debe tener precaución en su aplicación debido a que cuando se incluyen muchos aspectos de puntaje de ponderaciones, pueden tener resultados en los cuales no se pueda saber cuál fue la razón de algunos resultados, esto no es más que una herramienta para la selección racional de uno o varios sitios aptos (Daga-López, 2009; Hofstee y Brussel, 1999).

Un sistema de valores y ponderación se puede aplicar a los diversos aspectos de la aptitud, para establecer la aptitud total de un uso de suelo específico. Ciertas características pueden conducir a una condición no apta para un uso de suelo urbano, como lo pueden ser pendientes pronunciadas, lugares con peligros, zonas de reserva, áreas inundables, entre otras. (Hofstee y Brussel, 1999). Hay que tener en cuenta que un área geográfica puede ser valorada como muy apta para diferentes usos, los cuales compiten para su implementación, por lo que se deben tomar en cuenta factores biofísicos así como su viabilidad socioeconómica (Argote-Adrián, 2013).

6 MATERIALES Y MÉTODOS

6.1 Recopilación y revisión de información

Las primeras actividades que se realizaron en esta investigación fueron la búsqueda, recopilación, actualización y generación de la información espacial necesaria de la zona de estudio; así como la búsqueda y lectura de material bibliográfico relacionado con la planificación territorial, expansión urbana histórica, información demográfica de los últimos años del área de estudio derivada de censos.

Este trabajo se basa en el uso de información espacial disponible, tal información fue analizada con Sistemas de Información Geográfica a escala 1:50,000. La información espacialmente explícita utilizada se muestra en el cuadro 6.

Cuadro 6: Mapas que se emplearon para la realización del trabajo.

MAPA	FUENTE
Mapa de cobertura vegetal y uso del suelo (2013)	Generada a partir de Imágenes SPOT del año 2013.
Mapa de áreas naturales protegidas (2013)	CONANP (Consejo Nacional de Áreas Protegidas) SUMA (Secretaría de Urbanismo y Medio Ambiente)
Mapa geomorfológico	Atlas de la Cuenca del lago de Cuitzeo: Análisis de su geografía y entorno socioambiental por Isabel Israde, Leopoldo Galicia, Silke Cram (Istrade-Alcántara, 2008) Escala 1:50,000
Mapa edafológico	Mapa edafológico a escala 1:50,000. Obtenido a partir de modificación del conjunto de datos vectorial edafológico a escala 1:250,000 del INEGI, con base a mapas geológico, fisiográfico, y reconocimiento en campo.
Mapa geológico	Mapa Geológico, a escala 1:50,000 (Istrade-Alcántara, 2009)
Mapa de pendientes	Generado a partir del Modelo Digital de Elevación. (MDE) Lidar Resolución 5m, INEGI 2009
Mapa de fallas geológicas	Atlas de Peligros Geológicos de la Ciudad De Morelia, Mich. Mapa Fallas Mapa Fallas Geológicas (Hernández-Madrigal <i>et al.</i> , 2011). Escala 1:50,000 Mapa fallas geológicas fuera de la ciudad de Morelia obtenido con base en las fallas INEGI 1989 escala 1:250,000 mejorado con un mapa de sombras generado a partir del modelo Lidar Resolución 5 m.
Mapa Inundaciones	Tesis Doctoral "Inundaciones y Precariedad: Adaptación y Respuesta en la Zona Periurbana de la Ciudad de Morelia, Michoacán" Escala 1:50,000 (Hernández-Guerrero, 2011)
Mapa topográfico	Cartas Topográficas INEGI 2009 1:50,000 (Obtención de Carreteras)

Esta cartografía es utilizada para la elaboración de diferentes trabajos de gran importancia por lo que se considera altamente confiable.

El análisis espacial multicriterio requiere de información digital espacialmente explícita para ser procesada en dos apartados generales:

1. La obtención de las superficies aptas para crecimiento urbano.
2. La aplicación del análisis espacial multicriterio para clasificar las áreas aptas para el crecimiento urbano de la Ciudad de Morelia.

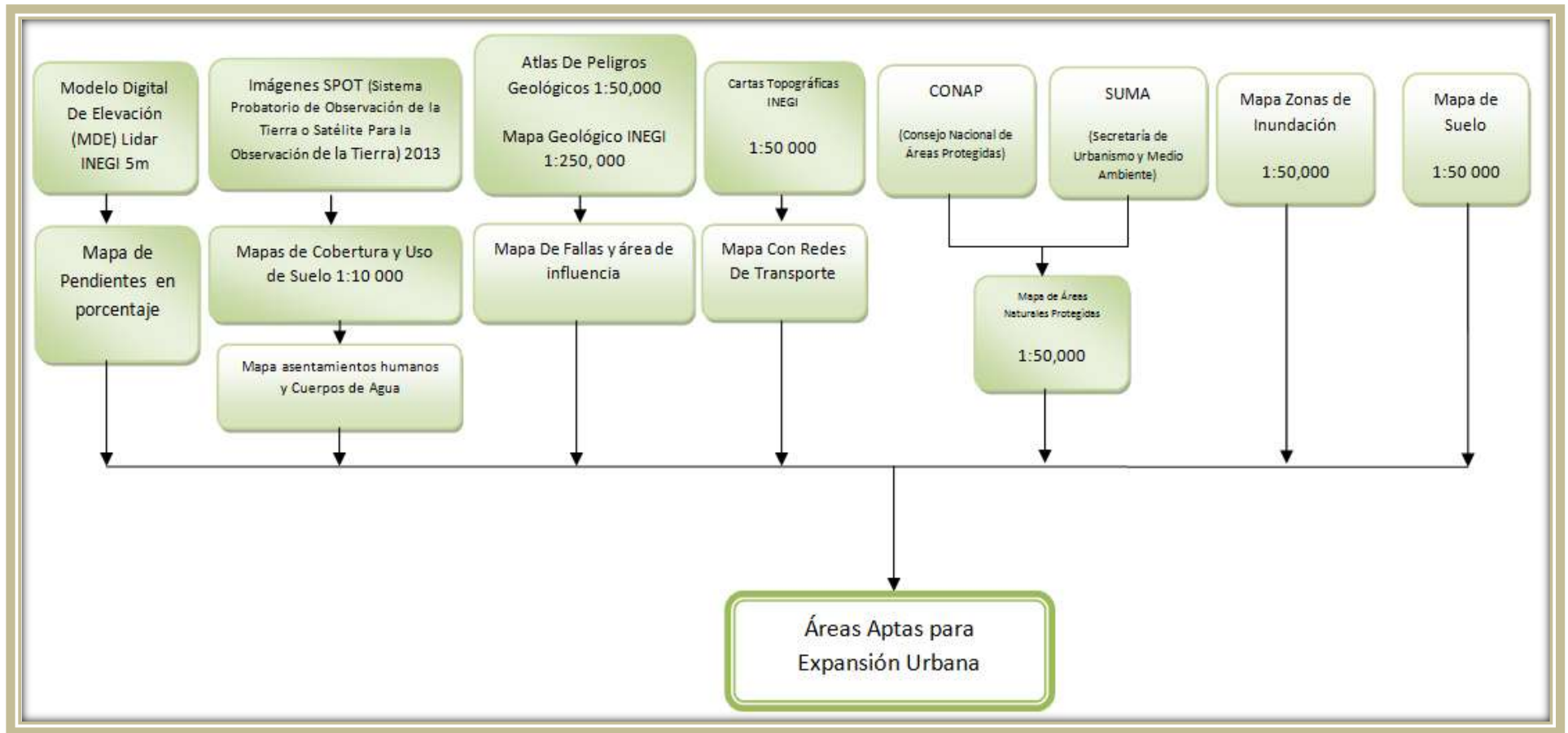


Figura 13: Diagrama para la obtención de áreas aptas para la expansión urbana.

Parte de la base de datos del cuadro 6 fue procesada para establecer los formatos con los cuales se llevara realizo el análisis. Inicialmente se completó o actualizo la información de los mapas del área de estudio, posteriormente se homogeneizó la escala espacial de trabajo y se transformaron los mapas a un formato raster con un tamaño de pixel (10m) para la comparación espacial, este proceso se realizó mediante rutinas de ArcGIS 10.0 e ILWIS 3.0.

EL análisis fue realizado en dos fases, en la primera fase se obtuvieron las áreas aptas analizables (figura 13).

Para la obtención de las áreas aptas disponibles para el crecimiento urbano fue necesario obtener limitantes espaciales de cada mapa temático.

6.2 Tasa de crecimiento medio anual de la población

Las Tasas indican los cambios que experimenta la población a causa de tres fenómenos demográficos fundamentales: migración, mortalidad y fecundidad. Dentro de la planeación gubernamental sirve para la definición de políticas públicas y de población orientadas a la atención de necesidades actuales y demandas futuras en diferentes aspectos económicos, sociales y políticos (Palacio-Prieto *et al.*, 2004). La forma más utilizada para medir los cambios cuantitativos experimentados por la población a través del tiempo es mediante el cálculo de la tasa de crecimiento medio anual de la población, la cual mide el aumento o disminución anual de la población en un periodo de tiempo determinado (Palacio-Prieto *et al.*, 2004).

$$Tc = \left[\left(\frac{P2}{P1} \right)^{\frac{1}{t}} - 1 \right] * 100$$

Tc = Tasa de crecimiento demográfico

$P1$ = Población inicial en el periodo referencia

$P2$ = Población final en el periodo de referencia

t = Número de años comprendidos en el periodo de referencia

6.3 Factores Limitantes.

Para la ubicación de las áreas aptas para la expansión urbana se consideraron las siguientes limitantes.

- *Área de influencia de fallas.*- Para protección de las nuevas casas, el que no se encuentren en el área de influencia de las fallas traerá como beneficio el que éstas casas o estructuras no serán afectadas o dañadas debido al constante movimiento tectónico así como a los pequeños microsismos, por lo que se evitará su constante reparación.
- *Área inundable.*- Derivado de los daños que puedan causar las inundaciones a las casas, construcciones y estructuras, éstas no deben ser ubicadas sobre áreas que tengan posibilidad de inundarse, dado que las inundaciones causan pérdidas económicas y debilitan las estructuras y construcciones afectadas.
- *Área Urbana.*- La nueva área de expansión debe encontrarse fuera de la mancha urbana, ya que ésta área ya ha sido ocupada por asentamientos urbanos.
- *Áreas naturales protegidas (ANP).*- La superficie apta para la urbanización debe estar fuera de ANP, ya que son áreas que poseen un valor ambiental muy importante. Al conservar estos manchones verdes se crean pulmones naturales para la ciudad que son de vital importancia considerando el crecimiento de las mismas y los problemas que se pueden derivar de la contaminación.
- *Cuerpos de agua.*- No es adecuado dado que las construcciones edificadas en dichas zonas presentarían problemas similares al de las inundaciones.
- *Pendiente.*- Esta será considerada restrictiva cuando supere el 25 % establecido en el reglamento de construcción para el estado de Michoacán (Gobierno del Estado, 1999); el restante podrá ser considerado para realizar una estandarización.

Después del procesamiento y obtención de las áreas aptas disponibles obtenidas al restringir todas las posibles áreas que no serían adecuadas para la expansión urbana y que se enlistaron en este apartado, es necesaria la generación de un árbol de criterios, el cual servirá para realizar la clasificación de las áreas aptas disponibles. Todo el análisis anterior se realizó una vez que la información disponible fue puesta en escalas comparables y mismo formato raster con un tamaño de pixel de 10m.

6.4 Árbol de criterios y restricciones para la clasificación de áreas aptas.

Para el análisis y clasificación de las áreas aptas disponibles, la segunda etapa del trabajo se diseñó de manera conceptual un árbol de criterios (figura 14) basado en la información disponible en tal árbol se enlistan los criterios de diseño así como sus limitantes.

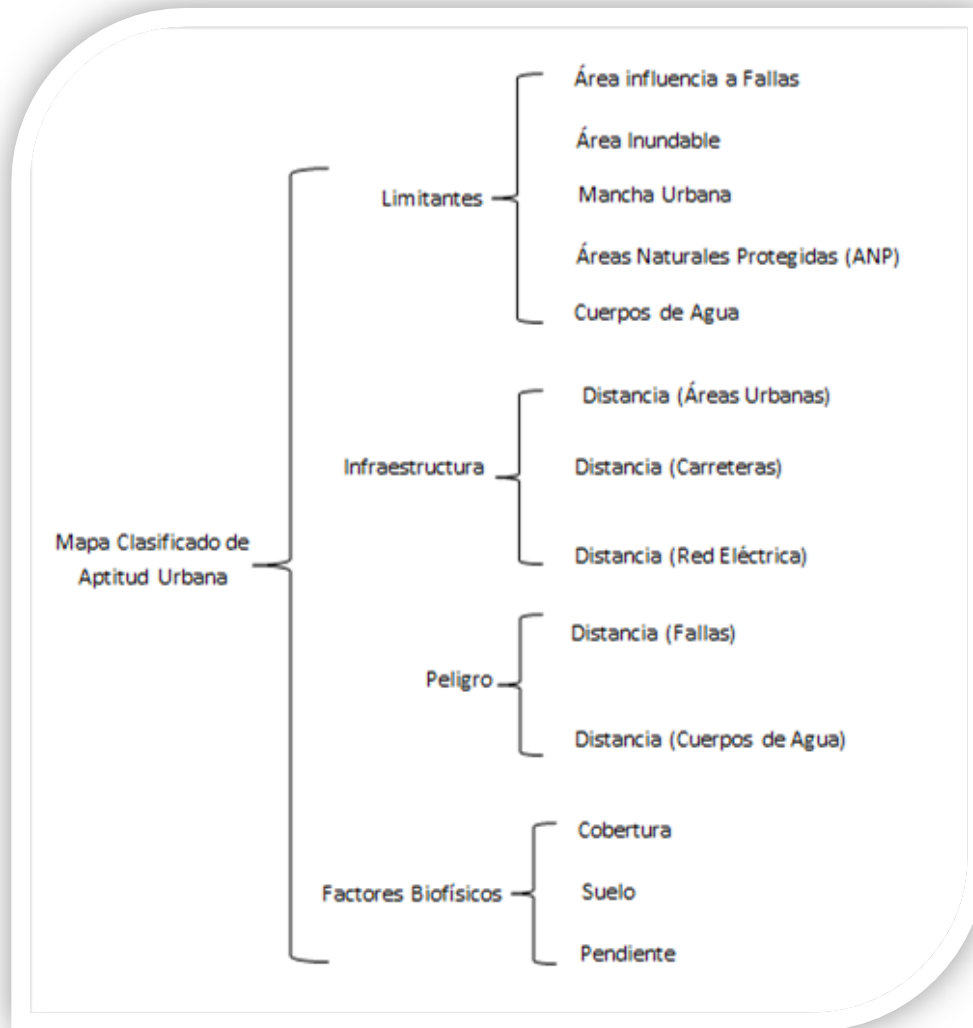


Figura 14: Árbol de Criterio de Diseño de Alternativas.

Los criterios deberán estar asociados a entidades geográficas y la relación entre éstas y pueden ser representadas en capas temáticas para lograr ser analizadas en SIG. Cada criterio debe ser:

- Completo: tiene que cubrir en lo posible todos los aspectos del problema
- Operacional: Debe ser significativo para el análisis
Permitir descomponer en partes más pequeñas el proceso de tal modo que se simplifique.
- No redundante

6.4.1 Estandarización de criterios y subcriterios.

En cualquier estudio en el que se pretendan integrar distintos factores, variables o criterios, independientemente del tipo de evaluación que se pretenda realizar, es conveniente que se haga todo en escalas comparables; con el fin de hacer comparables todos los criterios de una manera que tengan sentido, estos tienen que ser estandarizados (Gómez-Delgado y Barredo-Cano, 2005). Los criterios son aquellos que dan la base para la toma de una decisión, estos pueden ser medidos y evaluados, es la evidencia sobre la cual se basa una decisión y se define como “un aspecto medible de juicio, por el cual una dimensión de las alternativas bajo consideraciones puede ser caracterizada”. Un criterio realza o detracta la capacidad de asentamiento de una alternativa específica para la actividad en consideración, éste por lo tanto debe ser medido en una escala continua (Daga-López, 2009).

Los factores pueden comportarse como beneficio o costo. Beneficio: contribuye positivamente al objetivo Figura 16, por ejemplo a mayor distancia de las fallas, cuerpos de agua, será mejor para la ubicación de un área urbana, ya que previene posibles daños a viviendas así como inundaciones.

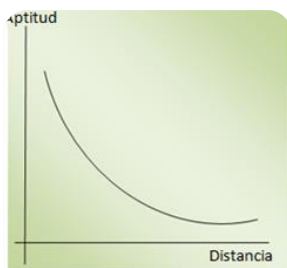


Figura 15: Comportamiento como costo.

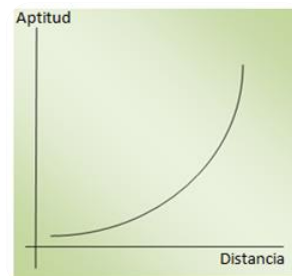


Figura 16 : Comportamiento como beneficio.

El comportamiento como beneficio se puede explicar ejemplificando el criterio de cercanía a peligros en el que el eje de las Y es la aptitud y el eje de las X es la distancia por lo anterior la aptitud aumentara a mayor distancia. Costo: contribuye negativamente al objetivo figura 15, por ejemplo a menor distancia a áreas urbanas será más favorable para la ubicación.

El comportamiento como costo es inverso al de beneficio, tomando el eje de las Y como la aptitud y el eje de las X como la distancia, entre mayor sea la distancia la aptitud ira decreciendo.

6.4.2 Estandarización del árbol de criterios y subcriterios

En base a un análisis de estandarización de los criterios y subcriterios ya sea de forma de beneficio o costo así como una combinación de ambos, se logra designar una ecuación que demarque la mejor forma de representar un subcriterio o criterio. Cuando es beneficio, al estandarizar su valor de aptitud ésta aumenta en función de la distancia, a mayor distancia mayor aptitud y de forma contraria con el costo, la aptitud disminuye en función de la distancia. En el programa ILWIS se puede realizar cualquiera de las estandarizaciones anteriores así como también se pueden lograr estandarizar criterios que tienen valores no numéricos a los cuales solo se les asigna un peso en base a algún método (ILWIS, 1997).

Las distancias asignadas para las estandarizaciones se realizaron en base a la revisión de diferentes trabajos como Gutiérrez-Angonese *et al.*, (2010), Argote-Adrián (2013) y Daga-López, (2009), en los cuales se comparó la forma de asignar pesos en base a distancias; así como también a partir de un consenso de especialistas en diferentes disciplinas.

Infraestructura.

Distancia a las Áreas Urbanas (Subcriterio).- La distancia a centros urbanos será considerada como un factor positivo, si bien es cierto que las áreas urbanas deben estar fuera de la mancha urbana actual, aun así es importante que estén cerca de los centros urbanos para poder ser provistos de servicios con una mayor facilidad tales como salud, educación, sectores económicos, entre otros. Lo anterior beneficia a las áreas de expansión.

En este subcriterio su aptitud variara de acuerdo a la distancia tendrá un comportamiento de costos figura 17, esto debido que no es conveniente dar aptitud a una área que se encuentre muy alejada de los centros urbanos, sabiendo las dificultades que tendría una persona que tiene una vivienda en un lugar alejado sin servicios públicos, tiendas, farmacias, etc., y que no cuente con una comunicación adecuada; considero una distancia de 750 m para que esta pueda ingresar a centros urbanos de forma rápida.

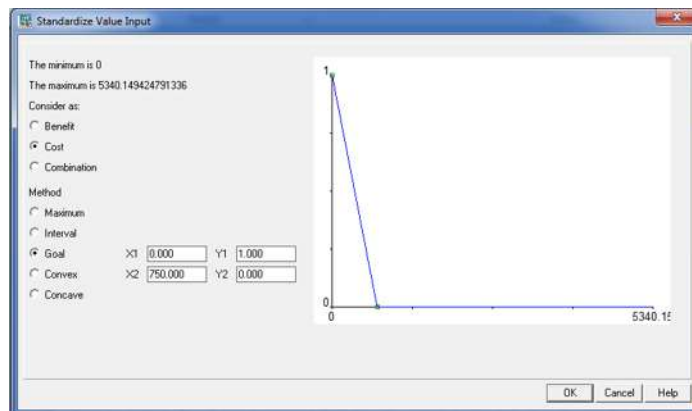


Figura 17: Estandarización Distancia a Asentamientos Urbanos.

Distancia a las Carreteras (Subcriterio).- Las carreteras son consideradas como un factor positivo, dentro de un escenario de planificación, esto es porque permite unir las diferentes zonas que pueden ser consideradas aptas para la expansión urbana. Las carreteras son muy importantes ya que permiten una movilización a centros de trabajo, recreacionales y centros comerciales. Se sabe que se tiene un derecho de vía de 20 m del eje central de la carretera hacia cada lado de la misma el cual se tomara como restricción. Aunque se respeta su derecho de vía su estandarización, al igual que en los centros urbanos se consideró una distancia de aptitud de 750 m, la cual decrece en función de la distancia (figura 18). La distancia se eligió de la misma forma que en el subcriterio de distancia a los asentamientos urbanos.

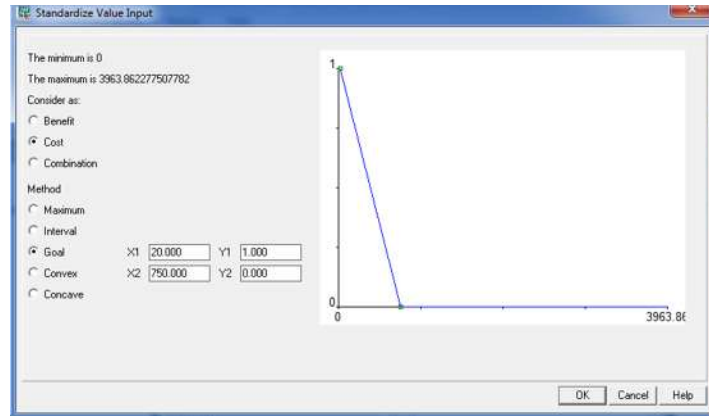


Figura 18: Estandarización Distancia a Carreteras

Distancia a las Redes Eléctricas (Subcriterio).-A las redes eléctricas también se les consideró como un factor positivo dentro de la estandarización, debido a que a las nuevas áreas de expansión urbana les beneficia el tener el servicio de energía eléctrica. Aunque es un servicio proporcionado por la Comisión Federal de Electricidad CFE, se le aplicó una distancia para que si llegara a estar el poblado en cierto lugar, el servicio sea llevado de forma más rápida. Se consideró una distancia de 1.5 km en la estandarización (figura 19). La distancia se eligió de la misma forma que en el subcriterio de distancia a los asentamientos urbanos.

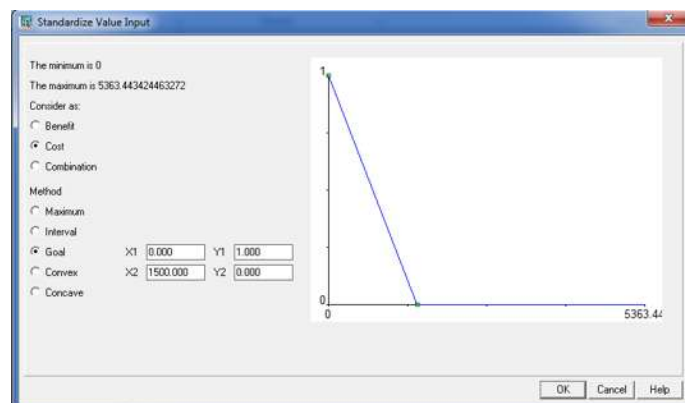


Figura 19: Estandarización Distancia a Redes Eléctricas.

Peligro.

Distancia a las Fallas (Subcriterio).-La cercanía a las fallas puede traer consigo problemas estructurales a las construcciones, debido al movimiento que se genera, por lo que se recomienda tener una distancia de protección para no ser afectado, pero la seguridad sería mayor si esta distancia de protección 25 m a cada lado de la falla para no tener afectaciones (coms. pers. Garduño-Monroy, 2016). Sin embargo la seguridad es mayor si esta distancia se incrementa, por lo que se empleó una distancia de 50 m a cada lado de la falla (figura 20).

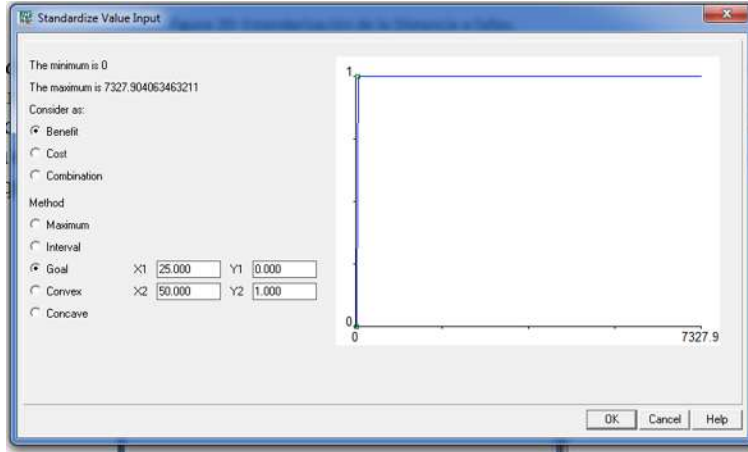


Figura 20: Estandarización de la Distancia a fallas.

Distancia a los cuerpos de agua (Subcriterio).- Los cuerpos de agua en un momento dado pueden sufrir desbordamientos, por lo que su cercanía plantea una situación de riesgo. Tomando en consideración lo anterior, para su estandarización se consideró que entre mayor distancia a cuerpos de agua mayor aptitud, similar a lo planteado en con las fallas geológicas. La distancia que se consideró para los cuerpos de agua es de 500m tomando 300 como restrictivos (figura 21).

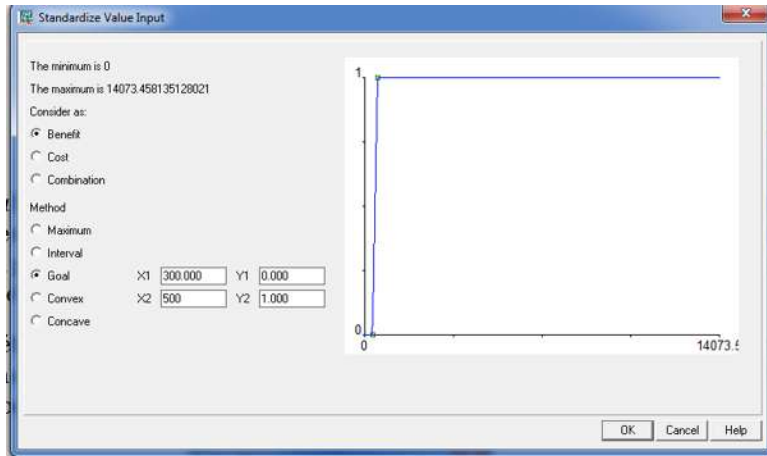


Figura 21: Estandarización de la Distancia a cuerpos de agua.

Factores Biofísicos

Cobertura (Subcriterio).- Al tomarse la planificación urbana como un elemento importante dentro del área de estudio, se les dio peso solo aquellos usos que de alguna manera tienen posibilidad de ser urbanizados (figura 22). La forma en que se establecieron los pesos fue mediante el método directo y bajo la opinión de una experta en cobertura y uso de suelo (coms. pers López-Granados, 2016). Se eligió el método directo porque cualquiera de los otros

métodos les daría algún tipo de peso a todas las coberturas lo cual no sería correcto, un ejemplo de esto es que las áreas urbanas, cuerpos de agua, entre otros no deben tener aptitud.

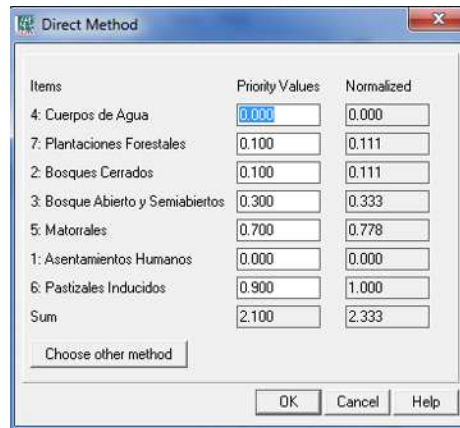


Figura 22: Estandarización factor cobertura utilizando el método directo.

Suelo (*Subcriterio*).-El tipo de suelo es muy importante a considerar ya que dependiendo de éste se le podrá asignar una mejor utilidad al sitio, así como el discernir cual será la más adecuada, si la de expansión urbana o algún otro uso. El identificar cuáles son los suelos más adecuados tiene beneficios como el construir mejores cimentaciones a menor costo.

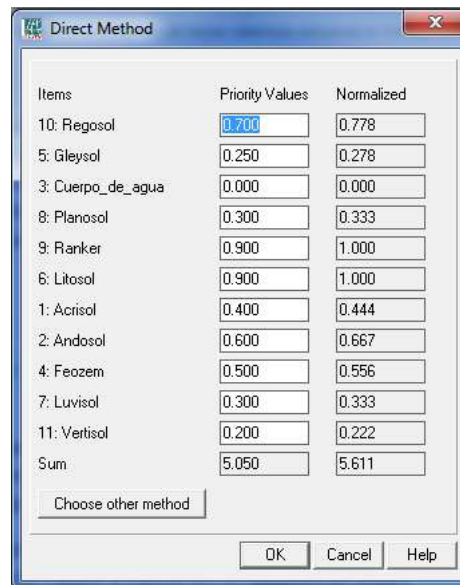


Figura 23: Estandarización factor suelo utilizando el método directo.

La asignación de pesos se dio en base a la información disponible como su descripción y la textura del suelo así como la opinión de un experto en mecánica de suelos basados en la descripción de cada tipo de suelo (coms. pers. Avila-Olivera, 2016). Por lo anterior se logró determinar el peso más adecuado para cada tipo de suelo (figura 23). Las descripciones

sirvieron para obtener información del suelo tal como su uso, utilidad y en algunos casos su profundidad. La asignación de pesos se llevó a cabo

La textura está subdividida en 3 tipos, los cuales dan la pauta para saber el contenido de arcilla o arena que tiene cada suelo:

1. El tipo 3 es aquel en el que el contenido de arcilla o materia orgánica es mayor en la composición.
2. El tipo 2 es un nivel intermedio que lleva a tener mayores proporciones de limo existiendo la posibilidad de tener en su composición materia orgánica y arena.
3. El tipo 1 es el nivel en el que el contenido de arena se hace presente en mayor cantidad, existiendo la posibilidad de tener limo en su composición.

Pendiente (Subcriterio).-Para la estandarización (figura 24) de los valores de pendiente se le considero como un factor positivo en función de lo siguiente:

1. Al realizar construcciones en pendientes menos pronunciadas facilita la llegada de servicios como lo son el agua y el alcantarillado.
2. El reglamento de construcción (Gobierno del Estado, 1999) especifica que no se deberá de construir e pendientes mayores al 25%; esto evita posibles peligros por deslizamientos.

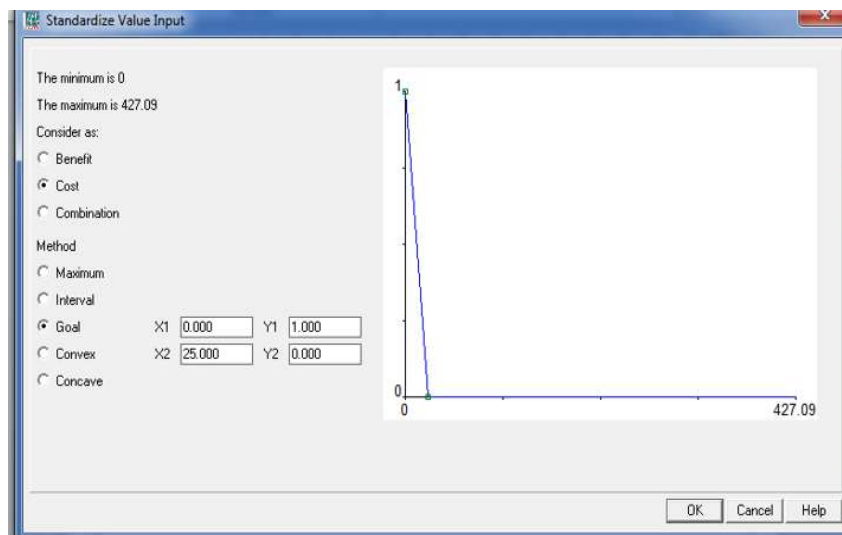


Figura 24: Estandarización Pendiente.

6.4.3 Métodos de asignación de pesos.

La asignación de pesos se realizó en función de la importancia relativa del criterio y en relación al tema de estudio; dependiendo de la importancia de cada componente éstos son calculados. Para la asignación de pesos existen diversos métodos, a continuación se describen los que se emplearon en el presente trabajo de investigación.

1) Método Directo:

Consiste en la asignación manual de pesos tanto a los factores, como a los grupos de factores. En este método, el usuario estima la importancia relativa de cada factor y opcionalmente del grupo de factores (ILWIS, 1997).

2) Método de Comparación por pares:

Este método es conocido también como Proceso Analítico Jerárquico (PAJ) (siglas en inglés, AHP), que fue desarrollado por Thomas Saaty en 1980. Consiste en la comparación entre pares de factores, e indicar cuál es el factor más importante en términos cualitativos. Este método convierte una comparación cualitativa en pesos cuantitativos para cada uno de los factores (ILWIS, 1997).

3) Método Rank Order (Ali Sharifi, 2004).

En este método los pesos se ajustan según un orden de jerarquía (importancia del criterio), dentro de un conjunto de pesos posibles para los que el peso del más importante es siempre mayor o igual al segundo más importante y, el peso del último criterio (menos importante) es mayor o igual a cero: $w_1 \geq w_2 \geq \dots \geq w_n \geq 0$.

Éste método a su vez se subdivide en dos:

1. Valor esperado:

Se calcula W_k (peso del criterio) para el criterio k de acuerdo a la siguiente fórmula donde n es el número de criterios.

$$w_k = \sum_{i=1}^{n+1-k} \frac{1}{n(n+1-i)}$$

Ecuación 1: Rank Ordering valor esperado.

Esto permite calcular pesos para cada factor según la importancia de cada criterio respecto a todos los criterios considerados (cuadro 7). Cuando el criterio tiene la misma importancia se asigna el mismo peso.

Cuadro 7: Pesos de criterio según el valor esperado.

Numero de criterios	Valor Esperado					
	E(W1)	E(W2)	E(W3)	E(W4)	E(W5)	E(W6)
N						
2	0.75	0.25				
3	0.61	0.28	0.11			
4	0.52	0.27	0.15	0.06		
5	0.46	0.26	0.16	0.09	0.04	
6	0.41	0.26	0.16	0.1	0.06	0.03

2. Suma de Rangos (Rank Sum):

Se calcula el peso del criterio (W_k) para el criterio *k* de acuerdo a la siguiente fórmula, donde *n* es el número de criterios (cuadro 8).

$$W_k = \frac{n + 1 - k}{\sum_{i=1}^n (n + 1 - i)}$$

Ecuación 2: Rank Ordering sumatoria de rangos.

Cuadro 8: Pesos de criterio según el valor Rank Suma.

Numero de criterios	Pesos según Rank Suma.					
	E(W1)	E(W2)	E(W3)	E(W4)	E(W5)	E(W6)
N						
2	0.66	0.33				
3	0.5	0.33	0.17			
4	0.4	0.30	0.2	0.1		
5	0.33	0.27	0.2	0.13	0.07	
6	0.29	0.24	0.19	0.14	0.1	0.05

6.4.4 Asignación de pesos a criterios y subcriterios “Modelos”

Los diferentes modelos de salida de este trabajo son el resultado de la aplicación de diferentes asignaciones de pesos a los criterios y subcriterios; se definieron 3 modelos diferentes de salida utilizando los 3 métodos disponibles en el programa ILWIS. Los criterios y subcriterios fueron normalizados y priorizados, al normalizarse se logra que todos sean comparables y la priorización sirve para asignar un peso, un valor de importancia relativa a cada criterio o subcriterio con respecto a los demás.

La priorización se realizó en base a trabajos previos como el de Lasso de la Vega que en 2014 concluyó que el desarrollo de la ciudad de Morelia se apegó a los patrones de las ciudades fragmentadas vigentes en los países de América Latina. En América Latina se sabe que el crecimiento de las ciudades se genera contiguo a los núcleos urbanos, siguiendo las principales vías de comunicación (Gutiérrez-Angonese *et al.*, 2010) y las ciudades crecen de manera importante principalmente sobre áreas agrícolas (Argote-Adrián, 2013).

En base a lo anterior se sabe que las áreas que se encuentren cerca de la infraestructura tendrán mayor cantidad de aptitud por lo que será el criterio que recibiera el mayor peso siguiéndole el peligro y finalmente los factores biofísicos.

Modelo 1: Este primer modelo se basó y fue desarrollado mediante el método jerárquico, asignándole un peso (figura 25) de mayor a menor en el siguiente orden:

1. Infraestructura.
2. Peligro.
3. Factores Biofísicos.

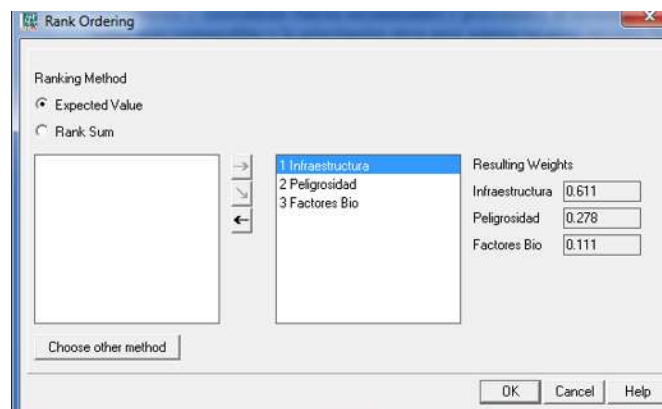


Figura 25: Asignación de pesos a los criterios método jerárquico Modelo 1.

De igual manera le fueron asignados los pesos a los subcriterios en el siguiente orden de mayor a menor importancia. El criterio, infraestructura tiene 3 subcriterios los cuales se establecieron de la siguiente manera según el nivel de importancia (figura 26):

1. Distancia a las áreas urbanas.
2. Distancia a las carreteras.
3. Distancia a las redes eléctricas.

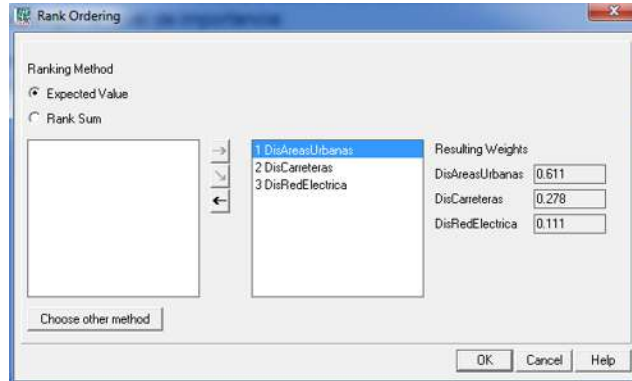


Figura 26: Asignación de peso a los subcriterios Modelo 1

En lo que se refiere al criterio de Peligro el orden de importancia (figura 27) de los subcriterios fue el siguiente:

1. Distancia a las fallas.
2. Distancia a los cuerpos de agua.

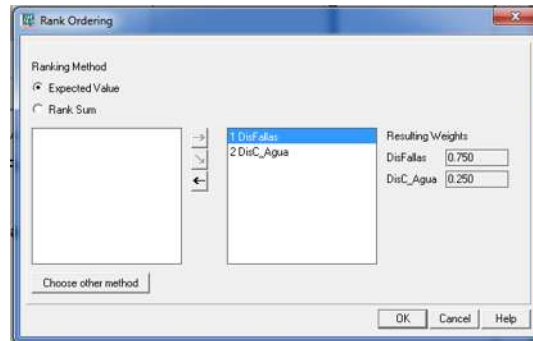


Figura 27: Asignación de peso a los subcriterios Modelo 1

El criterio, factores biofísicos tiene 3 subcriterios los cuales se establecieron de la siguiente manera según el nivel de importancia (figura 28):

1. Cobertura.
2. Suelo.
3. Pendiente.

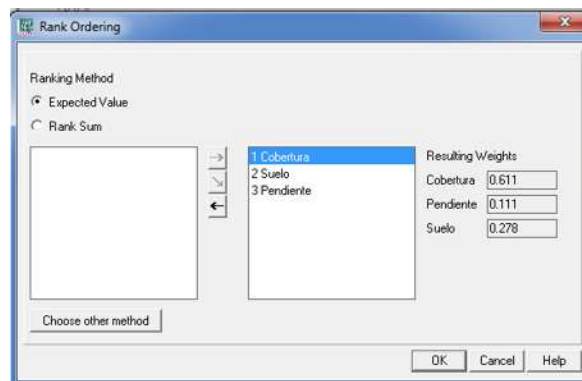


Figura 28: Asignación de peso a los subcriterios Modelo 1

Modelo 2: El segundo modelo fue desarrollado mediante el método de la comparación pareada (figura 29), asignándole un peso de mayor a menor en el siguiente orden, revisando la consistencia del método en cada caso que fuese menor de 0.1 para que la asignación de peso sea consistente en este caso el valor de la consistencia fue de: 0.029 lo que indica que es consistente.

- 1) Infraestructura.
- 2) Peligro.
- 3) Factores Biofísicos.

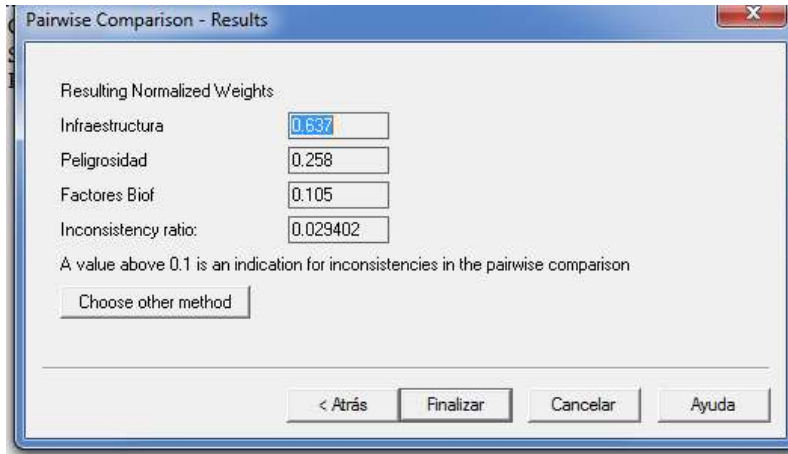


Figura 29: Asignación de pesos a los criterios método Pairwise Comparison Modelo 2.

De igual manera le fueron asignados los pesos a los subcriterios en el siguiente orden figura 30 de mayor a menor importancia el criterio de infraestructura tiene 3 subcriterios los cuales se establecieron de la siguiente manera según el nivel de importancia. El valor de consistencia en esta asignación fue de 0.054 lo que indica que la asignación fue consistente.

1. Distancia a las áreas urbanas.
2. Distancia a las carreteras.
3. Distancia a las redes eléctricas.

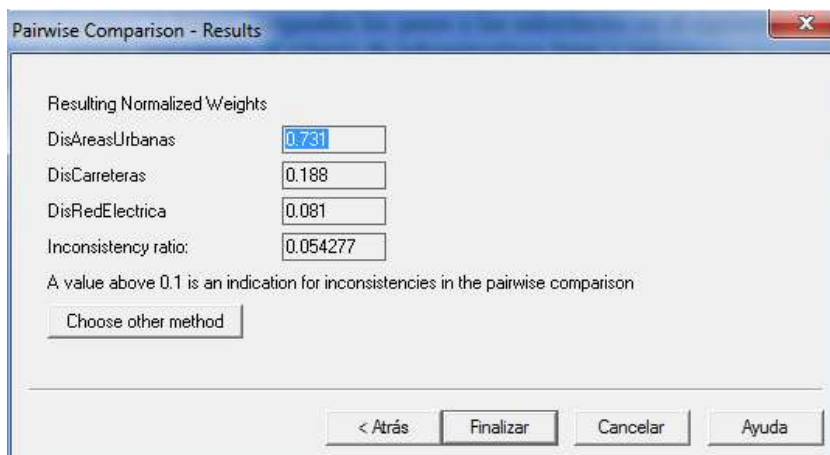


Figura 30: Asignación de pesos a los subcriterios con el método Pairwise Comparison Modelo 2.

En lo que se refiere al criterio de Peligro el orden de importancia fue el siguiente figura 31 al ser solo comparación entre dos criterios no se evalúa la consistencia es únicamente designado en función de la importancia que se le dé respecto un criterio de otro.

1. Distancia a las fallas.
2. Distancia a los cuerpos de agua.

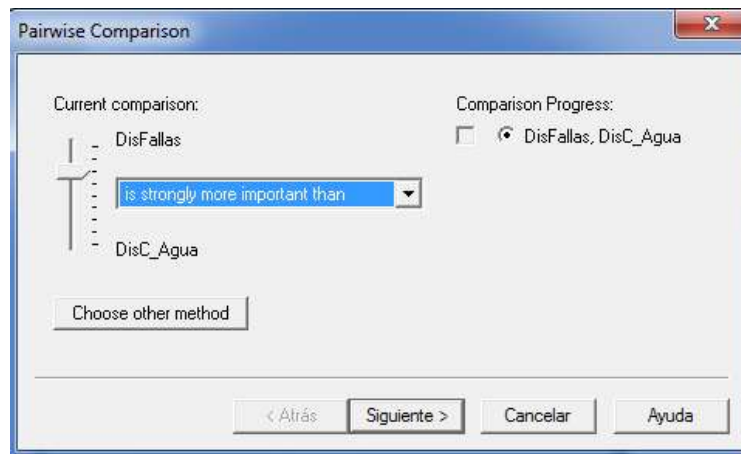


Figura 31: Asignación de Pesos a los subcriterios método Pairwise Comparison Modelo 2.

El criterio, factores biofísicos tiene 3 subcriterios los cuales se establecieron de la siguiente manera (figura 32) según el nivel de importancia:

1. Cobertura.
2. Suelo.
3. Pendiente.

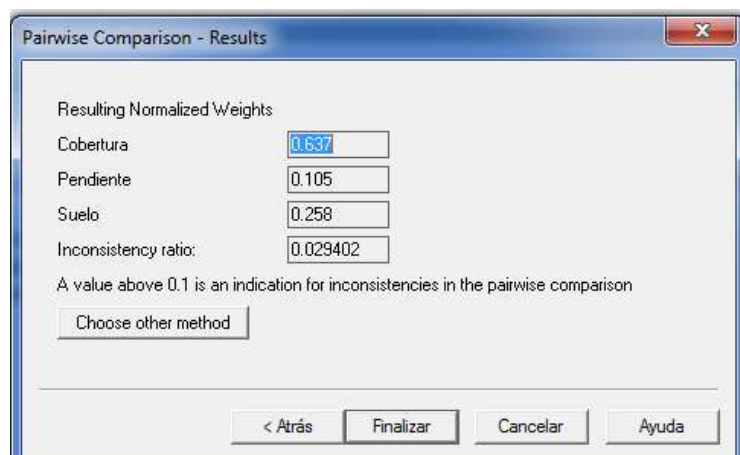


Figura 32 : Asignación de Pesos a los subcriterios método Pairwise Comparison Modelo 2.

Modelo 3: El tercer modelo se basó y fue desarrollado mediante el método de la asignación directa de pesos (figura 33), asignándole un peso de mayor a menor en el siguiente orden:

1. Infraestructura.
2. Peligro.
3. Factores Biofísicos.

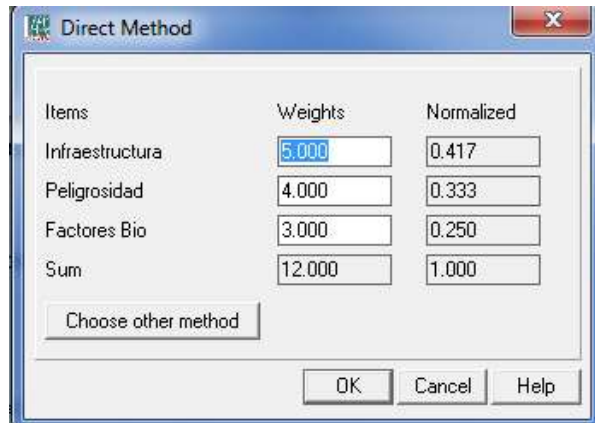


Figura 33: Asignación de pesos a los criterios método Directo Modelo 3.

De igual manera le fueron asignados los pesos a los subcriterios en el siguiente orden de mayor a menor importancia (figura 34). El criterio de infraestructura tiene 3 subcriterios los cuales se establecieron de la siguiente manera según el nivel de importancia:

1. Distancia a las áreas urbanas.
2. Distancia a las carreteras.
3. Distancia a las redes eléctricas.

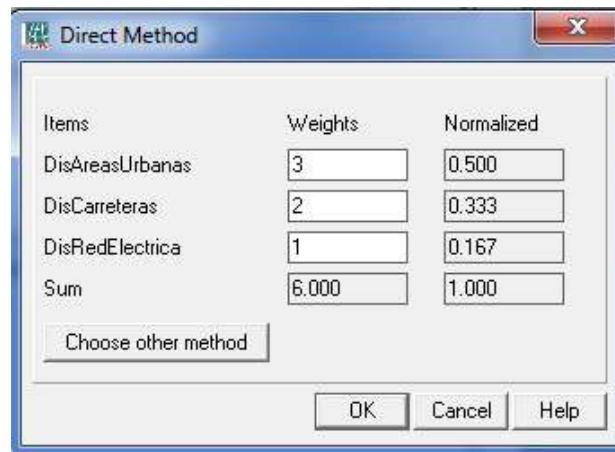


Figura 34: Asignación de Pesos subcriterios método Directo Modelo 3.

En lo que se refiere al criterio de Peligro el orden de importancia (figura 35) fue el siguiente:

1. Distancia a las fallas.
2. Distancia a los cuerpos de agua.

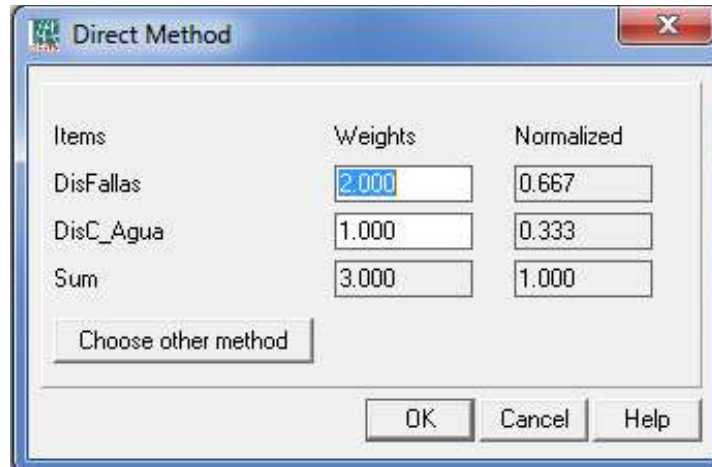


Figura 35: Asignación de Pesos subcriterios método Directo Modelo 3.

El criterio, factores biofisicos tiene 3 subcriterios los cuales se establecieron (figura 36) de la siguiente manera según el nivel de importancia:

1. Cobertura.
2. Suelo.
3. Pendiente.

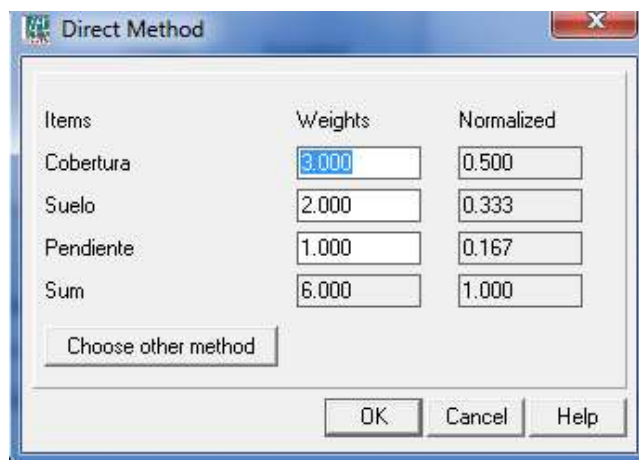


Figura 36 : Asignación de Pesos subcriterios método Directo Modelo 3.

7 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

7.1 Crecimiento urbano de la Ciudad de Morelia y sus implicaciones.

La zona de estudio comprende 18 localidades urbanas (cuadro 9) y 309 localidades rurales para el año 2013 (figura 37). La Ciudad de Morelia es la localidad urbana más grande de la zona de estudio y genera redes de intercambio económico, administrativo y poblacional con las localidades urbanas y rurales que la rodean y cobra importancia gubernamental al ser también la capital del estado de Michoacán de Ocampo (Sánchez-Almanza, 2016). Se puede observar en el cuadro 9 que dentro de las localidades urbanas aparecen varios fraccionamientos residenciales intercalados con pequeñas localidades que rodeaban a Morelia y que fueron construidos en la primera década de este siglo.

Cuadro 9 : Localidades urbanas en la zona de estudio.

1	Morelia
2	La Goleta
3	La Aldea
4	Jesús del Monte (La Capilla)
5	Morelos
6	Puerto de Buenavista
7	Villa Magna
8	Villas de la Loma
9	San Antonio
10	Fraccionamiento Misión del Valle
11	Conjunto Habitacional Villas del Pedregal
12	Tarímbaro
13	Uruétaro
14	Real Hacienda (Metrópolis)
15	Fraccionamiento Galaxia Tarímbaro
16	Fraccionamiento Puerta del Sol
17	Campestre Tarímbaro
18	Fraccionamiento Metrópolis II

En este estudio se analizó el crecimiento poblacional y urbano de la Ciudad de Morelia en el periodo 1960-2013, en los últimos años la superficie que ocupa la ciudad de Morelia se encuentra creciendo con mayor rapidez que el crecimiento de su población, a pesar de que esta última ha disminuido con el paso de los años (cuadro 10 y figura 38). Estudios previos sobre la expansión de la Ciudad de Morelia indican que en el periodo 1960 y 1997 el crecimiento poblacional y el crecimiento de la ciudad iban sincronizados, es decir, la ciudad crecía al mismo ritmo que se requería para darle casa a su población; situación atípica en la ciudades mexicanas en donde la población aumentaba más rápido que el crecimiento urbano en la década de 1980 (López-Granados *et al.*, 2001, Acosta-Villegas 2002). En el año 2013 en Morelia existen más de 50 mil viviendas deshabitadas (Yazmin, 2013) y construir nuevos fraccionamientos implica especulación inmobiliaria.

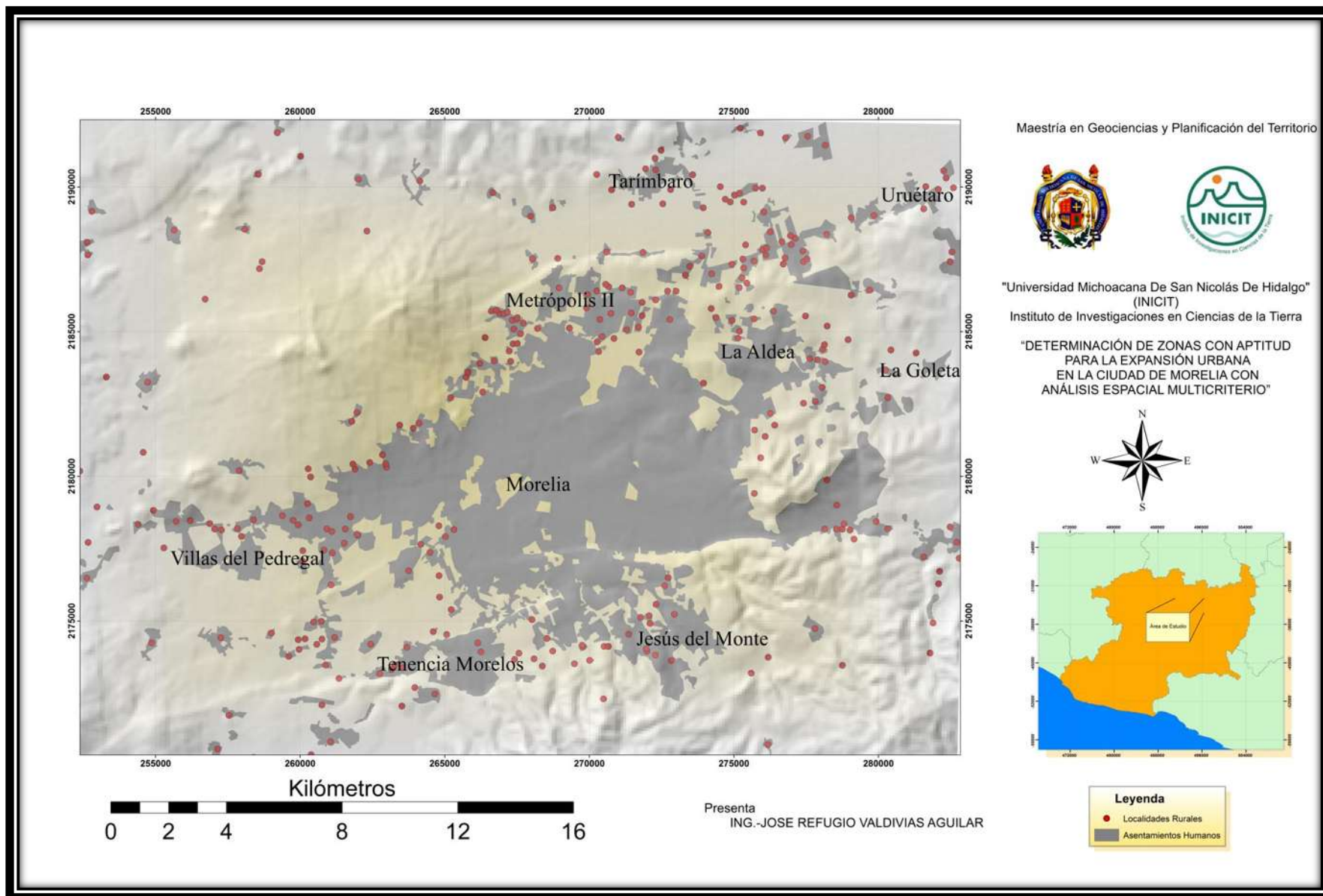


Figura 37: Mapa de localidades rurales y urbanas actualizadas (INEGI, 2013).

En Morelia se observa que la tasa de crecimiento poblacional disminuye en el periodo analizado, y la tasa de crecimiento de la ciudad presenta dos picos importantes, el primero coincide con la culminación de la autopista México-Guadalajara y el terremoto de 1985 que ocasionó que personas que habitaban en la Ciudad de México migraran a Morelia, y el segundo pico en el año 2005 cuando se construyen nuevos fraccionamientos residenciales en la periferia lo que incluyen campos de golf (Altozano y Tres Marías), así como fraccionamientos de interés social, tal es el caso de Villas del Pedregal en donde se encuentran construyendo casas para alojar a cinco mil familias. En Morelia, después del año 2000 la ciudad incremento su superficie más rápidamente que la población. En el periodo 2000-2013, la población creció en 16.9% y la mancha urbana 47.0%; la ciudad como cobertura del terreno creció más allá de la demanda poblacional.

Cuadro 10: Comparativa de las tasas de crecimiento poblacional (TCP) y tasa de crecimiento de la mancha urbana (TCMU).

Diferencia Años	Año	Mancha Urbana (ha)	Población	TCP	TCMU
	1960	1,004	100,828	--	--
15	1975	1,713	320,799	8.0	3.6
15	1990	5,081	428,486	1.9	7.5
7	1997	5,972	578,061	4.3	2.3
3	2000	6,304	620,532	2.3	1.8
7	2007	8,651	690,337	1.5	4.6
6	2013	11,897	746,679	1.3	5.4

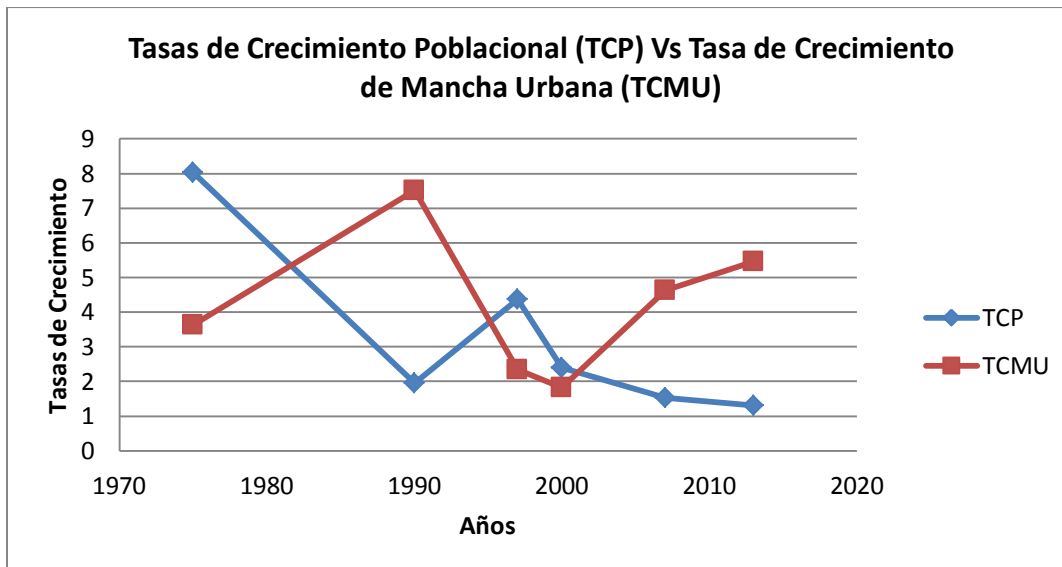


Figura 38: Gráfica comparativa TCP respecto TCM.

(Ramírez-Gaytán) Interpretación de la mancha urbana al año 2007.

(López-Granados) Interpretación de la mancha urbana al año 1960, 1975 y 1990.

Algunos de los problemas que se han generado por el rápido crecimiento de la mancha urbana y la falta de planificación territorial, es que existen viviendas y fraccionamientos ubicados en zonas de peligro o restrictivas (figuras 40 y 41), al encontrarse en áreas inundables, sobre fallas geológicas, en zonas con subsidencia, proceso de subsidencia creep- falla (Avila-Olivera, 2008), en lugares con pendiente pronunciada (mayores al 25%), entre otros; lo que genera riesgos para los habitantes de la ciudad y su patrimonio. Es necesario contar con lugares aptos para la expansión urbana que se encuentra en proceso, que no impliquen una situación de riesgo.



Figura 39: Fotografía de asentamientos irregulares en la zona periurbana de la ciudad de Morelia.

Como parte de la presente investigación y con el interés de cuantificar las consecuencias de la falta de planificación, se realizó el análisis espacial de las zonas no aptas en donde se han desarrollado asentamientos humanos (AH) en el área de estudio, por medio de un análisis de las restricciones a las fallas geológicas, pendientes mayores a 25% y áreas de inundación. En este análisis se reconoce que 253 ha dentro del área de estudio que se encuentran habitadas son afectadas por fallas geológicas, superficie equivalente a 1.6% de los asentamientos humanos (cuadro 11, figura 41).

Cuadro 11: Superficie de asentamientos humanos que se encuentran localizados en áreas con restricciones para la construcción.

Restricción	Área Construida Afectada (ha)
<i>Fallas</i>	253
<i>Pendiente >25%</i>	648
<i>Inundación</i>	2,274

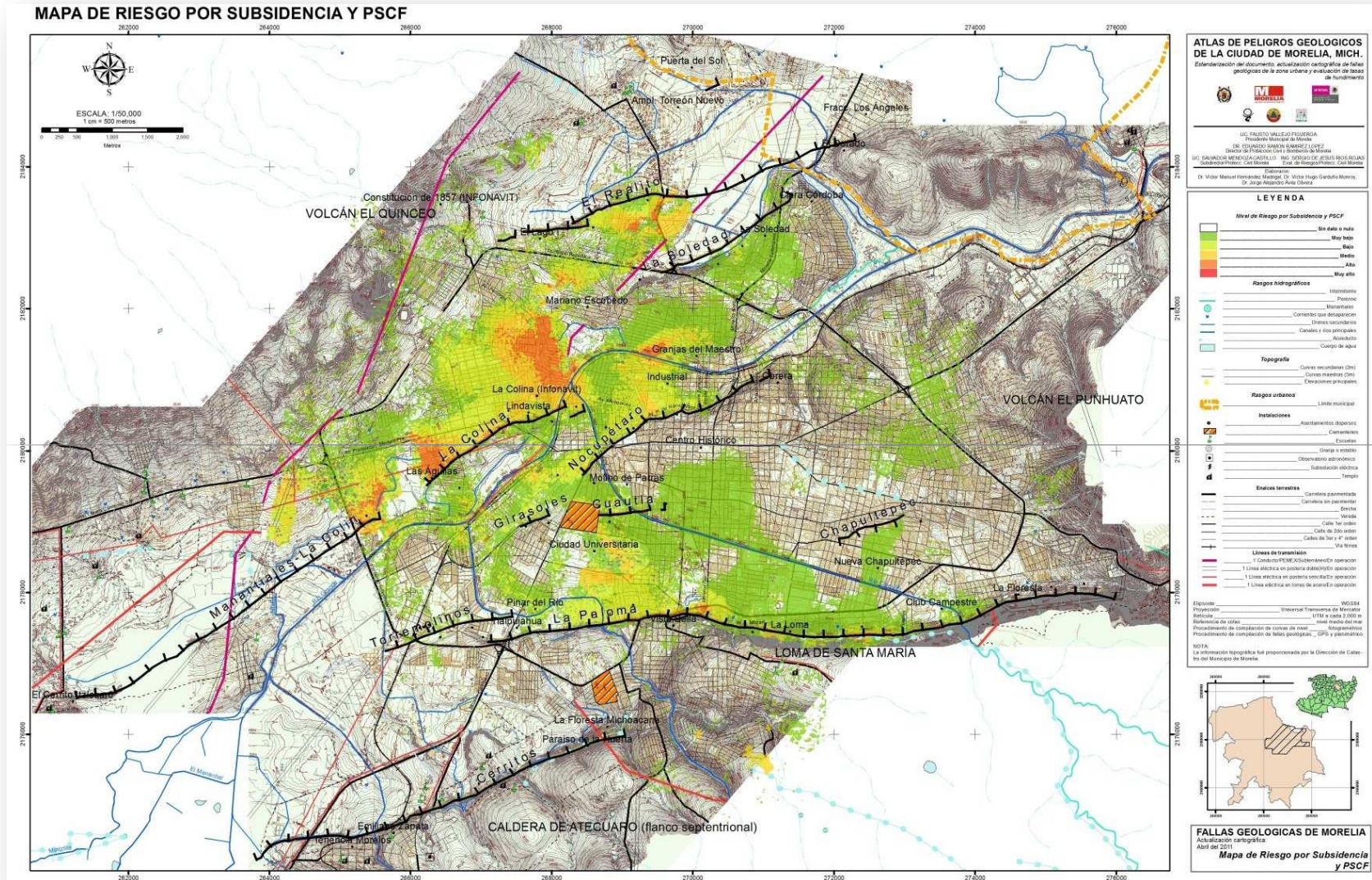


Figura 40: Mapa de riesgo combinado con subsidencia y proceso de subsidencia creep- falla (Hernandez-Madrigal *et al.*, 2011).

En base a la información obtenida se observa que las mayores afectaciones se dan en las áreas de inundación ya que éstas ocupan una superficie de 2,274 ha (14.5% de los asentamientos humanos). La información espacial permite generar un mapa de restricciones, basado en la combinación de áreas inundables, fallas geológicas y pendientes mayores al 25%, el cual se muestra en la figura 41 y el cuadro 12. Las zonas afectadas por combinación de restricciones representan el 0.46% de la superficie total de los AH de la zona, pero la afectación económica, social y psicológica a las familias que habitan en esos sitios, indica que Protección Civil y los gobiernos municipales las tengan identificadas como áreas prioritarias de apoyo en caso de ser afectadas.

Cuadro 12. Superficies con combinación de restricciones.

Combinación de Peligros	Área Construida Afectada (ha)
<i>Fallas-Inundación</i>	48.8
<i>Pendiente-Fallas</i>	16.6
<i>Inundación-Pendiente</i>	8.0

En base a todo lo anterior se puede realizar una fusión de restricciones y obtener el área total afectada por todas ellas o la combinación de éstas, el valor que se obtuvo fue de 3,010.7 ha de los AH construyeron en zonas no aptas. Este análisis nos indica que los desequilibrios en las relaciones que se establecen entre la dinámica de la naturaleza y la dinámica humana son los que ocasionan los desastres (ONU, 2011).

A pesar de que los desastres naturales representan uno de los mayores enemigos para el desarrollo de México y una amenaza latente para la seguridad, las autoridades siguen dejando en segundo plano la prevención, mitigación y preparación para reducir la vulnerabilidad del país; por citar un ejemplo, en nuestro país en el periodo 2004-2009 quedó en evidencia la asimetría entre la inversión preventiva y reactiva, con una relación de 1 a 33, entre los fondos invertidos en acciones preventivas y los dedicados a la emergencia, recuperación y reconstrucción por tormentas y terremotos (CENAPRED, 2011). Esta situación nos indica los costos económicos que se requieren al no contemplar la planificación territorial en el crecimiento de las ciudades.

Cuando ocurre un desastre natural que afecta a la población se pueden desaparecer decenios de desarrollo en infraestructura y vidas humanas en cuestión de segundos. En ese sentido, la reducción del riesgo de catástrofes es un elemento crucial del desarrollo sostenible a largo plazo y la planificación del territorio es el instrumento que puede inducir el desarrollo adecuado de un asentamiento humano (Charlotte y Twigg, 2007).

Es importante el denotar que la existencia de la combinación de áreas inundables y pendientes mayores al 25%, se debe a que la calidad del modelo con el que se obtuvieron las pendientes es tal que logra obtener la inclinación de las paredes laterales de los cauces, las cuales superan el 25% de la pendiente.

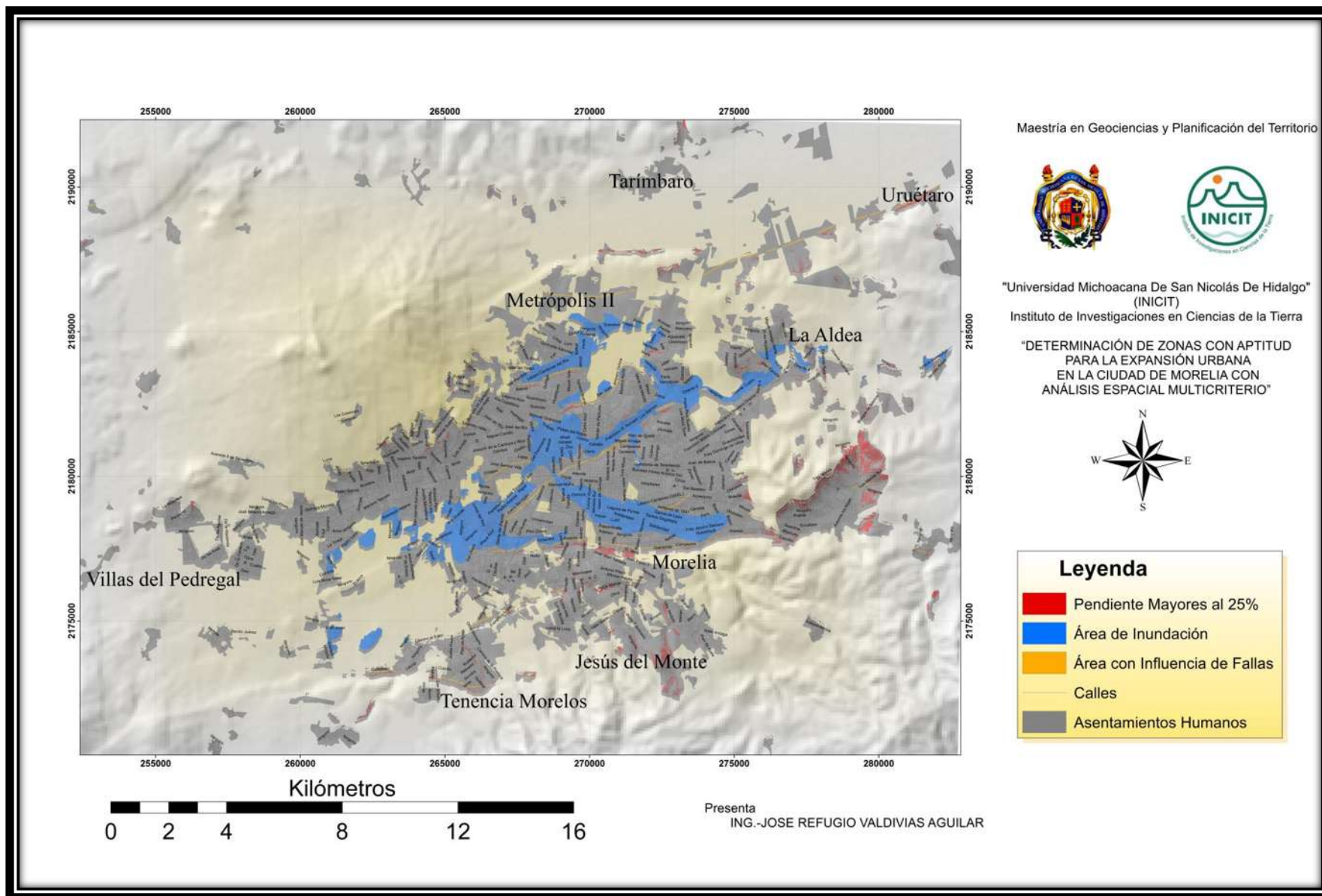


Figura 41: Mapa de asentamientos humanos ubicados sobre restricciones de construcción en cuanto a pendiente, zonas de inundación y fallas geológicas.

7.2 Análisis y caracterización de información para la obtención de las zonas aptas en el área de estudio.

Con el fin de evitar la expansión urbana en áreas restrictivas e identificar las zonas aptas para el crecimiento urbano, para lo cual se trabajaron los siguientes mapas temáticos:

- a) Asentamientos Urbanos
- b) Fallas geológicas.
- c) Pendientes.
- d) Áreas naturales protegidas.
- e) Áreas de inundación.
- f) Cuerpos de Agua.

7.2.1 Mapa de asentamientos urbanos.

El área de los asentamientos urbanos representa la superficie urbanizada en el año 2013, estas zonas se caracterizan porque no existe la probabilidad de ser modificadas, por ser propiedad de particulares y encontrarse habitadas en su mayor parte. Esta categoría representa la mayor superficie de la zona de estudio con 15, 671.56 ha (22.70% de la superficie total) y el polígono urbano principal que contiene a la ciudad de Morelia tiene una superficie de 11,896.51ha (figura 42 y 43).

Cuadro 13 : Área con aptitud y porcentaje por Área Urbana.

Capa Analizada	Aptitud		% Área	Área Has
Área Urbana	No Apto	0	22.70	15,671.56
	Apto	1	77.30	53,365.58



Figura 42: Fotografía Panorámica de la Ciudad de Morelia.

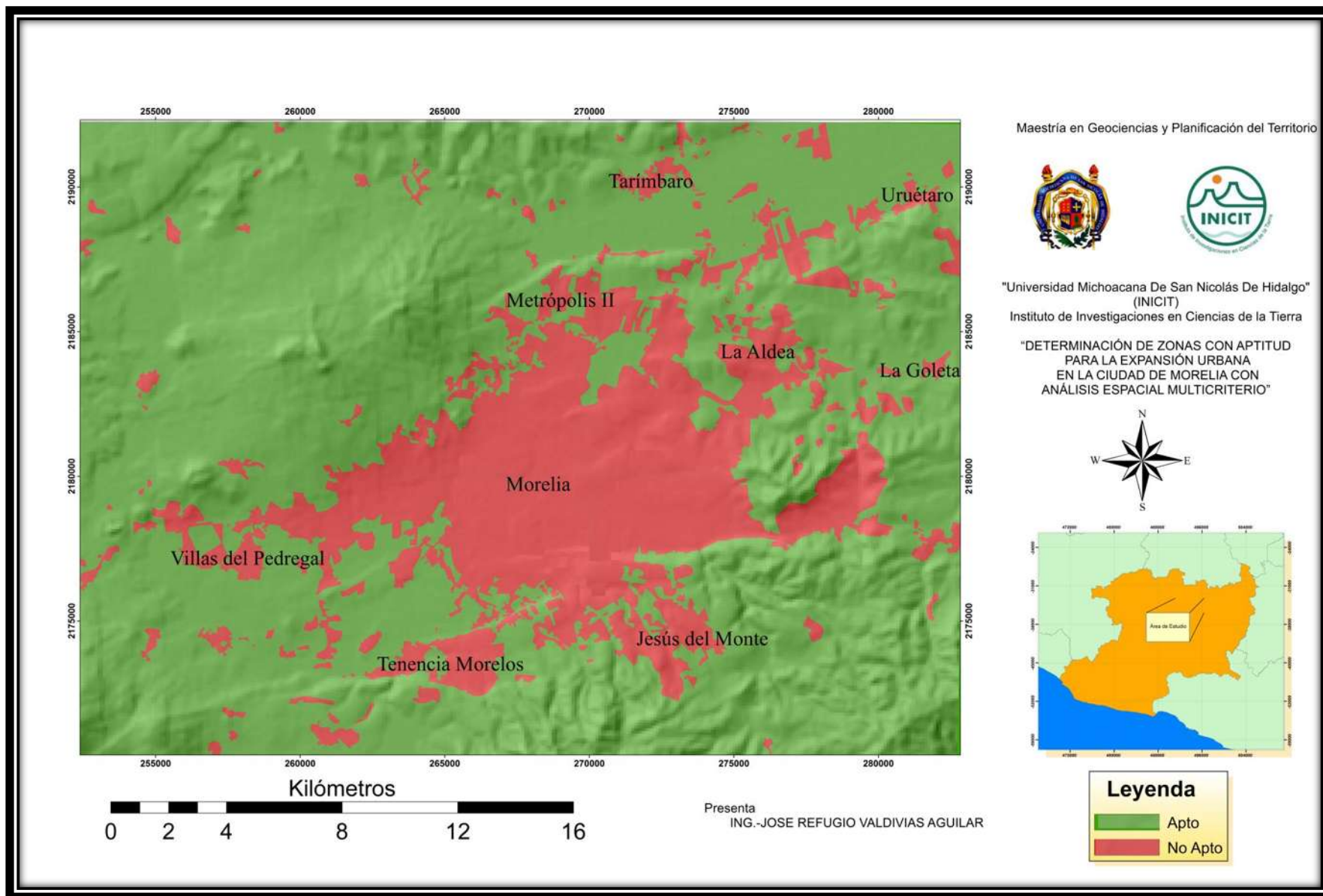


Figura 43: Mapa booleano de los asentamientos humanos en la zona de estudio.

7.2.2 Mapa de Fallas Geológicas

En varias ciudades del centro del país localizadas en la zona norte del Cinturón Volcánico Mexicano, como son Aguascalientes, Celaya, Irapuato, Querétaro, Salamanca y Morelia, se presentan hundimientos diferenciales relacionados con procesos de subsidencia-*creep*-falla que se deben a la conjunción de la subsidencia ocasionada por la sobreexplotación de los acuíferos, el *creep* de los sedimentos lacustres y fluviolacustres que coronan el basamento rocoso y, la presencia de fallas geológicas antiguas (Ávila-Olivera y Garduño-Monroy, 2006). En la zona de estudio se presentan 27 fallas geológicas basadas en la actualización de las fallas de INEGI y el Atlas de riesgo, de las cuales 13 se encuentran dentro de la ciudad de Morelia y ocasionan peligro por movimientos verticales y subsidencia o la combinación de ambas, dichas fallas son:

1. Falla Puerta del Sol.
2. Falla El Realito.
3. Falla La Soledad.
4. Falla Nocupétaro.
5. Falla Manantiales.
6. Falla La Colina.
7. Falla Girasoles.
8. Falla Cuautla.
9. Falla Chapultepec.
10. Falla Viveros.
11. Falla Torremolinos.
12. Falla La Paloma.
13. Falla Cerritos.

El Artículo 14 del Reglamento para la Construcción y Obras de Infraestructura del Municipio de Morelia señala la prohibición de construcciones en zona de riesgo (Gobierno del Estado, 1999), textualmente indica: "Quedará prohibido todo tipo de construcción en aquellas zonas que por su naturaleza representen riesgos derivados de fallas geológicas o medios físicos en general o de las acciones del hombre". El trabajar con este mapa temático en la planificación de la Ciudad de Morelia es de vital importancia para impedir que la ciudad siga creciendo sobre zonas de peligro tanto para sus habitantes como para la infraestructura que se construye.

Con el fin de conocer las zonas libres de peligro por fallas geológicas, se generó un mapa booleano con buffers de 25 m a cada lado de las fallas (figura 44 y cuadro 14), la idea es evitar que se construya en la zona de influencia de las fallas para prevenir daños a las edificaciones.

Cuadro 14: Área con aptitud y porcentaje por fallas geológicas.

Capa Analizada	Aptitud		Área (%)	Área (ha)
Fallas	No Apto	0	0.99	686.48
	Apto	1	99.01	68,350.66

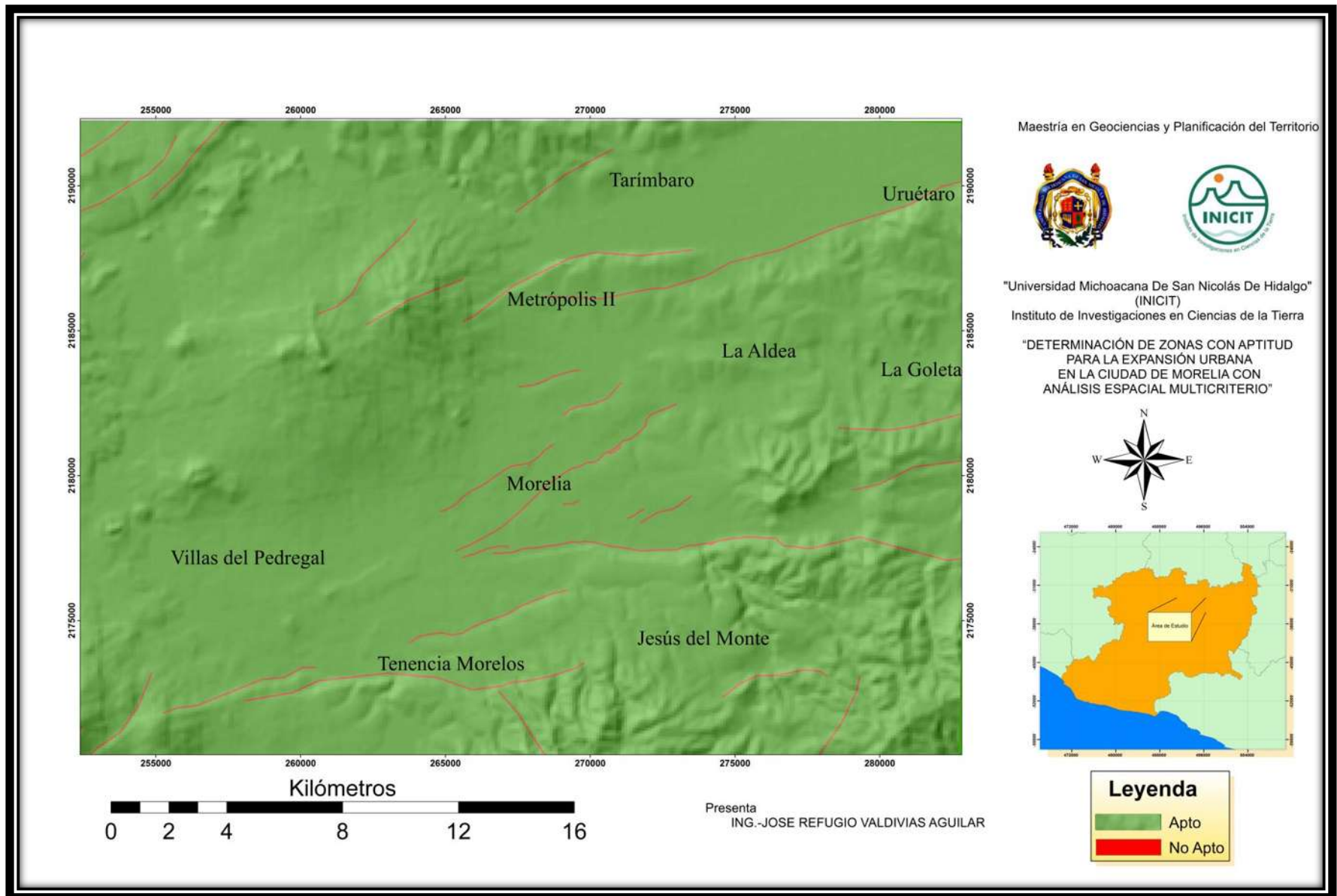


Figura 44: Mapa booleano de Fallas.



Figura 45: Vialidad deformada por falla geológica Nocupétaro.



Figura 46: Daño a viviendas causado por falla geológica fraccionamiento Galaxias Tarímbaro.

7.2.3 Mapa de Pendientes

El Reglamento para la Construcción y Obras de Infraestructura del Municipio de Morelia (Gobierno del Estado, 1999) indica que quedará prohibido todo tipo de construcción en zonas con pendientes topográficas mayores al 25%. Restringir el crecimiento urbano en estas zonas previene el peligro por deslizamientos, ya que las pendientes pronunciadas se encuentran asociadas a factores como: clima (lluvia), topografía (pendiente), tipo de roca (estructura, material), tipo de suelo (contenido de agua), actividades tectónicas (terremoto), uso de suelo (deforestación) (Hofstee y Brussel, 1999).

El tener construcciones en pendientes pronunciadas provoca un cambio de uso de suelo, lo que trae consigo el aumento de escorrentía de dichas zonas así como aumento en la velocidad de escurrimientos y caudales en los ríos, lo que provocar inundaciones (Rosatto *et al.*, 2010).

El tener zonas con pendientes menores al 25%, trae consigo beneficios para la instalación de servicios básicos para la población como son el abastecimiento de agua potable, líneas de drenaje y alcantarillado. En la ciudad de Morelia las zonas no aptas por presentar pendientes mayores a 25% corresponden a 648 ha, las áreas con pendientes menores y mayores al límite establecido por el reglamento citado se pueden observar en la figura 48 (cuadro 15).

Cuadro 15: Área con aptitud y porcentaje de área por Pendiente.

Capa Analizada	Aptitud		Área (%)	Área (ha)
Pendiente	No Apto	0	15.5	10,711.6
	Apto	1	84.5	58,325.6



Figura 47: Viviendas ubicadas en zona con pendientes pronunciadas.

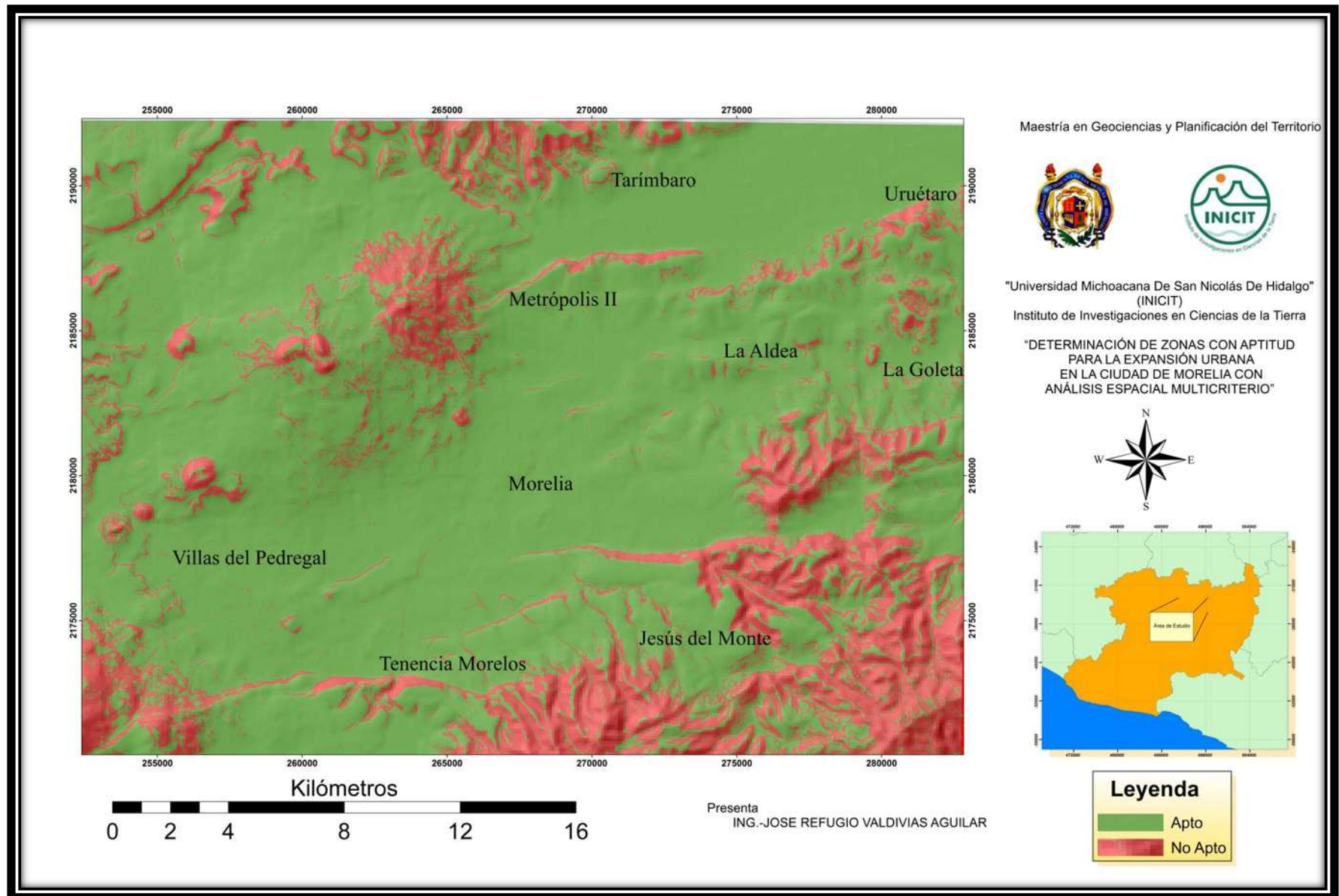


Figura 48: Mapa booleano de pendientes del terreno.

7.2.4 Mapa de Áreas Naturales Protegidas.

Las Áreas Naturales Protegidas (ANP) en la actualidad se constituyeron para ser el instrumento principal en la conservación de la biodiversidad y de los bienes y servicios ecológicos. Representan la posibilidad de la armonía equilibrada para lograr la integridad de los ecosistemas (Yáñez, 2007). Las Áreas Naturales Protegidas son las zonas del territorio nacional sobre las que la nación ejerce su soberanía y jurisdicción, en donde los ambientes originales no han sido significativamente alterados por la actividad del ser humano o que requieren ser preservadas y restauradas (DOF, 2016).

La Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (LGEEPA, 2008) y el Reglamento para la Construcción y Obras de Infraestructura del Municipio de Morelia, (Gobierno del Estado, 1999) indican que quedará prohibido todo tipo de construcción en suelos destinados a preservación ecológica. En el área de estudio se localizan ocho áreas naturales protegidas (cuadro 16 y figura 51) las cuales son:

1. Zona sujeta a preservación ecológica del Cerro Punhuato.
2. Zona sujeta a preservación ecológica Ex-Escuela Agrícola la Huerta.
3. Parque urbano ecológico Fideicomiso de la Ciudad Industrial de Morelia.
4. Parque urbano ecológico Francisco Zarco.
5. Instituto Agropecuario N° 7.
6. Zona sujeta a conservación ecológica Loma de Santa María y depresiones aledañas.
7. Zona sujeta a preservación ecológica Manantial La Mintzita.
8. Zona de restauración y protección ambiental Cañadas del río Chiquito.

El área total destinada a las ANP es de 1, 319.5 has que representan el 1.9% del área total de estudio. Las áreas naturales protegidas se encuentran en su mayoría al sur de la ciudad siendo la de mayor área la Mintzita con 419.6 ha, seguida por la Ex Escuela Agrícola la Huerta con 271.5 ha, la Loma de Santa María con 271.48 ha, la del río Chiquito con 205.08 ha; el resto de las ANP no rebasan las 100 ha.

Cuadro 16: Área con aptitud y porcentaje por Áreas Naturales Protegidas (ANP).

Capa Analizada	Aptitud		Área (%)	Área (ha)
ANP	No Apto	0	1.91	1,319.49
	Apto	1	98.09	67,717.64



Figura 49: Área Natural Protegida Loma de Santa María.



Figura 50: Área Natural Protegida Cañada del Río Chiquito.

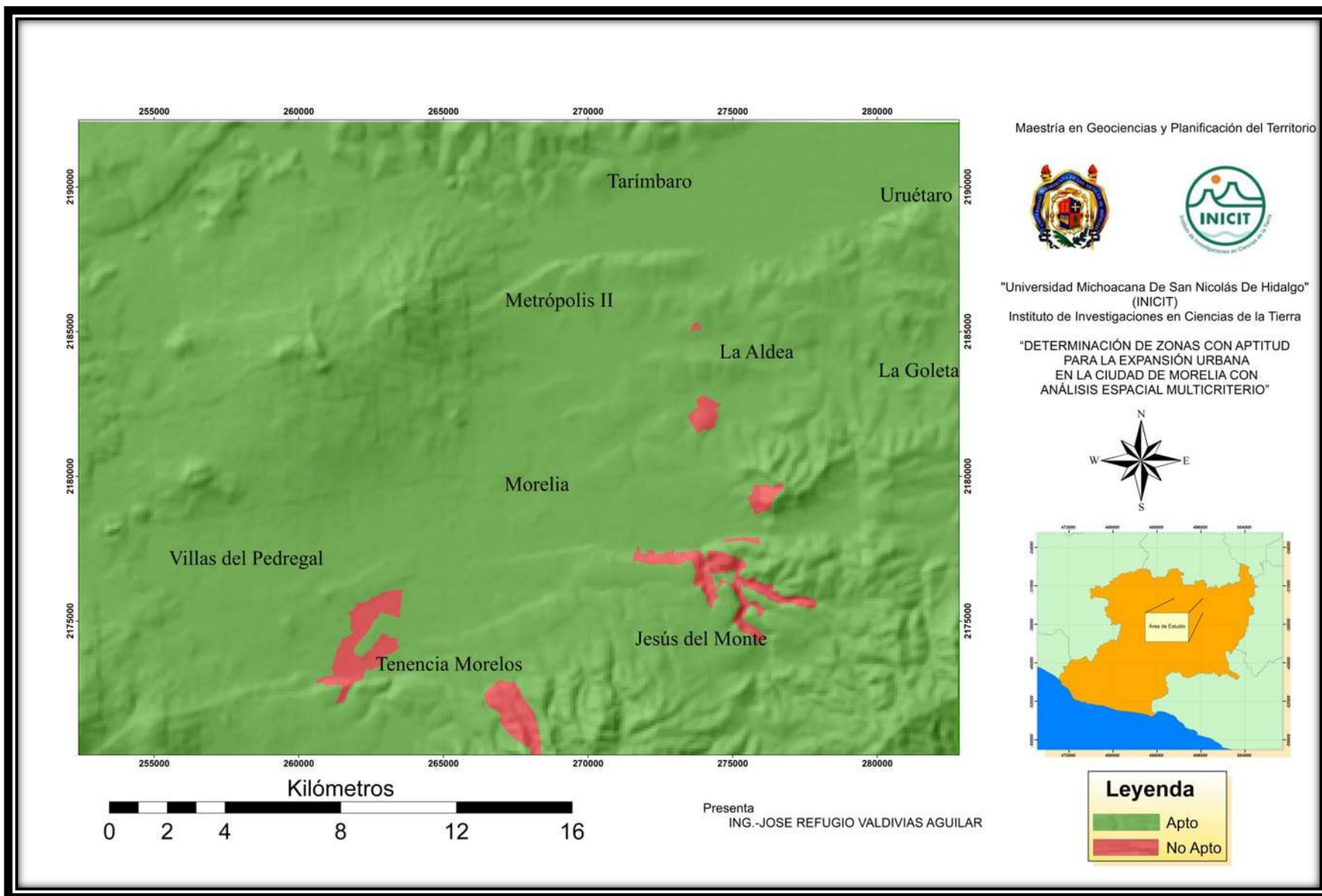


Figura 51: Mapa booleano de las Áreas Naturales Protegidas.

7.2.5 Mapa de Cuerpos de Agua.

Los cuerpos de agua se crean por la existencia de alguna depresión topográfica o alguna creación artificial del hombre. Las acumulaciones de agua en un área determinada tendrán elevación y disminución de la profundidad, de acuerdo a varios factores como son la cantidad de precipitación, la evapotranspiración, extracción de agua, entre otros lo cual hará que sus límites varíen constantemente.

En la zona de estudio existen seis cuerpos de agua cartografiables, siendo el más grande la presa de Cointzio ubicado en la zona sur del área de estudio. En total los cuerpo de agua incluyendo la porción de la presa comprendida en la zona de interés, representan únicamente el 0.56% del área de estudio (figura 53 y cuadro 17).

La presa de Cointzio fue construida en julio de 1939 para cubrir diferentes requerimientos, fundar el distrito de riego Morelia - Queréndaro (incorporando 30,000 ha a la agricultura de riego), proporcionar agua potable a la población, generar energía eléctrica y tener un control de las avenidas del Río Grande de Morelia. Actualmente la presa de Cointzio solo cumple con la función de proporcionar agua potable al 30 % de población de Morelia (Ávila-García, 1999).

Cuadro 17 : Área con aptitud y porcentaje por cuerpos de agua.

Capa Analizada	Aptitud		Área (%)	Área (ha)
Cuerpo de Agua	No Apto	0	0.56	384.48
	Apto	1	99.44	68,652.66



Figura 52: Presa Cointzion (Fuente: <http://periodismoaudaz.com.mx/?p=26344>).

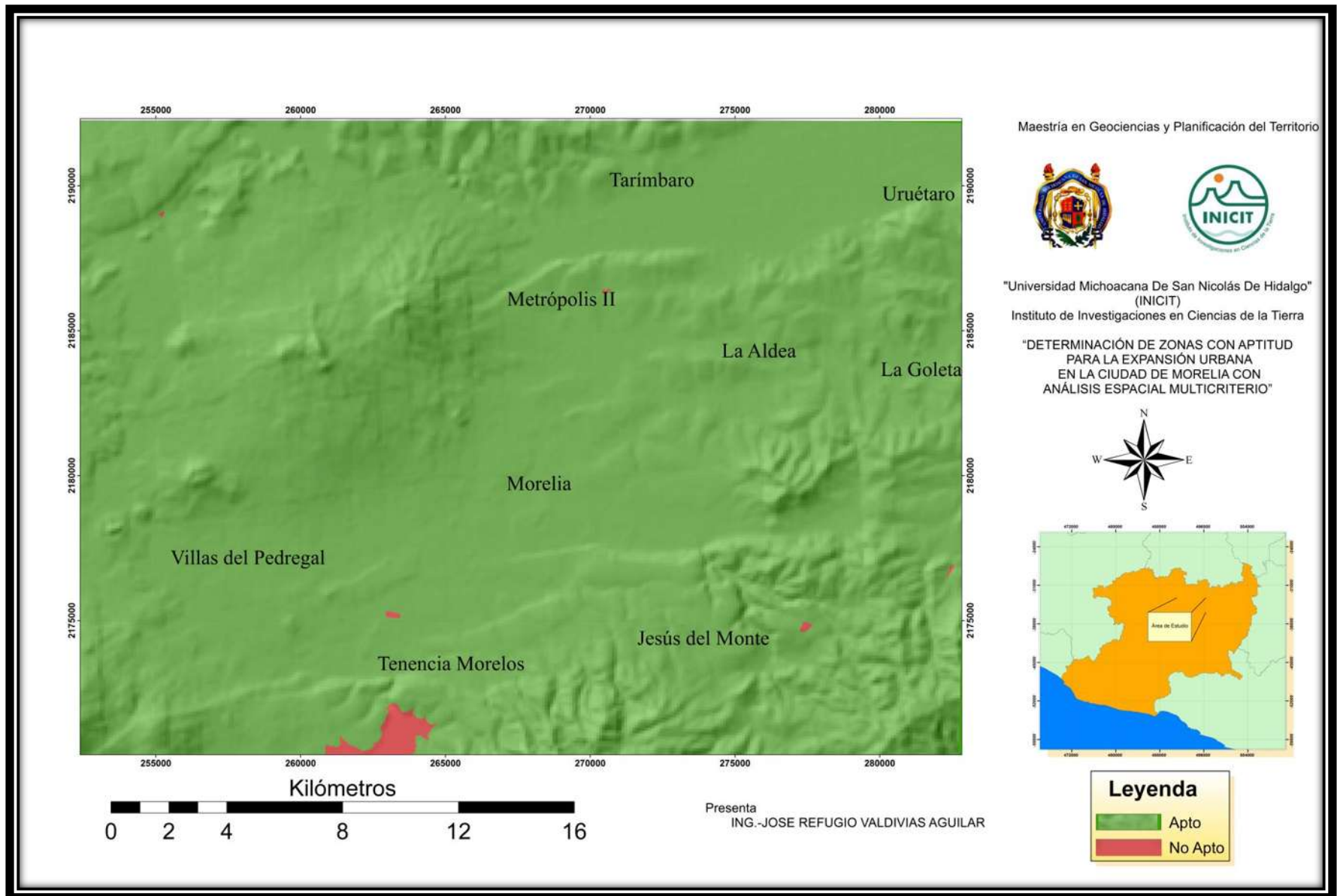


Figura 53: Mapa booleano de cuerpos de agua.

7.2.6 Mapa de Inundaciones.

El Reglamento para la Construcción y Obras de Infraestructura del Municipio de Morelia indica que quedará prohibido todo tipo de construcción en áreas de inundación (figura 57).

Derivado de las ventajas que tienen ciertos lugares en cuanto a la accesibilidad y condiciones físicas que hacen parecer factible un lugar para urbanizar, el crecimiento urbano en la Ciudad de Morelia se da cercano a causes, cuerpos de agua y márgenes de los ríos, lo que provoca una exposición y creciente probabilidad de tener inundaciones (Corona, 2009).

De acuerdo con Hernández, (2011) las áreas inundables se encuentran en diferentes puntos de la ciudad y se relacionan con las márgenes de los ríos, áreas de intersección de éstos, también sobresalen colonias que se encuentran en zonas bajas, algunas se encuentran rodeadas por pendientes pronunciadas, otras anteriormente se dedicaban a la agricultura, todas padecen recurrentes inundaciones, situación que afecta a las colonias:

- | | |
|-------------------|--|
| 1. Tres Puentes | 8. Chapultepec Sur y Norte |
| 2. Jaime Nunó | 9. Nueva Chapultepec |
| 3. Carlos Salazar | 10. Electricistas |
| 4. La Primo Tapia | 11. Camelinas |
| 5. Solidaridad | 12. Gertrudis Sánchez |
| 6. Félix Ireta | 13. Valle del Real Medallistas Olímpicos |
| 7. Ventura Puente | 14. Felicitas del Río |

El modelo utilizado como área de inundación es un modelo computacional de inundación elaborado por Hernández, (2011). Se basó en la correlación de variables físicas (curvas de nivel, longitud de cauce, cauces principales y secciones transversales en un Sistema de Información Geográfica (SIG) y con la obtención e integración de información hidrometeorológica como precipitación, escorrentía, volumen de agua, hipsometría, coeficientes de escurrimiento, longitud y superficie del área de estudio; con base en este modelo de inundación se generó un mapa booleano en el cual se estableció el área apta y no apta para inundaciones.

Cuadro 18: Área con aptitud y porcentaje por área inundable.

Capa Analizada	Aptitud		Área (%)	Área (ha)
Zona Inundable	No Apto	0	5.99	4,132.51
	Apto	1	94.01	64,904.63



Figura 54: Crecimiento urbano en áreas inundables (http://archivo.eluniversal.com.mx/img/2013/09/Est/rio_morelia_inundacion-movil.jpg).



Figura 55: Inundación en las márgenes del Río Grande.



Figura 56: Inundación en la margen del Río Chiquito.

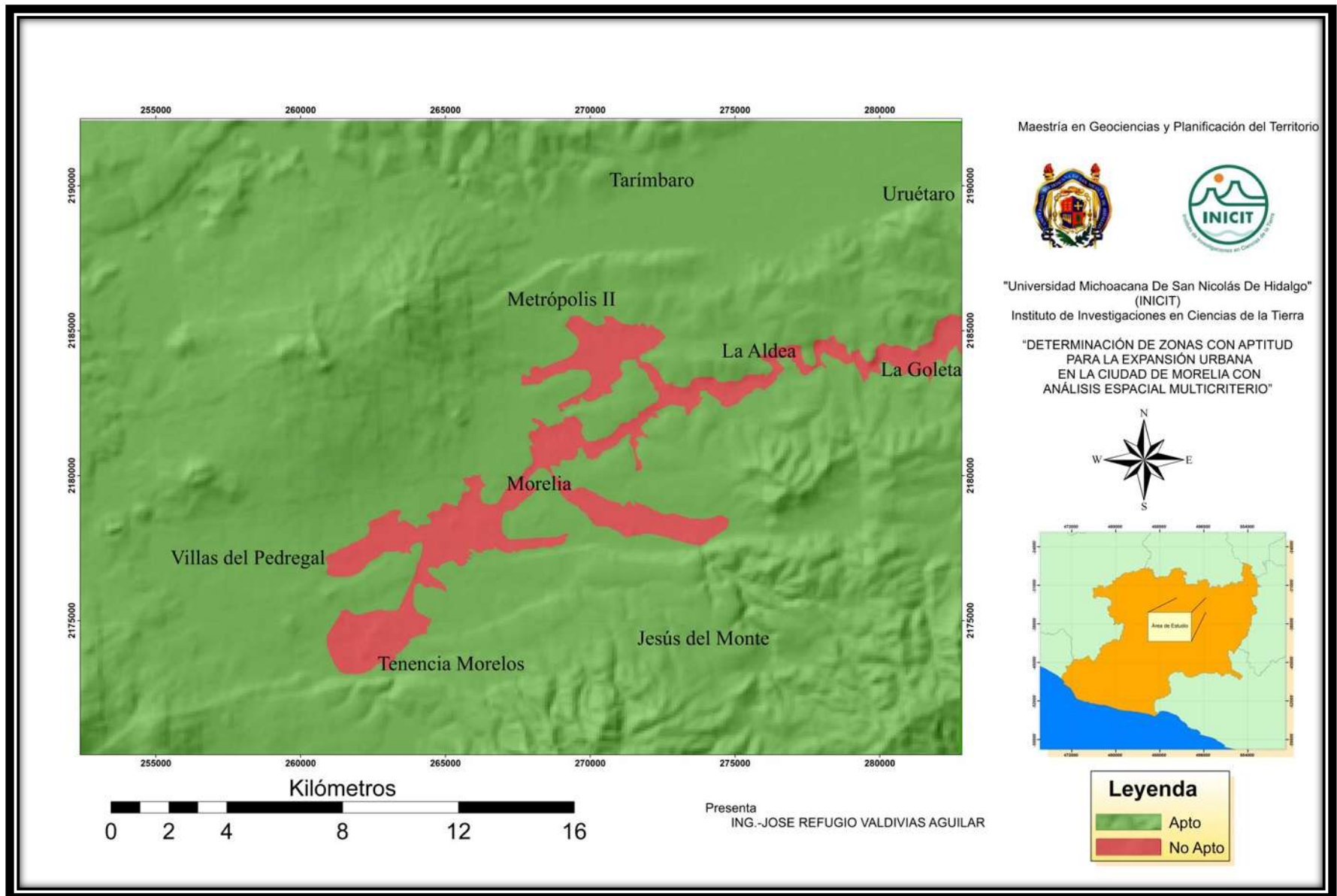


Figura 57: Mapa booleano de inundaciones (Hernández 2011).

7.2.7 Mapa Final de Áreas Aptas y no Aptas

Para la obtención del mapa de áreas aptas se fusionaron todos los mapas booleanos limitantes, obteniendo un mapa que identifica las áreas disponibles para la expansión urbana; este mapa se basó en las restricciones utilizadas para la expansión urbana (Apartado 6.1.3.).

La primera etapa del trabajo fue concluida al encontrar la áreas aptas para la expansión urbana de la ciudad de Morelia, de las 69, 000 ha analizadas 27,965.70 ha no son aptas para la expansión urbana (40.5%) y 41,034.30ha son aptas para la expansión urbana (59.5%) (cuadro 19 y figura 59).

Cuadro 19: Área con aptitud y porcentaje por combinación de restricciones

<i>Capa Analizada</i>	<i>Aptitud</i>		<i>% Área</i>	<i>Área Has</i>
<i>Mascara Final</i>	<i>No Apto</i>	<i>0</i>	<i>40.53</i>	<i>27,965.7</i>
	<i>Apto</i>	<i>1</i>	<i>59.47</i>	<i>41,034.30</i>

El área apta para el crecimiento de la ciudad y su zona conurbada se encuentra distribuida en el periurbano, en donde se encuentran 151 polígonos y los más grandes se localizan hacia el oeste así como al noroeste y suroeste del área de estudio (figura 59).



Figura 58 : Posible área apta para urbanizar, San Juanito Itzicuaró (2016).

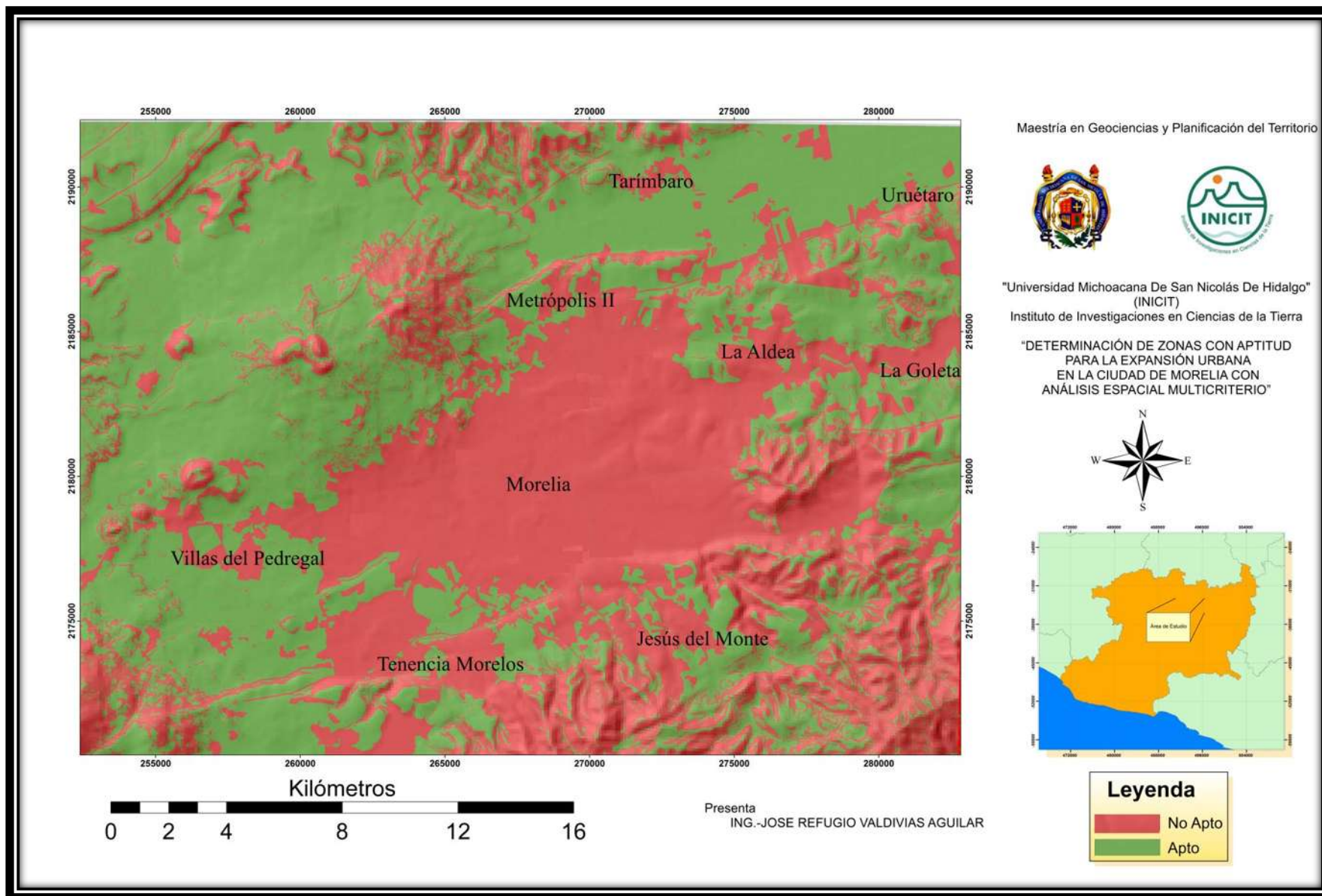


Figura 59: Mapa booleano final, en verde áreas aptas para la expansión urbana, en rojo áreas no aptas.

7.3 Clasificación de áreas aptas.

Se realizaron 3 posibles modelos clasificados de expansión urbana (tres diferentes metodologías de asignación de pesos), teniendo las mismas limitantes y criterios para los modelos siguiendo el mismo orden de importancia para conocer lo métodos ver el apartado 6.2.3. Se obtuvieron 3 mapas clasificados que ayudarán a discernir el método más adecuado para la zona de estudio.

Obtenidas las áreas aptas se analizaron los criterios utilizados (cuadro 20), estos criterios fueron estandarizados mediante la normalización y fueron priorizados para la asignación de pesos en el análisis multicriterio.

Cuadro 20: Criterios a ser analizados para la obtención de áreas aptas clasificadas.

CRITERIOS SUBCRITERIOS	
Proximidad a zonas urbanas	<i>Mayor aptitud derivado del menor costo de desplazamiento, reducción en los costos de servicios, vías de comunicación, transporte público entre otros.</i>
Proximidad a vías de transporte	<i>Mayor aptitud en zonas próximas a las vías de transporte, permitiendo mayor accesibilidad.</i>
Proximidad a redes eléctricas	<i>Mayor aptitud en zonas próximas a las redes eléctricas, lo cual permitirá contar con el servicio de luz.</i>
Fallas geológicas	<i>Las áreas con mayor aptitud se encuentran alejadas de las fallas, evitando daños a las construcciones.</i>
Distancia a cuerpos de agua	<i>Las áreas con mayor aptitud se encuentran alejadas de los cuerpos de agua, evitando riesgos de inundación así como contaminación de las aguas superficiales.</i>
Pendiente	<i>Mayor aptitud en zonas de baja pendiente, minimizan costos de construcción de infraestructura, y presentan menor riesgo por deslizamientos.</i>
Cobertura	<i>Mayor aptitud en áreas transformadas como lo son pastizales y protección de las coberturas naturales que se encuentran en retroceso.</i>
Suelo	<i>Mayor aptitud en áreas que dispongan de suelos con mejores características para su urbanización.</i>

7.3.1 Pesos asignados a los criterios y subcriterios para generar modelos clasificados de aptitud para el crecimiento urbano.

Una vez normalizados y priorizados los criterios y subcriterios, se elaboraron los árboles de decisión para los 3 modelos representados en los cuadros 21, 22 y 23. Estos árboles se crearon asignando la misma importancia a los criterios y obteniendo diferentes pesos de acuerdo al método utilizado (método rank ordering, método de comparación pareada y método directo); es decir, se generaron tres modelos espaciales de aptitud para la expansión urbana de acuerdo a los métodos utilizados.

El orden de priorización e importancia de los criterios fue el siguiente:

1. Infraestructura.
2. Peligro.
3. Factores Biofísicos.

El criterio de **infraestructura** fue designado como el más importante, se subdivide en cercanía a las manchas urbanas, a carreteras y a redes de energía eléctrica a estos subcriterios se les asignó un peso (en orden de importancia destacando la necesidad de servicios que se encuentran dentro de las áreas urbanas). El subcriterio más importante y con mayor peso fue la distancia a áreas urbanas, seguido de distancia a carreteras que es un factor importante por facilitar el acceso y movilidad, finalmente se designó como último pero no menos importante la distancia a redes eléctricas.

Orden de importancia de subcriterios de Infraestructura:

1. Distancia a las áreas urbanas.
2. Distancia a las carreteras.
3. Distancia a las redes eléctricas.

A partir del año 2000, en la periferia de la ciudad de Morelia se comenzaron a construir desarrollos habitacionales de interés social para albergar a miles de familias, como es el caso del Fraccionamiento Villas del Pedregal (14,000 viviendas y se proyecta construir 6,000 más (Espinosa-Ortiz *et al.*, 2015). En donde habitan actualmente 14,934 habitantes (Amaral, 2016) y; Villas Oriente, planeada para habitar 3,000 familias. Uno de los problemas por el establecimiento de este tipo de asentamientos es la escasez de equipamientos en relación a la distancia a vialidades, actividades laborales, educacionales, recreacionales y de salud.

La ubicación periférica en estos fraccionamientos genera altos costos para los habitantes ya que por la escasez de equipamiento en la zona requieren trasladarse diariamente para realizar sus actividades, además de la mala condición de las vialidades y transporte, la distancia, tráfico lento y costo económico; este conjunto de factores propicia que los residentes consuman demasiado tiempo y dinero en su movilidad (Matus-Ruiz y Ramírez-Autrán, 2013; Espinoza-Ortiz *et al.*, 2015).

Un ejemplo de los gastos de personas que se establecen en zonas alejadas en Villas del Pedregal indica que los padres de familia perciben un salario promedio de \$6,170 y las madres \$3,520. En relación al porcentaje de habitantes que viven en el fraccionamiento el 10.63% de los padres tienen un empleo eventual, mientras que el 37.50% de las madres son amas de casa por lo que no perciben sueldo (Espinoza-Ortiz *et al.*, 2015).

En la presente investigación se analizaron los gastos que requiere una familia para transportarse, considerando un padre de familia que trabaja fuera del desarrollo habitacional, así como dos hijos que asisten a la escuela en la Ciudad de Morelia, generarían un gasto promedio de \$1,120 mensuales, considerando sólo una salida del fraccionamiento diaria, lo que es equivalente al 18.15% del ingreso familiar, invirtiendo al menos dos horas diarias de recorrido.

El criterio **peligro** es el segundo más importante a considerar en la planificación urbana, derivado de la necesidad de que la población se establezca en lugares seguros, que no pongan en riesgo el bienestar de las personas así como su patrimonio. Los subcriterios fueron colocados de igual manera en nivel de importancia, colocando la distancia a fallas geológicas en primera posición, esto por encontrarse en algunos casos fallas en lugares con buena accesibilidad y condiciones factibles para la urbanización. El subcriterio de cercanía a cuerpos de agua es el segundo en importancia porque en la zona de estudio la superficie cubierta por ellos es muy pequeña.

Orden de importancia de subcriterios de Peligro:

1. Distancia a las fallas.
2. Distancia a los cuerpos de agua.

Del criterio **factores biofísicos** es el tercero en importancia y de este se desprenden los siguientes subcriterios en orden de importancia:

1. Cobertura.
2. Suelo.
3. Pendiente.

El subcriterio de la *cobertura vegetal y uso del suelo* es el primero en importancia porque existen ciertos tipos de cobertura y uso más propensos a ser urbanizados, como lo son pastizales inducidos y matorrales, los cuales tendrán mayor posibilidad de ser transformados por encontrarse en lugares relativamente planos así como el tener cercanía con las localidades urbanas (Rangel-Velarde, 2008).

El subcriterio de tipo de *suelo* es el segundo en importancia ya que de este dependerá en gran parte los costos de la infraestructura de los servicios públicos y, la estabilidad de las construcciones que se edifiquen.

El subcriterio de la *pendiente* es el tercero en importancia. Al prever que los asentamientos se establezcan en lugares con una pendiente adecuada (menor a 25%), también se reduce el costo en infraestructura de los servicios públicos y, se reduce el riesgo de deslizamientos.

Asignación de pesos

La asignación de pesos con el método *rank ordering* (ILWIS) se realizó ajustando los pesos de acuerdo al orden jerárquico dentro de un conjunto de pesos posibles, el peso del criterio más importante es siempre mayor o igual al segundo más importante y el peso del último criterio es mayor o igual a cero.

Cuadro 21: Árbol de decisiones multicriterio modelo 1

Modelo 1 Método Rank Ordering

Criterio	Peso Criterio	Subcriterio	Pesos Subcriterio
Infraestructura	0.61	Distancia a las áreas urbanas	0.61
		Distancia a las carreteras	0.28
		Distancia a las red eléctricas	0.11
Peligro	0.28	Distancia a las fallas	0.75
		Distancia los cuerpos de agua	0.25
Criterio	0.11	Cobertura	0.61
		Suelos	0.11
		Pendientes	0.28

La asignación de pesos por el método de comparación por pares, determina los valores de importancia haciendo una comparativa entre pares de factores, lo cual indica cual es el criterio o subcriterio más importante.

Cuadro 22: Árbol de decisiones multicriterio modelo 2

Modelo 2 Método Comparación Pareada

Criterio	Peso Criterio	Subcriterio	Pesos Subcriterio
Infraestructura	0.64	Distancia a las áreas urbanas	0.73
		Distancia a las carreteras	0.19
		Distancia a las red eléctricas	0.08
Peligro	0.26	Distancia a las fallas	0.83
		Distancia los cuerpos de agua	0.17
Criterio	0.1	Cobertura	0.64
		Suelos	0.1
		Pendientes	0.26

La asignación de pesos por el método directo es la asignación manual de los mismos, colocando los pesos de acuerdo a lo que la persona o personas que analizan creen conveniente.

Cuadro 23: Árbol de decisiones multicriterio modelo 3

Modelo 3 Método Directo

Criterio	Peso Criterio	Subcriterio	Pesos Subcriterio
Infraestructura	0.42	Distancia a las áreas urbanas	0.50
		Distancia a las carreteras	0.33
		Distancia a las red eléctricas	0.17
Peligro	0.33	Distancia a las fallas	0.67
		Distancia los cuerpos de agua	0.33
Criterio	0.25	Cobertura	0.5
		Suelos	0.33
		Pendientes	0.17

La asignación de pesos se realizó por tres métodos diferentes, lo que permitió obtener tres modelos distintos, los cuales se pueden comparar al generar los mapas clasificados de aptitud correspondientes.

7.3.2 Análisis de Modelo 1, 2 y 3

Los resultados de cada modelo se clasificaron en 4 niveles de acuerdo a su valor de aptitud: nivel 1 (0.00-0.249), nivel 2 (0.25-0.499), nivel 3 (0.50-0.749) y el nivel 4 (0.75-0.99) (cuadro 24). La designación de pesos fue en base a los diferentes modelos 1 (rank ordering), 2 (comparación pareada) y 3 (asignación directa).

Cuadro 24: Aptitud, Áreas y porcentajes de área modelos 1, 2 y 3.

Aptitud	Modelo 1 (figura 60) Rank Ordering		Modelo 2 (figura 61) Comparación pareada		Modelo 3 (figura 62) Método Directo	
	Área (ha)	Aptitud (%)	Área (ha)	Aptitud (%)	Área (ha)	Aptitud (%)
Nivel 1	30,135.2	44.1	30,173.1	44.1	30,072.4	44.0
Nivel 2	15,297.1	22.4	19,383.5	28.4	3,080.6	4.5
Nivel 3	14,113.4	20.6	9,714.8	14.2	24,238.1	35.4
Nivel 4	8,837.2	12.9	9,111.5	13.3	10,991.8	16.1

Cuadro 25: Valores de aptitud de acuerdo a su clase.

Aptitud	Valor
Nivel 1	0.00-0.249
Nivel 2	0.25-0.499
Nivel 3	0.50-0.749
Nivel 4	0.75-0.99

En el modelo uno y dos los porcentajes de áreas en el nivel de aptitud 2 varían en 6%, en zonas aptas presentan una diferencia de 6.4% y en áreas del nivel 4 solo existen la diferencia de un 0.4%, es decir; estos dos modelos tienen mayor coincidencia en los niveles 2 y 4 de aptitud lo que los hace semejantes (cuadro 24). El método directo (modelo 3) presenta mayor variación en todos los niveles de aptitud, con respecto a los primeros dos modelos (cuadro 24).

Basados en el valor de aptitud del cuadro 25, solo serán analizadas las áreas que se encuentren en el nivel 4 de aptitud la cual ronda entre 0.75 y 0.99 esta clase es la que cumple de mejor forma todos los criterios utilizados, el tomar un valor menor no garantiza el que se estén considerando todos los criterios de la mejor forma. El nivel 4 de aptitud será considerado como el único resultado que dará áreas aptas para la expansión urbana.

El modelo uno es el que presenta menor superficie de zonas aptas para el crecimiento de la ciudad (8,837.2 ha). Uno de los factores que hacen que la aptitud disminuya en los tres modelos se debe a la lejanía a las zonas urbanas; actualmente las personas de clase media baja que habitan en la periferia de la ciudad desperdician dinero y tiempo en movilizarse de su casa a sus centros de trabajo.

La distribución del patrón de las áreas con aptitud en los tres modelos es similar, en mayor cantidad de superficie se ubica hacia el noroeste y al suroeste, así como en el periurbano de la Ciudad de Morelia (figura 60, 61 y 62). La distribución de áreas se puede observar con base en los colores asignados a cada nivel de aptitud. Analizando la variación que se tiene en los modelo 1 y 2 son similares y su variación no es mayor al 0.4% en las áreas aptas.

El método rank ordering es el que arroja la menor superficie como área apta este se basa en la importancia del criterio y dentro de un conjunto de pesos posibles. Tomando como regla que el peso del más importante es siempre mayor o igual al segundo más importante y el peso del criterio menos importante será mayor o igual a cero. Este método de basa en la aplicación de una formula, la cual genera los valores designados estos se pueden apreciar en forma de una matriz en forma diagonal formada con la combinación del número de criterios y los criterios, el valor esperado ya está prediseñado en base al número de criterios y la combinación de los diferentes criterios (cuadro 7 y 8) (Ali Sharifi, 2004).

El método directo es aquel donde el usuario o persona asigna los pesos de forma manual en base a su conocimiento en función a los grupos de criterios asignando el valor de acuerdo a la importancia que deduce le corresponderle a cada uno de los criterios.

El método de la comparación pareada está diseñado para reflejar la manera en que la gente piensa cuando se enfrenta a decisiones complejas basándose en la descomposición de juicios comparativo y síntesis de las prioridades del problema de decisión (Gómez-Delgado y Barredo-Cano, 2006). El método parte del supuesto que en la toma de decisiones, la experiencia y el conocimiento de la gente es tan valiosa como los datos que se usan. El proceso consiste en descomponer una situación compleja y no estructurada en sus componentes, ordenarlos en una jerarquía, realizar comparaciones binarias y atribuir valores numéricos a juicios subjetivos, agregando las soluciones parciales en una solución (Daga-López, 2009).

El método de la comparación pareada, tiene forma de valuar las elecciones en base a la consistencia de la información seleccionada, lo que dará que no existan contradicciones en sus elecciones, lo cual garantiza que si la asignación de pesos sigue las reglas, esta será

consistente. La consistencia es una medida basada en las correlaciones entre distintos criterios y subcriterios dentro de una misma evaluación.

Apoyado en las descripciones antes dichas se llega a la conclusión que el mejor método es el de la comparación pareada por tener las siguientes ventajas:

1. Permite la toma de decisiones compleja basándose en la descomposición de juicios comparativos.
2. Toma el conocimiento y experiencia de las personas para la toma de decisiones.
3. Permite convertir comparaciones cuantitativas a cualitativas.
4. Permite la verificación de las elecciones tomadas mediante la medición del factor de consistencia.

Realizando un análisis observando los patrones de aptitud se logra observar que la mayor aptitud en los tres métodos se ubica en el periurbano de la ciudad de Morelia, analizando los modelos uno y dos se logra distinguir la conectividad que existe entre los modelos teniendo la mejor conectividad el modelo dos generado a partir de la comparación pareada lo que trae consigo el confirmar que el modelo tiene una mejor distribución de las aptitudes en base a las clases designadas.

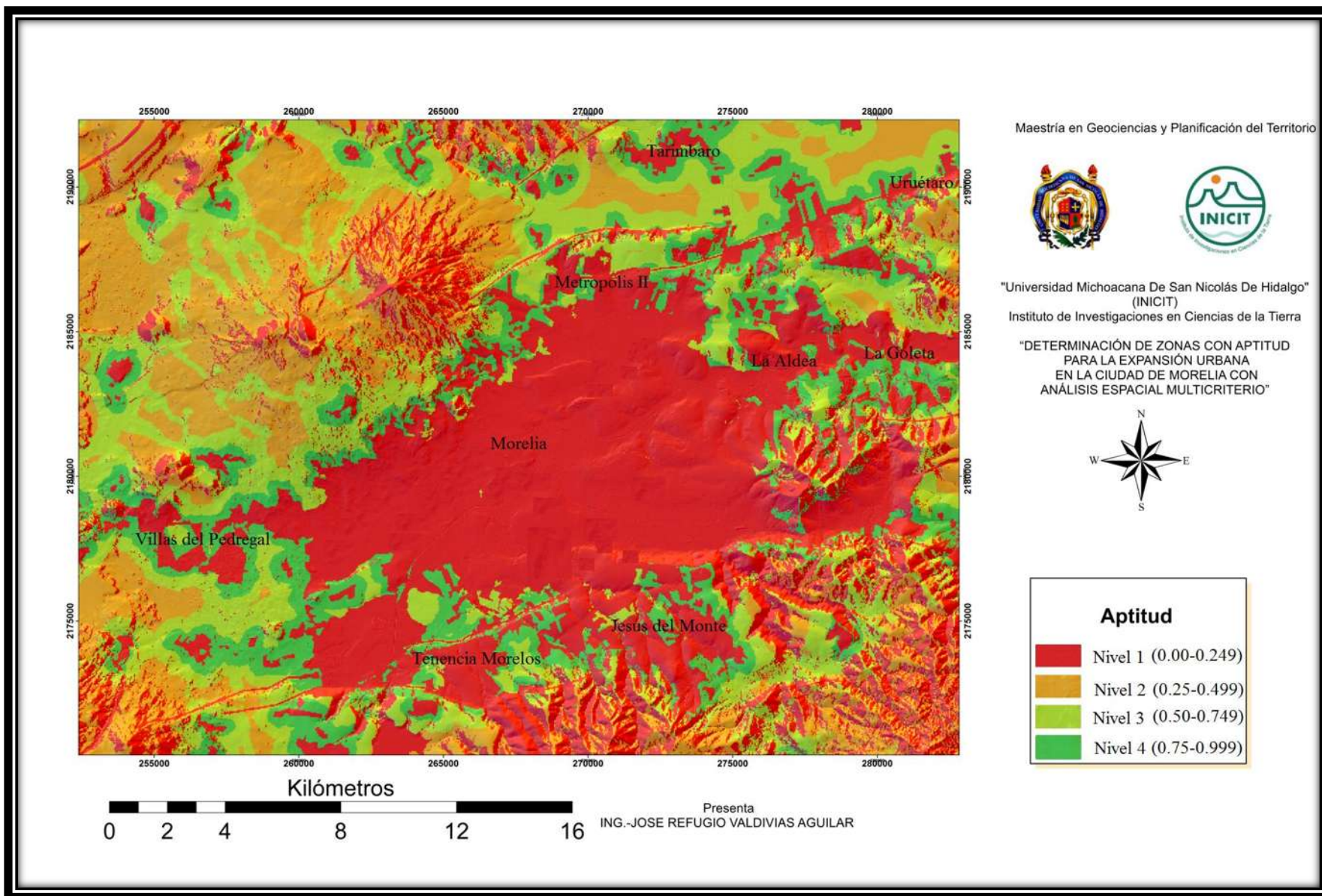


Figura 60: Mapa aplicando el método Rank Ordering.

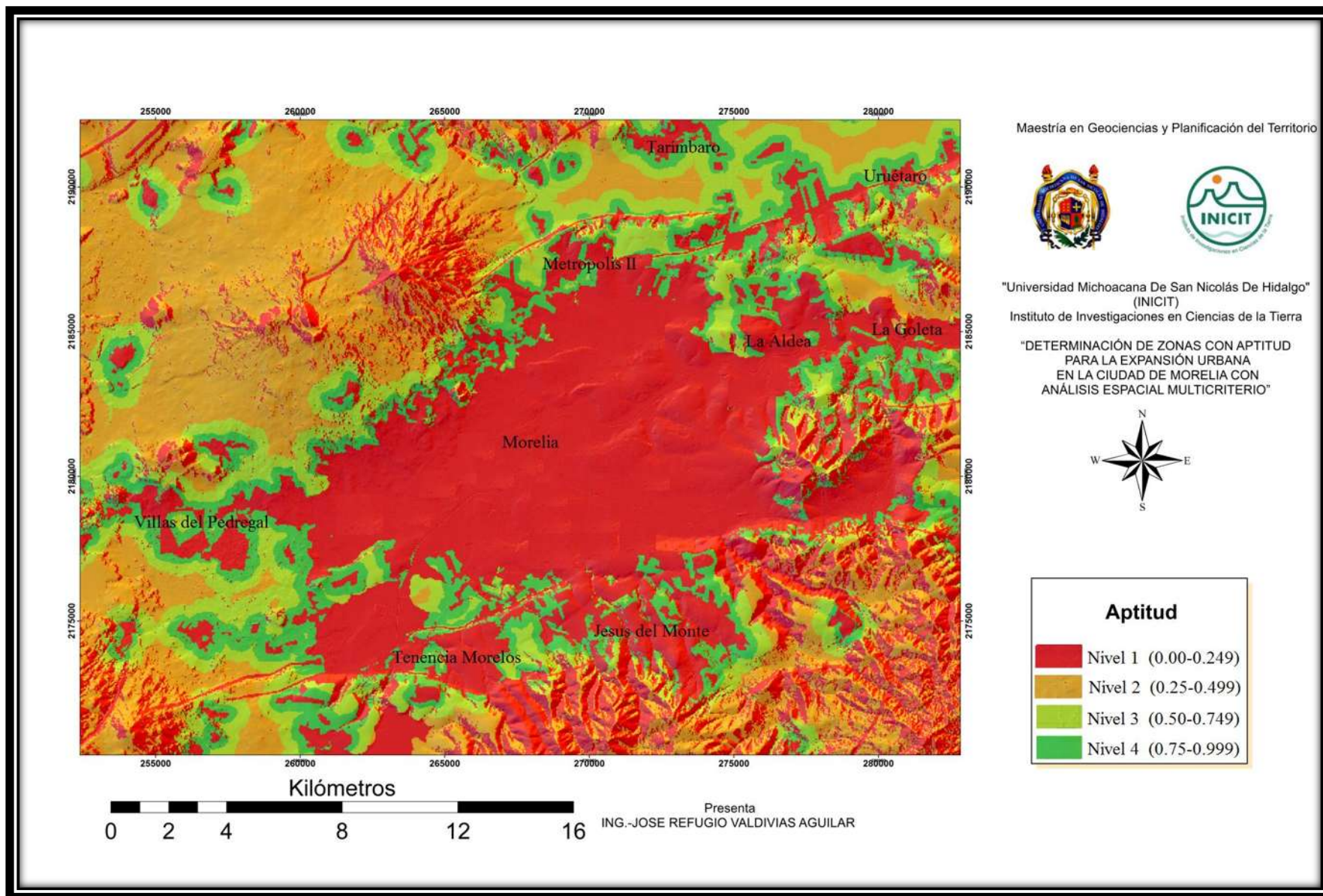


Figura 61: Mapa aplicando la Comparación Pareada.

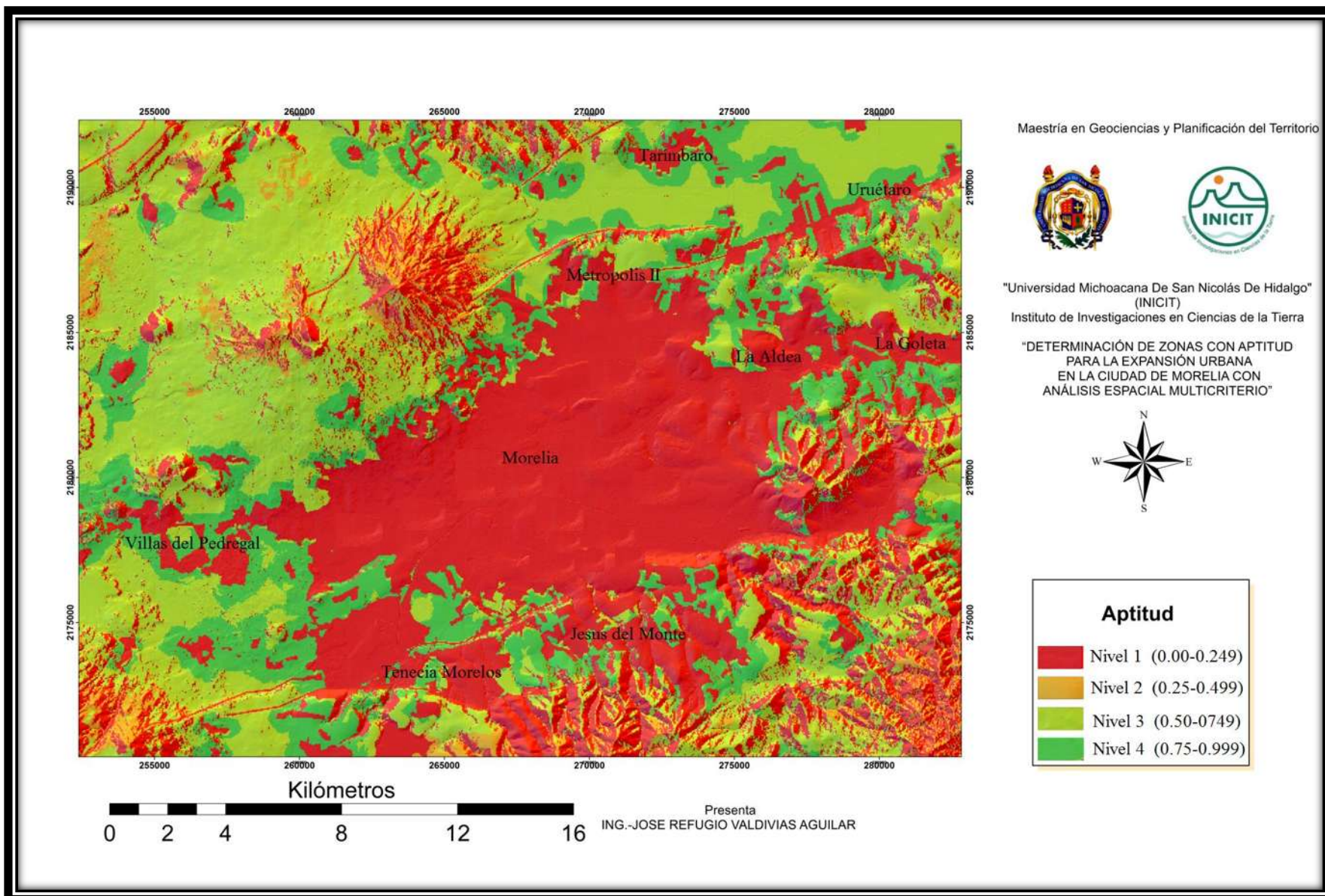


Figura 62: Mapa Aplicando Método Directo.

8 CONCLUSIONES

En este estudio se analizó el crecimiento poblacional y urbano de la Ciudad de Morelia en el periodo 1960-2013, en los últimos años la superficie que ocupa la ciudad de Morelia se encuentra creciendo con mayor rapidez que el crecimiento de su población, a pesar de que ésta última ha disminuido con el paso de los años. La tasa de crecimiento de la ciudad presenta dos picos importantes, el primero coincide con la culminación de la autopista México-Guadalajara y el terremoto de 1985 que ocasionó que personas que habitaban en la Ciudad de México migraran a Morelia; y el segundo pico en el año 2005 cuando se construyen nuevos fraccionamientos residenciales en la periferia, los que incluyen campos de golf (Altozano y Tres Marías), así como fraccionamientos de interés social, tal es el caso de Villas del Pedregal el cual está proyectado para alojar a cinco mil familias.

En Morelia, después del año 2000 la ciudad incrementa su superficie más rápidamente que la población, en el periodo 2000-2013, la población se incrementó 16.9% y la mancha urbana 47.0%, es decir, la ciudad como cobertura del terreno creció más allá de la demanda poblacional. Por lo anterior, no es necesario que la ciudad siga creciendo, actualmente existen más de 50 mil viviendas deshabitadas y construir nuevos fraccionamientos implica especulación inmobiliaria.

Como parte de la presente investigación y con el interés de cuantificar las consecuencias de la falta de planificación, se realizó el análisis espacial de las zonas no aptas en donde se han desarrollado los asentamientos humanos (AH) en el área de estudio. Para tal efecto se realizó un análisis de las restricciones por fallas geológicas, pendientes mayores a 25% y áreas de inundación. Los resultados indican que 253 ha dentro del área de estudio que se encuentran habitadas son afectadas por fallas geológicas (1.6% de los AH); 2,274 ha urbanizadas se encuentran ubicadas en zonas de inundación (14.5% de los AH) y; 648 ha con desarrollo urbano se localizan en zonas con pendiente superior al 25% (4.13% de los AH). En algunos casos, más de una restricción inciden en un área determinada; tal es el caso de la combinación de fallas geológicas en zonas de inundación, situación que se presenta en 4.8 ha del área de estudio.

Con el fin de evitar la expansión urbana en zonas no aptas, se emplearon los siguientes mapas temáticos: asentamientos urbanos, fallas geológicas, pendientes, áreas naturales protegidas, área de inundación y cuerpos de agua. Para la obtención del mapa de áreas aptas para la expansión urbana se fusionaron todos los mapas booleanos de cada una de las restricciones que se establecieron, en función de los mapas temáticos señalados. Del total del área de estudio analizada (69,000 ha), 27,965.70 ha (40.5%) no son aptas para la expansión urbana, mientras que 41,034.30 ha (59.5%) sí lo son.

A partir del mapa de áreas aptas y no aptas para la expansión urbana se realizó un Análisis Espacial Multicriterio para clasificar dichas zonas aptas, para lo cual se emplearon tres metodologías diferentes para la asignación de pesos: Rank Ordering, Comparación Pareada y

de manera Directa. Los criterios que se emplearon fueron infraestructura, peligro y factores biofísicos.

Los modelos que resultan de aplicar cada una de las metodologías indicadas un patrón en que las áreas más aptas para la expansión urbana se localizan en el periurbano de la mancha urbana actual, así como hacia el noroeste y suroeste de la zona de estudio, por ubicarse en superficies planas y cerca de infraestructura existente. En el presente trabajo se puede destacar que el mejor modelo fue el obtenido a partir de la aplicación del método comparación pareada, en el cual se observaron varias ventajas sobre los otros dos métodos obteniendo que la posible área apta para la expansión urbana es de 9,111.5 ha equivalentes al 13.3% del área analizada.

Los métodos de análisis espacial como lo es el de multicriterio, son valiosas herramientas para describir y entender los patrones espaciales que ocurren en las ciudades como lo es la expansión urbana.

El crecimiento de la ciudad es un proceso que involucra muchos intereses privados de inversionistas, constructoras, etc., por lo que el crecimiento de los asentamientos humanos muy probablemente continuara. Por lo anterior, es necesario que el crecimiento ocurra en lugares libres de peligros naturales, contando con la infraestructura y servicios necesarios cercanos a la población; lo ideal es utilizar únicamente las áreas del nivel 4 que tiene la valoración más alta de aptitud para el crecimiento de la mancha urbana, lo que beneficiaría a los residentes de los asentamientos humanos, propiciando que éstos se encuentren en las mejores condiciones posibles.

8.1 Recomendaciones

Los estudios anteriores se puede hacer más preciso asociando aspectos socio-económicos, políticos y ambientales los cuales den pauta a un desarrollo urbano adecuado, aportando las bases para generar planes y estrategias que conduzcan a una planificación urbana sustentable, libre de todo peligro, lo cual permita dirigir el crecimiento de las áreas urbanas hacia zonas donde se garantice el bienestar de la población así como la protección de medio ambiente, minimizando los impactos sobre las áreas que sufrirán los cambios de uso de suelo para el fin de ser urbanizados.

El análisis depende de la calidad y de la cantidad de datos utilizados estos análisis pueden mejorar si se mejora la calidad de los mismos o se implementan nuevos mapas ya sea de restricciones o algún otro criterio. Algunos de los mapas que se podrían implementar es el de áreas de recarga de acuíferos siendo esta una restrictiva, el mapa de pozos de agua el cual fungiría como un factor que beneficiaría a la población dando más aptitud a ciertas zonas.

La implementación de una mesa en la cual se conjuguen conocimientos de diferentes especialistas en diferentes áreas que mejoren la toma de decisiones mediante consensos evaluando las diferentes opiniones hasta llegar a un acuerdo.

TRABAJOS CITADOS

Ávila-Olivera, Jorge Alejandro. 2008. Evolución de los Procesos de Subsistencia Creep-Falla, casos: Morelia, Mich. Y Celaya, Gto. Tesis de Doctorado. Universidad Autónoma de México 1-50 pp.

Adonis Maikel, R.P., Salinas Chavez, E. y Remond Noa, R., 2009. Diseño metodológico para la elaboración de mapas de paisaje con el uso de los SIG: aplicación a la cuenca alta del Río Cauto, Cuba. Revista digital del grupo de estudios sobre geografía y análisis espacial con SIG., 1, pp.95-108.

Avila Mogollon, Ruth Maritza. 2000. El AHP y su aplicación para determinar los usos de tierras. El caso de Brasil, proyecto regional información sobre tierras y aguas para un desarrollo agrícola sostenible (Proyecto GCP/RLA/126/JPN), Santiago, Chile.

Ávila García, Patricia. 1999. El valle Morelia – Queréndaro y su deterioro ambiental. Colegio de Michoacán: 177-192. En: Barragán López, E. (Coordinador). Frutos del Campo Michoacano. Colegio de Michoacán.

Argote-Adrian, Albert Hans. 2013. Análisis espacial multicriterio y crecimiento urbano. Análisis espacial multicriterio aplicado a la generación de escenarios de crecimiento urbano de la ciudad de Cochabamba, Bolivia. Libro

Álvarez de la Torre, Guillermo. 2011. Urban structure and time in Medium-Sized mexican cities. Estructura y temporalidad de las ciudades intermedias en México. Frontera Norte, Vol. 23, Nú m. 46, julio-diciembre de 2011, pp. 91-124

Ali Sharifi, Marjan van Herwijnen and Willem van den Toorn. 2004. Spatial Decision Support Systems.

Cervantes Sánchez, Enrique., Dávila Munguía, Carmen Alicia. 2001. Desarrollo urbano de Valladolid Morelia 1541-2001. Morelia: Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Libro.

Commons, Aurea 1973. Evolución espacial de la ciudad de Morelia. Gobierno del Estado de Michoacán. Gobierno del Estado de VI Congreso Nacional de Geografía. Libro, Uruapan: Gobierno del Estado de Michoacán.

Charlotte, Benson., Twingg, John., 2007. Herramientas para la integración de la reducción del riesgo de desastres: Notas de orientación para organizaciones de desarrollo. Provention Consortium.

Daga López, Rubén Armando. 2009. Determinación de áreas con aptitud para la expansión urbana con fines de ordenamiento territorial aplicando el análisis espacial multicriterio:cuenca baja del río Lurín. Universidad nacional mayor de san marcos, Lima Peru: Facultad de Ingenieria Geologica, Minera, Metalurgica y Geografica. Tesis

De la Torre, Jose. 1986. Bosquejo Histórico de la Ciudad de Morelia. Biblioteca de Nicolaítas Notables. Universidad Michoacana de San Nicolas de Hidalgo, Mexico: 295pp.

Dijar Barriga, Consuelo Paola. 2012. Análisis del crecimiento de la ciudad de Morelia y su influencia en los municipios adyacentes. Tesis

Espinoza Ortiz, Fabricio., Vieyra, Antonio., Garibay Orozco, Claudia. 2015 Narrativas sobre el lugar. Habitación una vivienda de interés social en la periferia urbana. *revistainvi* ISSN: 0718-1299 Universidad de Chile.

Garduño, Víctor Hugo., Arreygue, Eleazar., Chiesa, S., Israde, Isabel., Rodríguez, G. Y Ayala, J.M., 1998. Las fallas geológicas y sísmicas de la ciudad de Morelia y su influencia en la planificación de su territorio. Ingeniería Civil, Facultad de Ingeniería Civil. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo: 4-12.

Garduño-Monroy, Víctor Hugo. 2004. "Contribución a la geología e impacto ambiental de la región de Morelia" Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.

Garduño-Monroy, Víctor Hugo., Arreygue-Rocha Eleazar., Israde-Alcántara Isabel y Rodríguez-Torres Gerardo M. 2001. Efectos de las Fallas asociadas a sobreexplotación de acuíferos y la presencia de fallas potencialmente sísmicas en Morelia, Michoacán, México. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, v. 18, núm. 1, 2001, p. 37-54.

Garduño Monroy, Víctor Hugo., Niccoló Giordano., Ávila Olivera, Jorge Alejandro., Hernández Madrigal, Víctor Manuel., Sámano Nateras, Ana y Díaz Salmerón, Jose Edmundo. 2014. Estudio hidrogeológico del sistema acuífero de Morelia, Michoacán, par a una correcta planificación del territorio. , pp.197-222.

Garduño Monroy, Víctor Hugo., Arreygue Rocha, Eleazar., Canuti, Paolo., Casaglie, Nicola., Iotti, Alberto., Chiesa, Sergio. 2002. Análisis geomecánico de la inestabilidad del escarpe La Paloma, en la Ciudad de Morelia, Michoacán, México.» *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*: 91-106.

Gottmann, Jean., 1961. *Megalopolis the urbanization of the northeastern seaboard*. New York: Plimpton Press, Norwood, Massachusetts. *Economic Geography*, Vol. 33, No. 3, pp. 189-200.

Gómez Delgado, Montserrat y Barredo Cano, José Ignacio. 2005. *Sistemas de información Geográfica y evaluación Multicriterio en la ordenación del territorio*. [Libro]. - Madrid España: RA-MA.

Gómez Vasconcelos, Martha Gabriela. 2012. *Geología y estratigrafía volcánica de la sierra de mil cumbres*. Tesis. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.

Gutiérrez-Angonese, Jorgelina., Gómez-Delgado, Montserrat. Y Bosque-Sendra, Juaquien. 2010. Simulación de crecimiento urbano mediante evaluación multicriterio y tíg en el gran San Miguel de Tucuman (Argentina). *Tecnologías de la Información Geográfica: la Información Geográfica al Servicio de los Ciudadanos*, pp. 873-888. ISBN: 978-84-472-1294-1 Sevilla, España: Universidad de Sevilla

Hernández Madrigal, Víctor Manuel., Garduño Monroy, Víctor Hugo y Ávila Olivera, Jorge Alejandro. 2011. *Atlas de peligros geológicos de la ciudad de Morelia, Mich.*

ILWIS, Integrated Land and Watershed Management Information System, 1997. User's Manual. International Institute for Aerospace and Earth Science (ITC), Enschede, The Netherlands.

INEGI, 1999. Diccionario de datos Edafológicos., Aguascalientes: INEGI.

Israde Alcántara, Isabel., Buenrostro Delgado, Otoniel., Garduño Monroy, Víctor Hugo., Hernández Madrigal, Víctor Manuel., Erna López Granados. 2009. Problemática geológica-ambiental de los tiraderos de la Cuenca de Cuitzeo, norte del estado de Michoacán. Boletín de la sociedad geológica mexicana. Volumen 61, pg. 203-211.

Israde Alcántara, Isabel., Leopoldo Galicia., Silke Cram., 2008. Atlas de la Cuenca del lago de Cuitzeo. Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental. UNAM.

Juan Hernández. 2011, Inundaciones y Precariedad: Adaptación Y Respuesta En La Zona Peri-Urbana De La Ciudad De Morelia, Michoacán. Tesis de Doctorado. CIGA "UNAM"

Lasso de la Vega., 2014. Modelo prospectivo de crecimiento periurbano para una ciudad media, el caso de Morelia Mich, Morelia: Tesis de Maestría en Geografía, Facultad de Filosofía y Letras, Universidad Nacional Autónoma de México. 98pp.

Ley general del equilibrio ecológico y la protección al ambiente. 2008. Última actualización 13-05-2016. Secretaría General. Secretaría de Servicios Parlamentarios.

López Granados, Erna Martha. 1999. Cambio de uso de suelo y crecimiento urbano en la Ciudad de Morelia. Tesis de Posgrado. Facultad de Biología. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo

Lugo Hubp, Jose., 1989. Diccionario Geomorfológico. Con equivalentes de los términos de uso más común en alemán, francés, inglés y ruso. Instituto de Geografía. Universidad Nacional Autónoma de México. México: 337 pp.

Martínez Macias, Merari De Jesús. 2014. Análisis de la relación entre las actividades económicas y el cambio de cobertura y uso del suelo. Estudio de caso, la ciudad de Morelia y su periurbano. Tesis Morelia: Universidad michoacana de San Nicolás de hidalgo.

Matus Ruiz, Máximo., Ramírez Autrán, Rodrigo. 2013. Las TIC en los desarrollos habitacionales de México; Fondos de Información y Documentación para la Industria. (INFOTEC)

Mendoza, Manuel., López, Erna., Bocco, Gerardo. 2001. Regionalización ecológica, conservación de recursos naturales y ordenamiento territorial en la cuenca del lago de Cuitzeo, Michoacán. Resultados. Proyecto No. 98306024 del sistema de investigación SIMORELOS-CONACYT, 266 p.

Mansilla, Elizabeth., Ignacio, Rubio. 2010. Diagnóstico nacional de los asentamientos humanos ante el riesgo de desastres. Informe / SECRETARIA DE DESARROLLO SOCIAL; SEDESOL. - México: SEDESOL.

Quiroz Orduño, Yuri. 2009. Modelo dinámico de cambio de cobertura y uso de suelo en una zona de transición urbano-rural, entre la ciudad de Morelia y el ejido Jesús del Monte 2009, Morelia. Tesis de Maestría en Geografía, Facultad de Filosofía y Letras, Universidad Nacional Autónoma de México. 117pp.

Rangel Velarde, Violeta., 2008. Cambio de cobertura vegetal y uso del terreno en el municipio de Tarímbaro, Michoacán. Tesis de Licenciatura. Facultad de Biología, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.

Ramírez Gaytán, Aurora. (Trabajo en proceso) "Áreas verdes urbanas en la ciudad de Morelia" Tesis de Licenciatura. Facultad de Biología, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.

Rosatto, H., Laureda, D., Pérez, D., Barrera, D., Meyer, M., Gamboa, P., Villalba, G., Friedrich, M., Bargiela, M., Rodríguez Plaza, L., Calvo, G., Miranda, M. B., Iñigo, M., Quaintenne, E. 2010. Eficiencia de la retención hídrica de las cubiertas vegetadas. Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias - ISSN: 0370-4661. Rev. FCA uncuyo. Tomo XLII. Issue 1, Páginas 213-219. Editorial: Centro de Ediciones Académicas, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Cuyo.

Rosete-Vergés, FA., Negrete-Fernández, G. 2012. Planeación territorial en el sureste de México: revisión histórica del ordenamiento ecológico. Revistas científicas de América latina, el Caribe, España y Portugal, pp. 301-311.

Sánchez Salazar, M. T., Casado Izquierdo, J. M., Bocco Verdinelli, G., 2014. LA política de ordenamiento territorial en México: de la teoría a la práctica. Reflexiones sobre sus avances y retos a futuro. Michoacán: Universidad Nacional Autónoma de México.

Vargas Uribe, Guillermo. 2009. Del proyecto de ciudad a la ciudad sin proyecto: el desarrollo histórico territorial de la traza urbana de la ciudad de Valladolid-Morelia 1541-2009. Morelia.

EN LÍNEA

Álvarez-Mendoza, B. (18 de mayo 2011). Crecimiento urbano, principal problema de Morelia. Cambio de Michoacán. Disponible en:
<http://www.cambiodemichoacan.com.mx/vernota.php?id=149747> [Último acceso: 27 Enero 2015].

Ávila Olivera, Jorge Alejandro. Garduño Monroy, Víctor Hugo., 2006. Hundimientos ocasionados por Procesos de Subsistencia-Creep-Falla (PSCF) en la ciudad de Morelia, Mich., México. Geotermia 19 (2): 50-60 Disponible en:
<Http://geotermia.org.mx/geotermia/revistageotermia/Geotermia-Vol19-2.pdf#page=52>

Bernardi, Bottino Rosario. 2009. La ciudad y la urbanización. Estudios históricos cdhrp, pp. 1-14. ISSN: 1688 – 5317 Disponible en:
http://www.estudioshistoricos.org/edicion_2/rosario_bottino.pdf

Bosque, Joaquín Sendra. García, Rosa C. 2000. El uso de los sistemas de información geográfica en la planificación territorial. 20(49-67). Anales de Geografía de la Universidad Complutense ISSN: 0211-9803 2000, 20: 49-67 Disponible en:
http://www.buyteknet.info/fileshare/data/ana_pla_sis_amb/BosqueyGarc%C3%ADa.pdf

CENAPRED. 2006. (Programa Nacional de Protección Civil) Disponible en:
<http://www.cenapred.unam.mx/es/documentospublicos/PDF/progpc.pdf>

CENAPRED. 2011 (Programa Nacional de Protección Civil) Disponible en:
http://www.cenapred.unam.mx/es/RedNacionalEvaluadores/EvaluacionEdificios/documentos/Manual%20Formato%20Captura%20de%20Datos_2011-febrero-24.pdf

CICEANA, A. C. 2007. Centro de información y comunicación ambiental de norte américa. “Saber más...Urbanización” Disponible en:
<https://www.yumpu.com/es/document/view/12604153/saber-mas-urbanizacion-ciceana-ac>

Corona Morales, Néstor. 2009 Antecedentes de las inundaciones en la ciudad de Morelia, Morelia: Vulnerabilidad de la ciudad de Morelia a inundaciones. Disponible en: http://132.248.9.195/ptd2009/junio/0644443/0644443_A6.pdf

Definiciones, s.f. Disponibles en: <Http://definicion.mx/urbanizacion/> 2015-2016

DOF. 2016. Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (última reforma publicada). Diario Oficial de la Federación (13/05/2016). Disponible en: Http://www.diputados.gob.mx/leyesbiblio/pdf/148_130516.pdf

Rodríguez García, Jorge Alberto Rodríguez. 2012. Morelia Disponible en:
<http://es.slideshare.net/arqnibal/morelia-antes-hoy-y-maana>

Gobierno del Estado, Morelia, 1999. Reglamento para la construcción y obras de infraestructura para el municipio de Morelia, Morelia: Gobierno del Estado. Disponible en:
<http://www.smie.org.mx/layout/reglamentos-construccion/michoacan-reglamento-construccion-municipal-morelia.pdf>

Hofstee, P., Brussel, Ir. M., 1999. Análisis de aptitud para la expansión urbana, s.l.: Department of Land Resource and Urban Sciences. Disponible en:
http://www.probdes.iiec.unam.mx/numeroenpdf/184_v47/01art_Sanchez.pdf

INEGI. 2010. Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos Disponible en: <http://www3.inegi.org.mx/sistemas/mexicocifras/datos-geograficos/16/16022.pdf>

INEGI. 2010. Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos, Morelia Disponible en:

<http://www3.inegi.org.mx/sistemas/mexicocifras/datos-geograficos/16/16053.pdf>

INEGI. 1900, 1910, 1921, 1930, 1940, 1950, 1960, 1970, 1980, 1990, 1995, 2000, 2005, 2010. Censos y conteos Disponibles en:

<http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/proyectos/ccpv/>

INEGI. 2013. Cartografía urbana, Disponible en:

<http://www.inegi.org.mx/geo/contenidos/urbana/>

Hernández, Juan., Vieyra, Antonio. 2010. Riesgo por inundaciones en asentamientos precarios del periurbano. Morelia, una ciudad media mexicana. ¿El desastre nace o se hace?», Revista de Geografía Norte Grande, 62.47 (2010), 45-62 Disponible en: <<http://dx.doi.org/10.4067/S0718-34022010000300003>>

Mateos, Juan Carlos Rodríguez. 2006. Planificación territorial y urbanismo. Pasado, presente y futuro del planeamiento urbanístico. Disponible en:

http://www.geografia.us.es/web/contenidos/profesores/materiales/archivos/PLANIFICACION_TERRITORIAL_Y_URBANISMO.pdf

ONU. 2011. Informe de evaluación global sobre la reducción del riesgo de desastres, Disponible en:

http://www.preventionweb.net/english/hyogo/gar/2011/en/bgdocs/GAR-2011/GAR2011_ES_SPANISH.pdf

Ortega, E. C. D., 1998. Urbanismo en ciudades medias y pequeñas. Guerrero: altius. Ort, e. T. Disponible en:

<https://sites.google.com/site/espaciosurbanos340/metropolis-megaciudades-ymegalopolis>.

Palacio Prieto, J.L., Sánchez Salazar, M.T., Casado Izquierdo, J.M., Propin Frejomil, E., Delgado Campos, A., Velázquez Montes., Chias Becerril L., Ortiz Álvarez M.I., González Sánchez J., Negrete Fernández G., Morales J. Gabriel., Márquez Huitz R. 2004. Indicadores para la caracterización y ordenamiento del territorio. Disponible en: (<http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones/download/434.pdf>).

Real Academia Española, R., 2012. Diccionario de la lengua española. Disponible en:

<http://lema.rae.es/drae/?Val=Planificacion>

SAGARPA. 2014. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación, Disponible en: <http://www.siap.gob.mx/ermex-ng/>

Sánchez Almanza, Adolfo. 2016. Sistema de ciudades y redes urbanas en los modelos económicos de México. Revista Problemas del Desarrollo, 18 (47): 7-34 Disponible en: http://www.probdes.iiec.unam.mx/numeroenpdf/184_v47/01art_Sanchez.pdf

Sánchez, Paola. 2012. El origen de las ciudades. Disponible en:

<http://www.pucmmsti.edu.do/websise/estudiante/materias/201120122/ST-ARQ-352-T-003/EL%20ORIGEN%20DE%20LAS%20CIUDADES.pdf>

UNFPA, 2007. Estado de la Población Mundial. Liberar el potencial del crecimiento urbano. Disponible en:

https://www.unfpa.org/sites/default/files/pub-pdf/swp2007_spa.pdf

Urbanos, E., s.f. Metrópolis, Megaciudad y Megapolis Disponible en: <https://sites.google.com/site/espaciosurbanos340/metropolis-megaciudades-y-megalopolis>

Vera, Ángel Luis. 2009. Breve historia de las ciudades del mundo antiguo. España: santos rodríguez. Disponible en:

<http://www.aglutinaeditores.com/media/resources/public/07/0767/07679fec42e04ba3b665a25660a16dfb.pdf>

Yáñez. C, F.2007, Las Áreas Naturales Protegidas en México, criterios para su determinación. Caso estudio: Sierra Tarahumara, Estado de Chihuahua, Academia de Ingeniería de México, México, D.F, pp. 65. Disponible en:

<Http://academiadeingenieriademexico.mx/archivos/coloquios/2/Las%20areas%20naturales%20protegidas%20en%20Mexico.pdf>.

Yazmín, Andrés. 2013. Deshabitadas, más de 50 mil viviendas de Morelia y Tarímbaro. Disponible en: <http://www.cambiodemichoacan.com.mx/nota-207574>