



UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLÁS DE HIDALGO

**FACULTAD DE BIOLOGÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL**

MAESTRIA EN CIENCIAS EN INGENIERÍA AMBIENTAL

**Sistema espacial de soporte de decisiones, para evaluar la
calidad ambiental en la ciudad de Morelia, Michoacán, México**

**Para obtener el grado de:
MAESTRA EN CIENCIAS EN INGENIERIA AMBIENTAL**

**Presenta:
Leticia Reyes Avalos
*Arquitecta***

**Director de Tesis:
Juan Manuel Ortega Rodríguez
*Doctor en Ciencias Biológicas***

Morelia, Mich. Septiembre del 2014

1 RESUMEN

En las últimas décadas, se ha experimentado un proceso intenso de urbanización en las ciudades que ha modificado y complicado el espacio urbano y su relación con el ambiente. La preocupación ecológica y el cuidado del ambiente son algunos de los nuevos paradigmas sobre la concepción de la ciudad. Por ello, es muy importante integrar el uso de herramientas tecnológicas como los Sistemas de Información Geográfica (SIG), los cuales permiten integrar y analizar información en un contexto espacial.

En este trabajo se planteó la calidad ambiental de la ciudad de Morelia mediante el Sistema espacial de soporte de decisiones, que sirva como una herramienta para a los tomadores de decisiones. Se seleccionaron diferentes variables ambientales, que contemplan variables físicas, sociales y de vulnerabilidad, las cuales fueron ponderadas mediante el “Proceso Analítico Jerárquico” (PAJ) y la incorporación del conocimiento de los expertos, para generar un *Índice de Calidad Ambiental (ICA)*, con el que se realizó una zonificación de la ciudad de Morelia. Los resultados se sintetizan en un conjunto de mapas que muestran la aptitud ambiental de la ciudad asociada a cada variable, de acuerdo con un conjunto de reglas de decisión. La unidad básica sobre la cual se hizo la espacialización son las Áreas Geoestadísticas Básicas (AGEBs) la zona urbana de Morelia tiene 289 AGEBS. El mapa del ICA se analizó por medio de estadística zonal y se realizó una reclasificación del mapa, en cuatro categorías diferentes: baja, media, alta y muy alta calidad ambiental. El ICA se muestra en un mapa de la ciudad de Morelia, donde se aprecia una ciudad heterogénea con respecto a las diferentes categorías. Los resultados muestran que la ciudad de Morelia se encuentra en la categoría alta y muy alta con un 51% del total de los AGEBS distribuidos sobre toda el área de estudio. La metodología propuesta es fácilmente repetible.

Palabras Clave: Índice de calidad ambiental, Proceso analítico jerárquico y Sistema espacial de soporte de decisiones

2 ABSTRACT

During the last decades, an intense process of urbanization has been experienced in the cities that it has modified and complicated the urban space and his relation with the environment. Ecological concern and care of the environment are some of the new paradigms of the city. It is therefore very important to integrate the use of technological tools such as the Geographic Information Systems (GIS), which allow you to integrate and analyze information in a context spatial.

In this work enviromntal quality of the Morelia City was assessed by means of a spatial decision support system that serves as a tool for the drawees of decisions. There was a selection of different environmental variables, that contemplate physical, social variables and of vulnerability which were weighted by means of the " Analytical Hierarchic Process " (PAJ) and the expert knowledge, to produce an Environmental Quality Index (ICA), which was used to zoning urban area. The results were synthesized in a set of maps that show the suitability of every variable, according to a set of rules of decision. The analysis spatial unit was the INEGI's AGEB (Area Geoestadística Básica) Morelia's urban zone has 289 AGEBs The analysis by means of zonal statistics and there was realized a reclassification of the map of the Index of Environmental Quality, in four different categories :low, average, high and very high environmental quality: The ICA zoning map shows a high environmental heterogeneity. The results show that Morelia's city meets in the high and very high category 51 % of the total of the AGEBs distributed on the whole area of study.The proposed methodology is easily repeatable.

Key words: Index of environmental quality, Analytical hierarchic process, and spatial decision support system.

ÍNDICE

1	RESUMEN-----	iii
2	ABSTRACT-----	iv
	ÍNDICE DE TABLAS-----	vii
	GLOSARIO-----	x
3	INTRODUCCIÓN-----	12
4	OBJETIVO GENERAL-----	15
5	JUSTIFICACIÓN-----	15
6	HIPÓTESIS DE TRABAJO-----	15
7	MARCO TEÓRICO-----	16
7.1	Sistema espacial de soporte de decisiones-----	16
7.2	Decisión Multicriterio-----	17
7.3	Problemas de decisión multicriterio-----	19
7.3.1	Certidumbre e Incertidumbre en la Toma de Decisiones-----	20
7.4	Decisión Espacial Multicriterio-----	21
7.5	Sistema de Información Geográfica-----	23
7.6	Proceso analítico jerárquico (PAJ)-----	25
7.7	Indicadores Ambientales-----	29
8	ANTECEDENTES-----	31
9	METODOLOGÍA-----	35
9.1	Área de estudio-----	35
9.2	Obtención de los indicadores ambientales-----	37
9.3	Base de datos geográficos-----	37
9.4	Área Geoestadística Básica: unidad de estudio-----	37
9.5	Indicadores ambientales-----	38
9.5.1	Variables Físicas-----	40
9.5.2	Variables sociales y de vulnerabilidad-----	43
9.6	Consulta a Expertos-----	44

9.7	Software para la decisión multicriterio: Expert Choice Professional 9.5 -----	45
9.8	Reglas de decisión -----	45
9.9	Obtención del índice de calidad ambiental-----	50
9.10	Zonificación del área urbana-----	51
10	RESULTADOS Y DISCUSIÓN-----	53
10.1	Aptitud de los indicadores ambientales -----	53
10.2	Índice de Calidad Ambiental -----	62
10.3	Zonificación ambiental de la Ciudad de Morelia -----	63
10.4	Comparación de los indicadores-----	67
11	CONCLUSIONES -----	71
11.1	Cumplimiento de los Objetivos -----	71
11.2	Validación de la Hipótesis -----	71
11.3	Conclusiones generales-----	71
12	RECOMENDACIONES -----	73
13	REFERENCIAS -----	74
14	APENDICE -----	79

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 7.1 Escala de valores de importancia relativa	27
Tabla 8 2 Indicadores utilizados en diferentes estudios para obtener el ICA	33
Tabla 9.3 Indicadores ambientales.....	38
Tabla 9.4 Información de las imágenes satelitales.....	41
Tabla 9.5: Matriz de ponderación.....	51
Tabla 10.6: Valores de los pesos para cada indicador.....	62
Tabla 10.7: Valores de las clases del ICA.....	64
Tabla 10.8: Imágenes de algunos de los AGEBS correspondiente a diferentes valores del ICA.....	67
Tabla 10.9: Comparaciones de estudios de Calidad Ambiental.....	68

INDICE DE FIGURAS

Figura 7.1: Elementos de una estructura en la toma de decisiones multicriterio.....	188
Figura 7.2 Estructura jerárquica del problema en el estudio de PAJ	26
Figura 9 3: Mapa de ubicación del área de estudio.....	35
Figura 9.4: Reflectancia en la vegetación sana y seca	40
Figura 9.5:Valores NDV	40
Figura 10.6: Mapa que representa la aptitud para el indicador del NDVI.....	54
Figura 10.7:Mapa que representa la aptitud para el indicador del la contaminación atmosférica Vehicular.....	55
Figura 10.8: Mapa que representa la aptitud para el indicador de los Residuos Sólidos Urbanos.....	56
Figura 10.9: Mapa que representa la aptitud para el indicador de precipitación.....	57
Figura 10.10: Mapa que representa la aptitud para el indicador de población.....	58
Figura 10.11: Mapa que representa la aptitud para el indicador de servicios.....	59
Figura 10.12:Mapa que representa la aptitud para el indicador de áreas de inundacion.....	60
Figura 10.13: Mapa que representa la aptitud para el indicador Fallas y fracturas.....	61

Figura 10.14: Mapa que representa la aptitud para el indicador de deslizamientos de tierra	61
Figura 10.15: Distribución del índice con valores continuos.....	63
Figura 10.16: Mapa de Índice de calidad Ambiental.....	65
Figura 10.17: Gráficas del ICA.....	66
Figura 10.18 Imagen y fotografía del Realito.....	70

AGRADECIMIENTOS

A CONACYT por la beca otorgada a través del la Maestría en Ciencias en Ingeniería Ambiental de la UMSNH.

A mi asesor Dr. Juan Manuel Ortega Rodríguez

A mis sinodales Dr. Julio César Orantes Avalos, Dra. María Alcalá de Jesús, M. en C. Tohtli Zubieta Rojas y al Dr. Alfredo Amador García

A el Laboratorio de Percepción Remota y SIG

A Dr. Gerardo Sixtos

A Freya Sixtos Reyes

A Sra. Irma

A Josefina Avalos y Rogelio Reyes

A Gustavo Adolfo Reyes

A Claudia, Arturo, Magdalena, Rafael, Carlos y María Isabel.

A Minerva, Geraldin y Leo

A Fernanda Alejandre Rodríguez y Alejandra Arroyo Pitacua

A todos los compañeros de MCIa generación 2012-2014

A los profesores de la MCIa

A Los compañeros del Laboratorio de Percepción remota y SIG.

A la UMSNH

GLOSARIO

AGEBS: Área geoestadísticas básica

CAV: Contaminación atmosférica vehicular

CONABIO: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad

COV's : Compuestos Orgánicos Volátiles

DESLZ: Deslizamientos de tierra

DSS: Sistemas de soporte de decisiones (por sus siglas en inglés Decision Support Systems)

FNUAP: Fondo de Población de las Naciones Unidas

FYF: fallas y fracturas

ICA: Índice de Calidad Ambiental

IMDUM: Instituto Municipal de Desarrollo Urbano de Morelia

IMTA: Instituto Mexicano de Tecnología del Agua

INEGI: Instituto Nacional Estadística y Geografía Informática

INUN: Áreas con tendencia a inundarse

IPCC: Panel Intergubernamental sobre cambio climático (por sus sigla en inglés Intergovernmental Panel on Climate Change)

LGEEPA: Ley General Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente

NDVI: Índice de vegetación de diferencia Normalizada (por sus siglas en inglés Normalized Difference Vegetation Index)

PAJ: Proceso Analítico Jerárquico

POB: Población

PREC: precipitación

RSU: Residuos sólidos Urbanos

SDSS: Sistema espacial de soporte de decisiones (por sus siglas en inglés Spatial Decision Support Systems)

SEMARNAT: Secretaria Medio ambiente y Recursos Naturales

SIG: Sistemas de Información geográfica

SER: servicios

UMSNH: Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo

UNICEF: Fondo de las Naciones unidas para la Infancia (por sus siglas en inglés United Nations Children's Fund).

3 INTRODUCCIÓN

Uno de los problemas actuales que ha determinado la toma de nuevas formas de conciencia individual, política y social, es el del deterioro ecológico con todas sus implicaciones. Esto significa comprender que la relación *sociedad-ambiente*, está en crisis y la expresión de esta mala relación es el crecimiento acelerado de la población, el hambre, la urbanización acelerada, la industrialización sin bases ambientales y ecológicas, la desertificación y otros fenómenos (Carmona-Lara, 1991).

En México, el deterioro ambiental es un problema de dimensiones múltiples, cuya forma y proporción varía de región a región, debido a las actividades productivas prevaecientes, el escenario ecológico, la industrialización y, por supuesto, el escenario socioeconómico (Landa *et al.* 1997).

De acuerdo con Toledo (1989), un aspecto notable de México existen grandes diferencias a nivel de desarrollo social y económico que se presentan entre regiones. Lo anterior establece un gradiente cuyos extremos lo constituyen, las áreas altamente urbanizadas e industrializadas y las zonas rurales extremadamente pobres. Los problemas ambientales de las áreas altamente urbanizadas tienen mucha semejanza con aquellos que se presentan en los países industrializados (contaminación de agua y aire, disposición de desechos sólidos y problemas de salud asociados), mientras que en las áreas rurales, donde aún persisten prácticas agrícolas tradicionales, la pérdida de la cubierta vegetal nativa (deforestación y pérdida de suelo), es la mayor problemática ambiental.

En México, el estado ambiental actual, es el resultado de políticas de desarrollo que por mucho tiempo han omitido la dimensión ambiental.

En el ambiente urbano convergen el subsistema natural (animales, plantas, microorganismos, suelo, agua, aire, ecosistemas); el subsistema social (individuos, colectividades, sus características, costumbres, relaciones, manifestaciones culturales, problemas sociales, su historia); y el subsistema construido, que constituye las formas y estructuras del espacio resultante de la dinámica social (edificios, viviendas, obras de infraestructuras de industrias, equipamientos y otros) (Caballero, 1993).

Los procesos de urbanización, ejercen presiones directas en todos los contextos como la demanda de tierras agrícolas y forestales, de modificaciones para la realización de actividades económicas y sociales. A diferencia de los ecosistemas naturales, que pueden tener procesos espontáneos y alcanzar su equilibrio, las zonas urbanas solamente lo pueden hacer sobre la base de la gestión ambiental. Cuando se pierde el equilibrio aparecen las manifestaciones ambientales negativas que a corto plazo repercuten sobre la salud de la población y en su calidad de vida (Toledo, 1989).

Con el uso de imágenes satelitales y la ayuda de los SIG; se realizaron los primeros estudios sobre la calidad ambiental, que permitieron la gestión ambiental y la toma de decisiones con el fin de mejorar la planeación de la ciudad y conocer el estado ambiental de la ciudad, así como la vulnerabilidad de sus habitantes hacia los contaminantes (Escobar, 2006).

En la mayoría de países, en las últimas décadas, se ha experimentado un proceso intenso de urbanización que ha modificado y complicado el espacio urbano y su relación con el ambiente, tal es el caso de la ciudad de Morelia. En el Eje Estratégico número seis del Plan Municipal de Desarrollo Morelia 2012-2015, se plantean algunos aspectos referentes al ambiente, entre los que se mencionan la sustentabilidad, el ordenamiento territorial, el fomento a las áreas verdes urbanas, así como el control de la contaminación y el impacto ambiental (Ayuntamiento 2012). Sin embargo, la superficialidad con que se abordan los temas no deja claro cuáles son las condiciones ambientales de la ciudad, ni como se evaluarán estas. Es claro que no hay al momento un sistema que integre información ambiental que de soporte a las decisiones necesarias para evaluar la calidad ambiental de la ciudad, ni para identificar espacialmente como ésta se distribuye en la geografía urbana.

Por tal razón, en este trabajo se propone el desarrollo de un sistema espacial de decisión multicriterio que permita evaluar la calidad ambiental de la ciudad, que sirva de apoyo a los tomadores de decisiones, en los procesos de planificación y las estrategias para mejoramiento de la calidad ambiental en Morelia.

El Proceso Analítico Jerárquico es la metodología diseñada por el matemático Saaty para resolver problemas de variables múltiples (Alphonse, 1997).

La importancia de la investigación es que se obtiene información espacial, es decir datos en mapas con los que se puede conocer la calidad ambiental de las ciudades y ayuda a la toma de decisiones en la gestión ambiental.

4 OBJETIVO GENERAL

Desarrollar un Sistema espacial de soporte de decisiones para evaluar la calidad Ambiental de la ciudad de Morelia.

OBJETIVOS PARTICULARES

1. Definir los indicadores ambientales apropiados para evaluar la calidad ambiental en la ciudad de Morelia.
2. Crear una base de datos geográficos de los indicadores
3. Generar un índice de calidad ambiental de la ciudad.
4. Presentar una zonificación ambiental del área urbana de Morelia.

5 JUSTIFICACIÓN

Las ciudades son lugares de gran consumo de recursos naturales y la fuente principal de contaminantes, en la ciudad de Morelia no se han realizado estudios sobre la calidad ambiental, incluyendo tanto variables naturales, sociales como de vulnerabilidad y riesgo; por esta razón es importante obtener un índice y conocer los indicadores que permitan evaluar las condiciones ambientales del área urbana de manera espacial, mediante nuevas metodologías y herramientas, como los SIG y los Sistemas espaciales de soporte de decisiones por que permite tener la información en forma espacial del área de estudio. Atendiendo las nuevas temáticas sobre el deterioro ambiental y que pueda servir como una herramienta a los tomadores de decisiones en la planeación y gestión ambiental de la ciudad de Morelia.

6 HIPÓTESIS DE TRABAJO

Mediante un conjunto de indicadores ambientales y sociales, es posible realizar una zonificación de la calidad ambiental de la ciudad de Morelia, partiendo de que la ciudad no es homogénea; mediante el uso de un sistema espacial de soporte de decisiones.

7 MARCO TEÓRICO

7.1 Sistema espacial de soporte de decisiones

Los DSS (Sistemas de Soporte de Decisión, por su siglas en inglés Decision Support Systems) basada en los SIG (Sistemas de Información Geográfica), a menudo denominada SDSS (Sistemas Espaciales de Soporte de Decisiones, por sus sigla en inglés: Spatial Decision Support Systems), son aquellos en los que las tecnologías SIG y DSS se conjuntan para ayudar a tomar decisiones en problemas con una dimensión espacial (Walsh, 1993).

Se han propuesto diversas maneras de enfocar la estructuración de un problema de toma de decisiones multicriterio (Saaty 1980, Eastman 1993, Laaribi *et al*; 1996, Grabaum and Meyer 1998, Gupta *et al*; 2000). En general, los problemas de decisión multicriterio incluyen seis componentes (1) la meta o conjunto de metas que el tomador de decisiones pretende alcanzar; (2) el tomador de decisiones o grupo de tomadores de decisiones involucrados en el proceso, así como sus preferencias respecto a los criterios de evaluación; (3) un conjunto de criterios de evaluación (objetivos y/o atributos) que constituyen la base sobre la cual los que deciden, evalúan los cursos alternativos de acción; (4) el conjunto de alternativas de decisión; (5) el conjunto de variables incontrolables o *estado de la naturaleza* (ambiente de decisión); y (6) el conjunto de resultados o consecuencias asociadas con cada par alternativa-atributo.

Estos elementos se organizan en una estructura jerárquica. El nivel más general es la meta. En este nivel se especifica el estado final que resultará del proceso de toma de decisiones. Por ejemplo, en el caso de la planeación del uso del suelo, la meta puede ser mejorar la calidad de vida en una determinada región. Los problemas de decisión complejos con frecuencia involucran a varios tomadores de decisiones (grupos de interés). Un tomador de decisiones puede ser un solo individuo o un grupo de personas, tales como las instituciones gubernamentales, organizaciones no gubernamentales, o una comunidad. Las decisiones requieren que se realice un análisis de los valores de las personas afectadas por la decisión, quienes con frecuencia se caracterizan por tener preferencias únicas con respecto a la importancia relativa de aquellos criterios,

sobre los cuales se evalúan las diferentes alternativas de decisión. Las preferencias, comúnmente se expresan en términos de los pesos asignados a los criterios de evaluación.

7.2 Decisión Multicriterio

En la decisión multicriterio, un elemento clasificador es el número de alternativas a tener en cuenta en la decisión, que puede ser finito o infinito. (Curbelo-Hernández, 2004). Los métodos de evaluación y decisión multicriterio discretos son: ponderación lineal (scoring), utilidad multiatributo (MAUT), Relaciones de Superación y Análisis Jerárquico (AHP -analytic hierarchy process- o Proceso analítico jerárquico)

Un *criterio*, es un juicio estándar o una regla para probar la conveniencia de las alternativas de decisión (Mendoza *et al.* 2000). Es un término genérico que incluye tanto objetivos como atributos. Cualquier problema de decisión multicriterio implica a un conjunto de objetivos, de atributos, o ambos. Aunque en problemas de decisión reales, los objetivos y los atributos están frecuentemente mezclados, la distinción entre estos dos conceptos es muy importante para el entendimiento de la esencia y naturaleza del enfoque de decisión multicriterio. Un objetivo es una declaración acerca del estado deseado de un sistema espacial, por ejemplo, un patrón deseado de uso de la tierra. Los objetivos se hacen operativos asignándoles uno o más atributos.

Los renglones de la matriz de decisión (Figura 1) representan las alternativas de decisión. Todas las decisiones se realizan en algún tipo de contexto ambiental y por lo tanto incluyen muchos factores que están más allá del control del que toma las decisiones. Estos factores incontrolables se denominan *estados de la naturaleza* o *estados del ambiente*. Hay que hacer notar que el término *naturaleza* se usa para referirse a lo impredecible del ambiente de toma de decisiones. Un estado de la naturaleza puede ser un estado de la economía, una condición climática, la acción de un competidor o cualquier otra situación sobre la cual, el que toma las decisiones tiene poco o ningún control y por lo tanto deben incluirse como algo impredecible de la naturaleza.

Cada estado se considera independiente de los otros e inmune a la manipulación por el tomador de decisiones; es decir, el ambiente de decisión es neutral. También, se asume que existe un número finito de estados de la naturaleza. Estos reflejan el grado de incertidumbre referente a los resultados de la decisión (consecuencias). Por tanto, para cada alternativa de decisión hay un conjunto de resultados posibles. El resultado que siga a una cierta decisión dependerá del estado de la naturaleza. Si solamente se considera un estado de la naturaleza, entonces solo un resultado estará asociado con una alternativa dada (Figura 7.1).

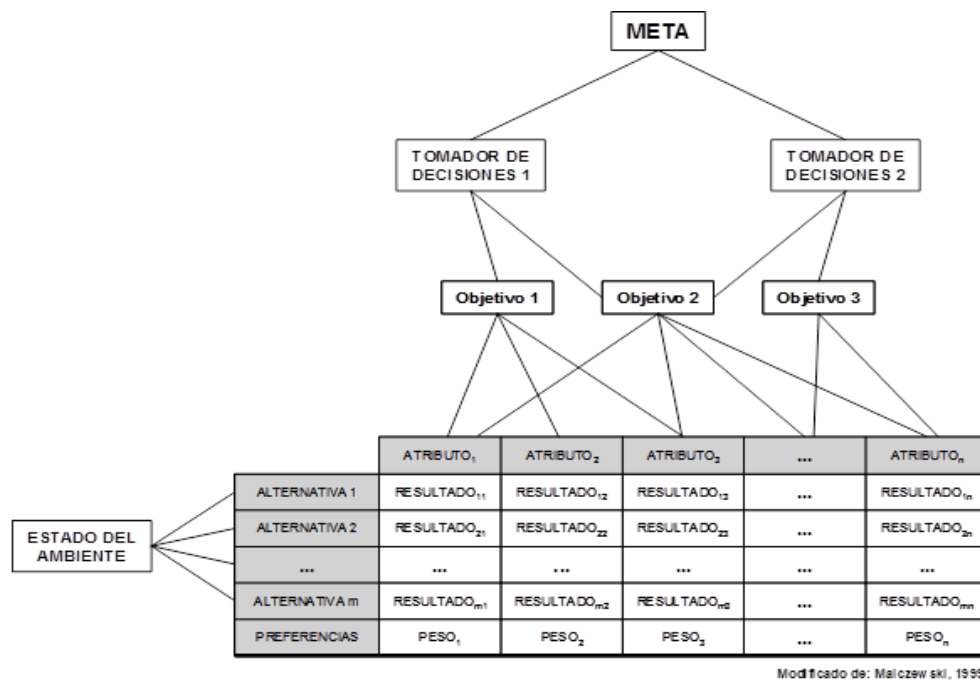


Figura 7.1: Elementos de una estructura en la toma de decisiones multicriterio adaptado de (Malczewski 1999)

Los resultados de decisión dependen del conjunto de atributos usados para evaluar las alternativas. En consecuencia, cualquier entrada en la intersección de cada renglón y columna de la matriz de decisión corresponde al resultado asociado con una alternativa y uno o varios atributos particulares. Las celdas de la matriz contienen una sola entrada si se considera un solo estado de la naturaleza o contienen varios resultados si la situación de decisión requiere de más de un estado de la naturaleza. Así, los resultados de decisión en cada renglón de la matriz, están representados como los niveles de los atributos, los cuales miden el grado de desempeño de una alternativa de decisión. El

problema de decisión requiere que el conjunto de resultados sea ordenado de tal manera que sea fácil identificar la mejor de las alternativas.

7.3 Problemas de decisión multicriterio

Este tipo de problemas pueden ser clasificados con base en el conjunto de componentes del análisis de decisión multicriterio mencionado anteriormente. Es posible reconocer tres clases: (a) la toma de decisiones multiobjetivo versus toma de decisiones multiatributo, (b) problemas de decisión individuales versus grupales y (c) problemas de decisión bajo certidumbre versus problemas de decisión bajo incertidumbre. La distinción entre decisiones multiatributo o multiobjetivo se basa en la clasificación de los criterios de evaluación en atributos u objetivos (Eastman *op. cit.*)

Estos dos enfoques pueden a su vez subdividirse en dos categorías, dependiendo de la estructura meta-preferencias del que toma las decisiones. Si solo existe una estructura meta-preferencias, sin importar el número de tomadores de decisiones involucrados, entonces hablamos de una toma de decisiones individual. Por otro lado, si los individuos o grupos de interés se caracterizan por poseer diversas estructuras meta-preferencias, el problema se clasifica como de toma de decisiones grupal. Esta subdivisión de los problemas de decisión en individuales y grupales se aplica tanto a la toma de decisiones multiatributo como a la multiobjetivo.

Por último, los problemas de decisión pueden categorizarse en decisiones bajo certidumbre y decisiones bajo incertidumbre, dependiendo de la cantidad de información (conocimiento) disponible sobre la situación de decisión.

Si el que toma las decisiones tiene un conocimiento perfecto del ambiente de decisión, entonces se dice que la decisión se toma bajo condiciones de certidumbre. Sin embargo, el mundo real presenta muchas situaciones en las cuales existen aspectos desconocidos o muy difíciles de predecir. A esta clase de situaciones se les denomina como decisiones bajo condiciones de incertidumbre. Es necesario reconocer que la incertidumbre puede provenir de diversas fuentes, por lo tanto los problemas de este tipo a su vez pueden subdividirse en dos categorías: los de decisión probabilística y los de decisión difusa (fuzzy) (Eastman *op. cit.*)

7.3.1 Certidumbre e Incertidumbre en la Toma de Decisiones

En sentido amplio, existen dos fuentes de incertidumbre en la toma de decisiones. La primera tiene que ver con la validez de la información. El que hace las decisiones debe asegurarse de que la información referente al problema espacial esté libre de errores y sea apropiada para la predicción del resultado de cualquier decisión que se haga. La segunda fuente de incertidumbre se relaciona con los eventos futuros que pueden llevar a resultados diferenciales para una alternativa de decisión particular. En este sentido, la primera es un caso especial de la segunda. Por ejemplo, en el contexto de un productor agrícola que debe tomar una decisión espacial referente a los tipos de cultivo que debe implementar en sus terrenos, la incertidumbre está relacionada con el hecho de que la producción está influida por las condiciones climáticas, las cuales son impredecibles. En este caso, la información limitada referente a las condiciones climáticas futuras hace que cualquier predicción sea proclive al error.

Aunque la incertidumbre existe en muchas situaciones de decisión, la cantidad de ésta o la cantidad de información disponible referente al problema de decisión, varía grandemente. De hecho, es posible ubicar cualquier problema de decisión en un continuo cuyos extremos son una situación predecible y el otro una situación extremadamente difícil de predecir. El primer caso se refiere a una situación determinística o de certidumbre, mientras que el segundo es un problema de decisión bajo incertidumbre. Dado lo anterior, los problemas de decisión multicriterio se pueden clasificar de la misma forma: problemas de decisión bajo certidumbre y problemas de decisión bajo incertidumbre.

En una decisión bajo certidumbre se asume que toda la información relevante se conoce y que hay una conexión entre cada decisión y su correspondiente resultado. Lo anterior significa que, en condiciones de certidumbre, es posible solo un estado de la naturaleza o, alternativamente, cualquier variación posible no afectará las consecuencias de escoger una opción particular.

Por otro lado, en el caso de decisión bajo incertidumbre, se pueden presentar dos situaciones de decisión: (1) la incertidumbre asociada con información limitada acerca

de la situación y (2) la incertidumbre asociada con la vaguedad (fuzziness) referente a la descripción semántica de los eventos o fenómenos mismos. En consecuencia, los problemas de decisión bajo incertidumbre pueden dividirse en probabilísticas y difusos (fuzzy), dependiendo del tipo de incertidumbre involucrada. Las decisiones probabilísticas tienen un carácter estocástico y son manejadas mediante la teoría de probabilidad y la estadística. Una vez que se conoce la probabilidad de un evento, el aspecto cuantitativo de la incertidumbre queda determinado.

En muchos casos, la incertidumbre no se debe al azar sino a una imprecisión cuyo tratamiento formal no puede manejarse mediante la teoría de la probabilidad. Debe notarse que el resultado de un proceso estocástico solo tiene dos posibilidades: falso o verdadero. Sin embargo, en una situación en la que el evento es ambiguo, el resultado puede estar representado por una cantidad diferente a (1) verdadero ó (0) falso. El problema de la ambigüedad puede estructurarse de tal forma que se exprese el grado en el cual un evento más o menos pertenece a una clase. Tal tipo de situaciones son sujeto de estudio de la teoría de conjunto difusos (fuzzy set theory) (Openshaw ,1997).

7.4 Decisión Espacial Multicriterio

En su sentido más simple, un problema de decisión espacial multicriterio involucra a un conjunto de eventos (alternativas) definidas geográficamente, a partir de las cuales se seleccionan una o más de ellas respecto a un conjunto de criterios de evaluación (Carmona-Lara 1991, Jankowski 1995). Las alternativas se definen geográficamente en el sentido de que los resultados del análisis (decisiones) dependen de su arreglo espacial. En la terminología de los SIG, las alternativas son un conjunto de puntos, líneas o polígonos ligadas a los valores de un conjunto de criterios.

Las técnicas convencionales de análisis de decisión multicriterio básicamente son *a-espaciales*, de hecho, asumen una homogeneidad espacial dentro del área de estudio. Tal consideración es poco realista para muchas situaciones. El análisis espacial multicriterio representa un gran avance respecto a las técnicas de análisis de decisión multicriterio convencionales, debido a su componente geográfico implícito (Jankowski *op. cit.*).

El análisis de decisión espacial multicriterio es un proceso que combina y transforma datos geográficos y los traduce a decisiones (Malczewski, 1999). El proceso involucra la utilización de datos georeferenciados, las preferencias de los tomadores de decisiones y la manipulación de datos y preferencias de acuerdo con reglas de decisión preestablecidas. Estas últimas agregan datos geográficos multidimensionales en valores unidimensionales de alternativas de decisión. Uno de los aspectos críticos del análisis espacial multicriterio es que implica la evaluación de eventos geográficos con base en un conjunto de criterios de valores y a las preferencias de los tomadores de decisiones, con respecto a un conjunto de criterios de evaluación. Lo anterior implica que los resultados del análisis dependen no solo de la distribución geográfica de los eventos, sino de los valores de los juicios involucrados en el proceso de toma de decisiones.

De lo anterior se desprenden que son dos las consideraciones importantes para la realización del análisis de decisión espacial multicriterio: (a) las capacidades de adquisición de datos, almacenamiento, recuperación, manipulación y análisis del SIG y (b) la capacidad de las técnicas de decisión multicriterio para la agregación de datos geográficos y preferencias de tomadores de decisiones en valores unidimensionales de decisión.

El gran número de factores necesarios para la toma de decisión espacial y la extensión de las interrelaciones entre estos factores, causa dificultades en la toma de decisiones. En tal caso, el papel del SIG y las técnicas de decisión multicriterio es el de dar soporte al tomador de decisiones, para mejorar su efectividad y eficiencia, en la resolución de problemas espaciales de decisión.

7.5 Sistema de Información Geográfica.

Por muchos años, investigadores de disciplinas tales como la Ecología, Geografía y muchas otras más, se han enfrentado con los problemas relacionados al análisis y manipulación de entidades que existen dentro de una estructura espacio-temporal específico. Los datos espaciales, representados en los mapas como puntos, líneas y áreas, comúnmente se registran sobre la base de un sistema de coordenadas estándar (latitud-longitud y elevación sobre el nivel del mar). La recuperación y análisis de la información cartográfica requiere de una inspección visual acoplada a un análisis intuitivo, el cual se auxilia ocasionalmente de herramientas simples de medición, como los curvímetros y planímetros. Sin embargo, mientras que la extracción de pequeñas cantidades de información cartográfica es un proceso sencillo, la recuperación de grandes volúmenes de esta o la evaluación en modo cuantitativo de las complejas relaciones existentes entre los diversos elementos, puede resultar un proceso muy lento (Burrough 1990).

Tradicionalmente, la integración de conjuntos de datos espaciales se efectúa transformando dos o más de tales conjuntos de datos a una escala cartográfica común, creando o dibujando cada conjunto sobre material traslúcido y sobreponiéndolos de tal modo que sus sistemas de coordenadas coincidan para, posteriormente, de manera manual crear una capa compuesta que muestre aquellas locaciones en donde varias clases de fenómenos en estudio, se presenten en yuxtaposición espacial. El tiempo que este proceso requiere es bastante largo y está influido significativamente por la complejidad del mapa (Marble, 1984).

Los avances sustanciales en los sistemas de computación durante los últimos años, han hecho más fácil aplicar estas tecnologías a los problemas de almacenamiento y análisis de grandes volúmenes de datos espaciales para propósitos específicos. Los SIG deben entenderse como modelos que representan al mundo real, debido a que los datos pueden manipularse y transformarse interactivamente, de tal modo que permiten estudiar procesos ambientales o anticipar los posibles resultados de decisiones de manejo (Tomlinson, 1984).

Un SIG es un sistema con capacidades específicas para realizar operaciones de captura, almacenaje, manipulación, análisis y presentación de datos espacialmente referenciados, además de almacenar y manipular datos no-espaciales.

Los procesos de diseño y planeación, sin importar su aplicación específica o escala, involucran una secuencia de pasos que van desde la identificación del problema, la creación de una estructura conceptual del mismo, la evaluación y la selección. Tales procesos son complejos, por lo que requieren de un conjunto de herramientas y métodos que permitan manejarlos y completarlos. Los modelos computarizados y los sistemas de soporte de decisiones son tales herramientas (MacDonald; Faber, 1999).

7.6 Proceso analítico jerárquico (PAJ)

El PAJ es un método de toma de decisiones desarrollado por el matemático Thomas L. Saaty en la Wharton School de la Universidad de Pensilvania. Este se basa en la habilidad humana innata de usar la información y la experiencia para estimar magnitudes relativas a través de comparaciones entre pares de opciones. El PAJ permite entender decisiones complejas mediante la descomposición del problema en una estructura jerárquica, en la cual la incorporación de todos los criterios de decisión importantes, así como su comparación pareada permite determinar la compensación (trade-off) entre objetivos. La aplicación del PAJ reconoce explícitamente e incorpora el conocimiento y experiencia de las personas en el establecimiento de prioridades, haciendo uso de juicios subjetivos. Este aspecto es muy importante cuando se requiere tomar decisiones sobre una base de información deficiente. Sin embargo, el PAJ también tiene la capacidad de integrar información medida objetivamente, cuando está disponible.

El PAJ es un método matemático usado para determinar las prioridades de diferentes alternativas de decisión, mediante comparaciones pareadas de elementos de decisión con respecto a un criterio común. El enfoque de comparación pareada, ligado a un método de asignación de valores mediante una escala arbitraria, ha sido utilizado para descubrir la importancia relativa entre todos los criterios de decisión en ambientes de toma de decisión multicriterio. El PAJ se ha popularizado, por encima de otros métodos empleados en la toma de decisiones, debido a su simplicidad, su prometedora precisión, su robustez, su habilidad para manejar criterios objetivos y subjetivos, así como por su capacidad para evaluar la inconsistencia de los juicios emitidos (Saaty 1980, Alphone 1997).

La aplicación del PAJ se realiza en cuatro fases:

1. Descomposición

Aquí se establece una jerarquización de los elementos esenciales del problema complejo, mediante su descomposición en elementos de decisión interrelacionados. Esta estructura es clave para relacionar y concatenar todos los elementos de decisión desde el nivel más alto hasta el más bajo de la jerarquía. En la parte superior de esta se ubica el objetivo global de la decisión, el siguiente nivel consiste de los criterios relevantes para alcanzar el objetivo y en los niveles inferiores se encuentran las alternativas a evaluar (Figura 3).

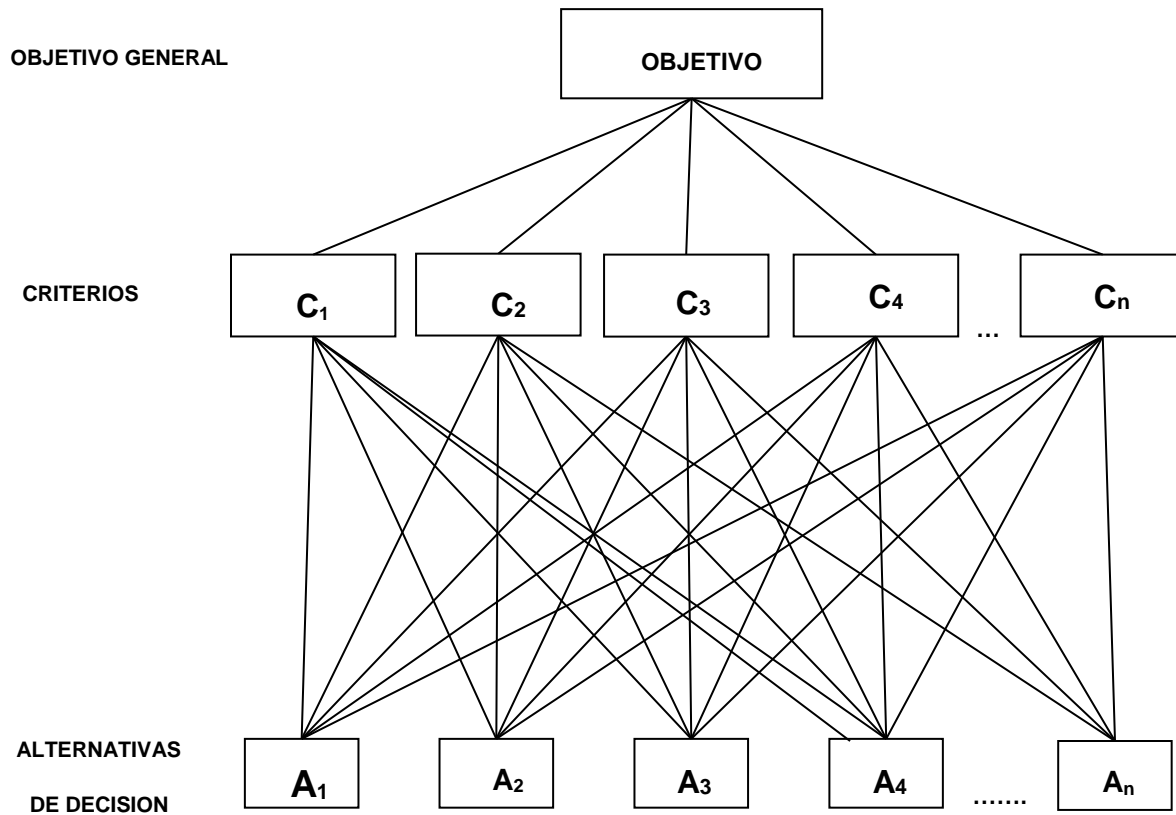


Figura 7.2: Estructura jerárquica del problema en el estudio de PAJ

2. Priorización:

Una vez que se establece la estructura jerárquica del problema, se captura la importancia relativa (*pesos*) de todos los elementos de decisión mediante un enfoque de escalamiento. Se establece la comparación pareada de estos elementos dentro del mismo nivel jerárquico con respecto al elemento parental en el nivel superior siguiente. La escala numérica oscila entre 1 (igual importancia) hasta 9 (importancia absoluta), como se muestra en (Tabla 7.1.)

Tabla 7.1: Escala de valores de importancia relativa (modificado de Ravi and Reddy 1999).

Importancia	Definición	Explicación
1	Igual dominancia	Dos elementos contribuyen idénticamente al objetivo
3	Dominancia débil	La experiencia y el juicio favorece ligeramente a un elemento sobre otro
5	Dominancia fuerte	La experiencia y el juicio favorecen fuertemente a un elemento sobre otro
7	Dominancia demostrada	La dominancia de un elemento está demostrada en la práctica
9	Dominancia absoluta	La evidencia que favorece a un elemento sobre otro es afirmada al más alto orden posible
2,4,6,8	Valores intermedios	Estos valores se aplican cuando se requieren más subdivisiones o compromisos

3. Juicio comparativo

En esta etapa se realiza la comparación de alternativas y criterios. Estos se comparan de manera pareada con respecto a cada elemento del nivel inmediatamente superior.

En la técnica de Saaty, las ponderaciones se derivan mediante el eigenvector de una matriz recíproca cuadrada de comparaciones pareadas entre los criterios. Las comparaciones conciernen a la importancia relativa de los dos criterios involucrados en determinar la aptitud para el objetivo establecido.

Los valores se proporcionan en una escala que pertenece al siguiente conjunto finito de números reales $\{1/9, 1/8, \dots, 1, 2, \dots, 8, 9\}$. Por ejemplo, si para un problema dado se

estimara que la proximidad a las carreteras es *fuertemente más importante* que el gradiente de pendiente en la determinación de la aptitud para sitios industriales, se debe colocar un 7 sobre esta escala. Si lo inverso fuera el caso, es decir si la pendiente fuera muy fuertemente más importante que la proximidad a caminos, entonces debiera introducirse 1/7.

4. Síntesis de prioridades

Finalmente, las comparaciones se sintetizan para dar las alternativas con respecto a cada criterio y los pesos de cada criterio con respecto a la meta. Las prioridades locales se multiplican por los pesos de los respectivos criterios. Los resultados se suman para dar la prioridad total de cada alternativa.

7.7 Indicadores Ambientales

La calidad ambiental urbana se entiende como un conjunto complejo de factores humanos y ambientales interrelacionados (tipo, densidad y disposición de las construcciones, red vial, densidad de población, áreas verdes, calidad del aire y del agua, islas de calor, entre otros etc.) que inciden de manera favorable o desfavorable en la vida de las personas. La expresión y distribución de estos factores en las ciudades no son homogéneas y demandan, para su adecuada gestión y planificación, información que refleje las diferencias temáticas en el espacio y tiempo. Disponer de esta información no siempre es posible en las condiciones de los países en desarrollo, dado los altos costos de adquisición por medio de los métodos censales. En algunos casos, pueden existir datos e indicadores ambientales históricos, pero no siempre éstos resultan adecuados, por cuanto han sido obtenidos mediante métodos diferentes o se encuentran a escalas inapropiadas.

Son muchos los esfuerzos a nivel mundial, regional y local que buscan consolidar un sistema de indicadores que apoye a los tomadores de decisión en el diseño de la política y gestión ambiental del territorio, tal es el caso de la Agenda 21, que trata de que los países se comprometan a aplicar políticas ambientales económicas y sociales para tener un desarrollo sostenible.

Los indicadores simples y sintéticos juegan un papel importante en la política pública, porque ayudan a construir percepción pública de problemas complejos. Además, proveen información cuantitativa para evaluar la efectividad de las alternativas de decisión pública (Escobar, 2006).

Los indicadores son la entrada necesaria en los procesos de formulación de política ambiental, y permiten condensar gran cantidad de datos para facilitar la comunicación de las situaciones ambientales a diferentes actores sociales (Escobar *op. cit.*). La construcción de un sistema de indicadores simples o los índices, como niveles analíticos superiores, demanda la síntesis de información que en muchas ocasiones no está disponible.

Es importante enfatizar que la selección del conjunto de indicadores apropiados no es una tarea fácil, dado que ello demanda el entendimiento de cómo funciona el sistema o fenómeno que se quiere explicar, y esto no siempre es posible cuando se trabaja con el medio ambiente.

Un indicador se define como un parámetro o valor derivado de parámetros, que proporciona información acerca de un fenómeno. Son cuantificadores de información que pueden ayudar a expresar los cambios sobre el tiempo y el espacio para tomar decisiones de trabajo (Inside, 2009).

Los Indicadores Ambientales tienen como objeto de estudio el análisis de los problemas resultantes de la interacción entre el sistema sociocultural y el patrimonio natural. (Olave, 2003).

Por lo anterior, se considera relevante desarrollar la estructura metodológica que permita la construcción de un sistema de Indicadores Ambientales para la ciudad de Morelia, a partir de los cuales se pretende obtener un **índice de calidad ambiental** (ICA), que permita zonificar el área urbana por sus características ambientales, a fin de contribuir a la toma de decisiones tendientes al desarrollo de políticas ambientales adecuadas.

8 ANTECEDENTES

Con el uso de imágenes satelitales y la ayuda de los SIG; se realizaron los primeros estudios sobre la calidad ambiental de las ciudades, que permitieron la gestión ambiental y la toma de decisiones con el fin de mejorar la planeación de la ciudad y conocer el estado ambiental de la ciudad, así como la vulnerabilidad de sus habitantes hacia los contaminantes.

Aún cuando los problemas ambientales urbanos se han tratado como componentes temáticos, en muchos sistemas de indicadores de desarrollo sostenible, la generación de indicadores e índices para medir los problemas ambientales y la sostenibilidad ambiental urbana son más recientes debido a la carencia de datos, que permitan desarrollar tales sistemas.

En la ciudad de Cali, Colombia, el Departamento de Gestión del Medio Ambiente (DAGMA) formuló, una iniciativa para definir un Sistema de Gestión Ambiental Municipal y la construcción de un conjunto de indicadores ambientales, para lo cual se utilizó un Sistema de Información Geográfico (Escobar, 2006), para conocer la calidad ambiental de la ciudad.

Se ha observado que en la mayoría de las ciudades del mundo el crecimiento rápido y planificado de manera incorrecta en cuanto a los asentamientos humanos urbanos, ha conllevado al deterioro del medio ambiente, lo que incide de forma negativa en la calidad de vida de la población. El objetivo es mostrar las posibilidades que poseen los Sistemas de Información Geográfica como un sistema de soporte de decisión espacial a estudios medioambientales en zonas urbanas (Pérez *et al.* 2005).

Otro de los estudios realizados para tener una definición de la noción de calidad de vida y su vinculación con el medio ambiente, se aplicó en la ciudad de Mar del Plata, Argentina en donde se analizaron diferentes variables tanto ambientales como sociales, mediante los cuales se obtuvo la zonificación de la ciudad y sus relación con el medio ambiente (Celemin, 2007).

En otro caso, para la ciudad de Michigan, se generaron índices de calidad ambiental (EQI: Environmental Quality Index) mediante el uso de SIG, con el objetivo de ofrecer financiamiento y tecnología para los granjeros que tengan prácticas de mejoramiento ambiental (French *et al.* 2008).

En el estudio realizado en la Ciudad de Curitiba en Brasil desarrolló un índice de calidad del medio ambiente para los barrios, donde se analizaron 140 indicadores, distribuidos en cinco dimensiones (social, cultural, espacial, económica y ambiental), con la finalidad de establecer una escala de calidad ambiental que va de lo óptimo, hasta lo extremadamente pobre (Wienes;Silva, 2009).

Con el objetivo de resolver problemas ambientales urbanos para grandes ciudades, se realizó un estudio que emplea cinco indicadores ambientales derivados de imágenes de satélite: Temperatura de superficie (TS), Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI), Contenido de Humedad en las Hojas (LWCI), Índice de Diferencia Normalizada en Suelos (NSI) e Índice de vegetación ajustado al suelo (SAVI), los cuales se obtuvieron mediante Análisis de Componentes Principales (ACP) con el fin de determinar la calidad ambiental de cada barrio (Santana *et al.* 2010).

Para evaluar los cambios urbanos en calidad ambiental en Indianapolis, se realizó un estudio basado en el uso de imágenes del satélite Landsat de los periodos 1990 y 2000, con el objetivo de definir 30 variables entre las que destacan las de uso y cobertura del suelo, índice de vegetación y de urbanización, ambas de diferencia normalizada y densidad de población, entre otros, que permiten determinar la calidad ambiental (Bingqing. Qihao, 2011).

El Estado de México presenta severos problemas asociados con el uso del agua, inundaciones, sequías, obras hidráulicas, afectación a terceros por concesiones de agua o bienes inherentes, contaminación de cauces y acuíferos; todos aspectos sobre los cuales tiene injerencia la Dirección Local del Estado de México de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA). Esta problemática requiere su atención inmediata a partir de una adecuada toma de decisiones, por lo que CONAGUA realiza un estudio

sobre la aplicación de los sistemas de decisión espacial y el uso de los SIG; para la toma de decisiones de CONAGUA (Pedrero, Tapia, 2011).

Se realizó una comparación de los diferentes estudios realizados sobre la calidad ambiental, el cuadro 2 muestra las diferentes indicadores utilizados, y la metodología para determinar la calidad ambiental.

Tabla 8.2: Indicadores utilizados en diferentes estudios para obtener el ICA

CASO DE ESTUDIO	INDICADORES	METODOLOGÍA
Grundmann. "estudio de calidad de vida en Araduey (Palencia)" 2011	<ul style="list-style-type: none"> • Servicios de infraestructura: básicos alternativos y sustentable • Servicios de saneamiento • Servicios de comunicación • Servicios sociales • Urbano • Ambientales: contaminación sonora, aire, suelo y agua 	El uso de SIG para los datos en imágenes y mostrar de manera más sencilla los resultados.
Luis Escobar. "Indicadores sintéticos de calidad ambiental: un Modelo general para grandes zonas urbanas"(2006)	<ul style="list-style-type: none"> • Residuos sólidos urbanos • Consumo de energía • Tráfico urbano • Calidad de la vivienda • Aire • Agua • Ruido • Suelo • Espacio público • Biodiversidad 	El uso de SIG para que homogenice los indicadores operativos espacialmente toda la base de datos.
Luis Marino Santana Rodríguez Luis Alfonso Escobar Jaramillo y Paolo Andrés Capote "Estimación de un índice de calidad ambiental urbano, a partir de imágenes de satélite" (2009)	<ul style="list-style-type: none"> • Temperatura de la superficie • NDVI • LWCI • NSI • SAVI 	De las imágenes satelitales y SIG. Se realizó el análisis espacial. Y dar valor si la calidad es buena, regular o mala
Juan Pablo Celemín "el estudio de la calidad de vida ambiental: definiciones conceptuales, elaboración de índices y su aplicación en la ciudad de Mar del Plata, Argentina" (1998)	<ul style="list-style-type: none"> • Superficie en metros cuadrados de espacios verdes por habitante • Superficie en condiciones de riesgo de inundabilidad por habitante (en Has.) • Porcentaje de hogares con acceso al agua Potable Dentro de la Vivienda • Superficie de uso industrial por habitante (en Has.) • Superficie de vacíos urbanos por habitante (en Has.) 	Uso de SIG Definir las variables y posteriormente hacer capas de información a la interpretación de los procesos socioterritoriales y ambientales.

<p>Nancy H. F. French, Tyler, Brian, Thelen y Robert Shuchman.</p> <p>Índices de aproximación de la calidad ambiental Michigan(2008)</p>	<p>Índice de la Condición del suelo +</p>	<p>Índice de agua saludable +</p>	<p>Índice de tierra habitad +</p>	<p>Índice de la calidad del aire</p>	<p>Uso de SIG donde Primero se le asigno un peso a cada componente y una importancia relativa y se utilizo una función para modificar y poder combinar las diferentes variables. Que después se distribuyeron en un mapa.</p>
	<p>Erosión</p> <p>Residuos de la cubierta/labranza practica</p> <p>Rotación de cultivos</p>	<p>Claridad del agua</p> <p>Amortización de zonas ribereña</p>	<p>Habitad mejorado</p> <p>Plantas y vida silvestre</p> <p>Fragmentación</p>	<p>Emisione de amoniaco</p> <p>particulas</p>	
<p>Bingqing Liang and Qihao Weng. "Evaluando los cambios Urbanos en calidad ambiental en Indianapolis, en los Estados Unidos por Percepción Remota" (2011)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Tierras de cultivo y pastoreo • Comercio e industria • densidad alta residencial, densidad media residencial y densidad baja residencial • bosque • tierra árida • agua • tierra edificada • pastizal • NDVI y NDWI • Índice de edificación normalizado • Densidad de población y Edad media de la población • Hogares: Unidad de casa, Casa ocupadas y Casas libres • Ingreso medio por casa e Ingreso per capital • Valor medio de la casa • Porcentajes por familia • Combinación gradual del porcentaje • Pobreza y Tasa de desempleo 				<p>Se utilizo SIG y después de definir las variables se realiza un una matriz de correlación para las diferentes variables. Obtenido factores de carga para la matriz que se plantea tanto para el año 1990 como para el año 2000 y se plantean en el mapa.</p>
<p>Simone Wiens, Christian Luiz da Silva. "Índice de calidad Ambiental para Barrios de Curitiba" (2009) Brasil.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Los jóvenes de población (12 a 18 años) • Población en 2000, 2001, 2002, 2003 y 2004 • Total de personas alfabetizadas • Total de personas analfabetas • Total de nacimientos del 1997 a 2001 • Población de 15 años o más • Las personas alfabetizadas de 15 años o más • Total de hogares conectados al Agua del Medio • Alimentación del sistema / Fontanería Interna • Total de hogares con tratamiento de aguas residuales o fosa séptica • viveros • Faróis hacer Bibliotecas Saber • Niños, Niñas y Adolescentes de Integración Programa • Los hogares de Clusters subnormal • ECOS - Espacio de Medio Ambiente Social contra el cambio ambiental • Economía Popular • Barrio Zona 				<p>Utilizando análisis Multivariado y el método Genebrino es un método que mide básicamente los resultados del nivel de satisfacción de las necesidades materiales y culturales de la población; para relacionar cada uno de las variables parámetros de rango como Optimo hasta extremadamente pobre</p>

9 METODOLOGÍA

9.1 Área de estudio

Morelia capital del Estado de Michoacán fue fundada en 1541. Se ubica entre las coordenadas $19^{\circ} 42'$ al Norte y $101^{\circ} 11'$ oeste, a 1921 metros sobre el nivel del mar, en el municipio del mismo nombre. En el año 2010 contaba con una población de 597 347 habitantes y un crecimiento del 1.9% anual, por lo que en la se encuentra entre las ciudades más pobladas de México. Su fuente de ingreso principal es el turismo, la derrama de remesas y la venta de productos derivados de la agricultura. El área de estudio tiene una extensión de 97.7 km^2 .



Figura 9.3: Mapa de ubicación de la zona de estudio.

Hidrografía: Dentro de la zona urbana de la ciudad de Morelia se encuentran dos ríos, el “Río Grande” y el “Río Chiquito”, en donde se vierten los drenajes (agua contaminada con los desechos de los habitantes de la ciudad), así como de las descargas de algunas industrias. Estos ríos desembocan en el Lago de Cuitzeo. La ciudad se

abastece de agua para consumo humano de la presa de Cointzio que tiene una capacidad de 79.2 millones de metros cúbicos. Otro recurso importante de abastecimiento de agua son los pozos y el manantial de la Mintzita, así como los arroyos de San Miguel del Monte.

Orografía: La superficie del municipio es muy accidentada, ya que se encuentra sobre el Eje Neovolcánico Transversal, que atraviesa el centro del país, de este a oeste. En el municipio se encuentran tres sistemas montañosos: el cerro del "Punhuato" (2320 msnm), que marca el límite oriental de la ciudad de Morelia, así como el cerro "Azul" (2625 msnm) y el cerro "Verde" (2600 msnm) un poco más hacia el sureste. En relación con la fisiografía del municipio al poniente sobresalen el Pico de "Quinceo" (2787 msnm), el Cerro "Pelón" (2320 msnm) y el Cerro del Águila (2700 msnm), es el más alto del municipio

Clima: Predomina el clima templado subhúmedo con humedad media, C(w1) con temperatura promedio anual de 17.5 °C, y precipitación de 773.5 mm anuales. Los vientos dominantes proceden del suroeste y noroeste, variables en julio y agosto con intensidades de 2.0 a 14.5 km/h.

Suelos. Los suelos registrados en la zona son Acrisoles, Luvisoles y Andosoles al sur de Morelia, además Luvisoles al suroeste; Feozems, al centro norte y este; Rankers, al noroeste y sureste, y Vertisol distribuido en la mayor parte del área (INEGI 2008).

9.2 Obtención de los indicadores ambientales

Para determinar los indicadores se consideraron los siguientes aspectos: la revisión de literatura publicada sobre el tema, disponibilidad de información, que los indicadores puedan espacializarse, para asociarlas a las unidades básicas de estudio en las que se divide el área de urbana de Morelia: Áreas Geoestadísticas Básicas (AGEBS) y el uso del programa Expert Choice.

9.3 Base de datos geográficos

Para su creación, se utilizaron tres fuentes principales de datos: (a) censal, (b) Cartografía vectorial y Analógica de INEGI e (c) imágenes de sensores remotos.

Datos censales: Se consultaron los datos de Población y Vivienda 2010 en la modalidad de Integración Territorial y por AGEB, los cuales se ligarán a la cartografía digital

Cartografía vectorial y analógica: Se construyó, a partir de la carta E14A23 de INEGI, escala 1:50,000 en formato vectorial para los datos altimétricos y planimétricos, así como el formato analógico para la cartográfica temática.

El sistema de referencia espacial utilizado es la Proyección Universal Transversa de Mercator (UTM), Zona 14, con datum WGS84, con unidades horizontales y verticales en metros.

9.4 Área Geoestadística Básica: unidad de estudio

Un área geoestadísticas básica es la extensión territorial que corresponde a la subdivisión de las áreas geoestadísticas municipales. Dependiendo de sus características, se clasifican en dos tipos: AGEB urbana o AGEB rural.

Un AGEB urbana, es un área geográfica ocupada por un conjunto de manzanas delimitadas por calles, avenidas, andadores o cualquier otro rasgo de fácil identificación y cuyo uso del suelo es principalmente habitacional, industrial, de servicios, comercial, entre otros y solo son asignadas al interior de localidades urbanas para su zonificación o subdivisión. Una localidad urbana es aquella que tiene una población mayor o igual a

2500 habitantes o que es cabecera municipal, independiente al número de habitantes (INEGI 2012).

Las AGEBs urbanas de la ciudad de Morelia, son la zonificación geográfica estadística que se usa para incorporar todos los datos de cada variable, es decir cada AGEB contiene sus propios datos con respecto a cada indicador.

9.5 Indicadores ambientales

El indicador ambiental es un elemento físico o social que permite conocer el estado actual del ambiente, saber si este se encuentra en buen estado o no, pero sobre todo conocer si el ambiente de la ciudad puede causar efectos adversos en sus habitantes.

Del siguiente listado (Tabla 3) de indicadores muestra todos los elementos que se investigaron pero solo 9 de ellos fueron utilizados en este estudio.

Tabla 9.3: Indicadores ambientales

Indicador	Concepto
NDVI	Aceptado
Precipitación	Aceptado
Temperatura	*No válido
Contaminación atmosférica	*No válido
Contaminación atmosférica vehicular	Aceptado
Residuos sólidos urbanos	Aceptado
Ruido	*No existen datos
Contaminación de agua	*No valido
Contaminación del suelo	*No valido
Marginación	*No valido
Población	Aceptado
servicios	Aceptado
Enfermedades por contaminación	*No válido
Población económica activa	*No válido
Población analfabeta	*No válido
Población sin servicio de salud	*No válido
Fallas y fracturas (vulnerabilidad y riesgo)	Aceptado
Inundaciones (vulnerabilidad y riesgo)	Aceptado
Deslizamientos de tierra (vulnerabilidad y riesgo)	Aceptado

No valido indicadores que no se usaron para este estudio por qué no existen datos, datos insuficientes, datos no espaciales, datos sin relación con la unidad de estudio.

A pesar de que se realizó una búsqueda para obtener datos sobre todos los indicadores de la (Tabla 3), no fue posible incluirlos a todos en el estudio, porque algunos no contaban con información relacionada con la unidad básica de estudio, otros porque no se podían espacializar y datos insuficientes para su análisis e integración al estudio. Además el programa Expert Choice solo permite trabajar con un máximo de 9 indicadores para que la matriz de ponderación no pierda su objetividad.

Los indicadores utilizados para obtener la calidad ambiental son los siguientes:

Variables físicas	<ul style="list-style-type: none"> •NDVI •Precipitación •Contaminación atmosférica vehicular •Residuos sólidos generados
Variables sociales	<ul style="list-style-type: none"> •Población total por AGEBS •Servicio
Variables vulnerabilidad y riesgo	<ul style="list-style-type: none"> •Áreas de inundación •Fallas y Fracturas •Deslizamientos de tierra.

9.5.1 Variables Físicas

El NDVI (Índice de vegetación de diferencia normalizada)

El NDVI es una medida de la capacidad fotosintética de las plantas y la resistencia estomática con respecto a la transferencia de vapor de agua (Tucker; Sellers, 1986).

El NDVI se basa en la representación de la diferencia entre la cantidad de luz roja reflejada, y de radiación infrarroja cercana reflejada -NIR- lo cual es un indicador del desarrollo del mesófilo de la hoja que se asocia a las condiciones de salud de la hoja.

Entre mayor sea la curva del infrarrojo cercano, mayor será la vegetación. (Manriques 1999). El NDVI calcula de la siguiente manera:

$$NDVI = \frac{\text{infrarrojo cercano} - \text{rojo}}{\text{infrarrojo cercano} + \text{rojo}} \quad (\text{Ecuación 1})$$

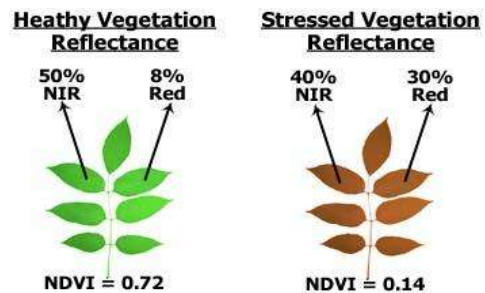


Figura 9.4 reflectancia en la vegetación sana y seca (ODIS 2012)

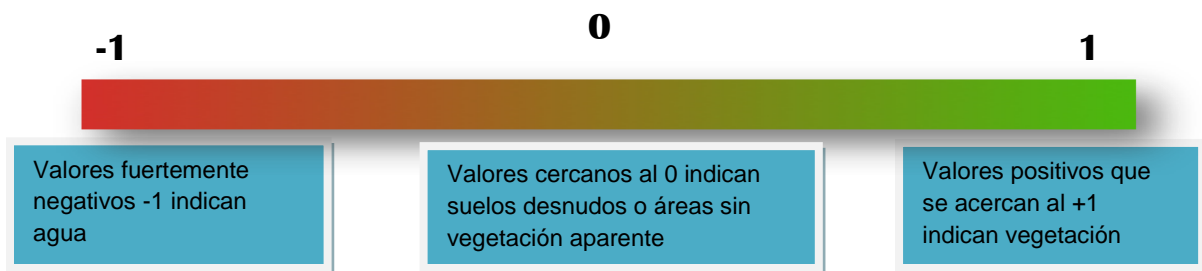


Figura 9.5: Valores del NDVI para conocer el estado de la vegetación.

Para la obtención del NDVI se usaron imágenes satelitales LANDSAT de los sensores *Thematic Mapper* (TM) y *Enhanced Thematic mapper* (ETM+) de las siguientes fechas (Tabla 9.4)

Tabla 9. 4: Información de las imágenes satelitales

misión	fecha	resolución (metros)
Landsat 7 ETM+	20/octubre/2005	
Landsat 5 TM	1/octubre/1995	30
	14/marzo/1986	

Para realizar el NDVI se utilizaron las bandas 3 (longitud de onda del rojo) y 4 (longitud de onda del infrarrojo cercano). Se calcula mediante un SIG.

Precipitación

La precipitación es un componente principal del ciclo hidrológico y es responsable de depositar la mayor parte del agua dulce en el planeta.

Datos del el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA 2012) reflejan que los daños causados en los últimos años por fenómenos meteorológicos, tanto en términos materiales como de afectaciones humanas, han generado un mayor interés por determinar la información.

Para la precipitación los datos se obtuvieron de la página de WordClim generadas por el satélite ESRI con resolución de 30° de arco (aproximadamente 1 km). De las cuales su utilizaron la temperatura media anual y precipitación anual. Estas imágenes se recortaron para la zona urbana de Morelia.

Residuos sólidos urbanos

La Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente define los residuos sólidos urbanos como: los residuos generados en las casas habitación, que resultan de la eliminación de los materiales que utilizan en sus actividades domésticas, de los productos que consumen y de sus envases, embalajes y empaques (LGEEPA, 2006).

Los datos más recientes con relación a la unidad básica de estudio para los residuos sólidos generados por vivienda se obtuvieron del reporte sobre la Sectorización de las

rutas de recolección de los residuos sólidos de la ciudad de Morelia, Michoacán del año 2010 (Buenrostro, 2010).

Atendiendo los resultados del total de vivienda por AGEBS del INEGI del año 2010 y de acuerdo con los datos de residuos sólidos generados por vivienda de Buenrostro, fue posible calcular el resultado del total de residuos producidos por AGEBS.

$$\text{Total RS} = T_{\text{viv}} \times \text{PRSViv} \quad (\text{Ecuación 2})$$

En donde:

Total RS: Total de residuos sólidos por AGEBS

T_{viv} : Total de viviendas por AGEBS

PRSViv : Promedio de los residuos sólidos generados por vivienda.

De lo cual se obtuvo un mapa del total de los residuos sólidos producidos por AGEBS.

Contaminación atmosférica vehicular

Las redes de monitoreo instaladas en diferentes zonas metropolitanas y ciudades de México muestran que alrededor de 28 millones de personas están expuestas a contaminantes cuya toxicidad está clínicamente asociada a enfermedades respiratorias, cardiovasculares e incluso la muerte prematura, por la mala calidad del aire que respiran (INE, 2010).

Los datos para el indicador de se obtuvieron del estudio sobre el Uso del modelo Mobile 6- México para evaluar escenarios de educación de emisiones por fuentes móviles en la ciudad de Morelia, Michoacán (Zavala, 2011).

$$\text{TVPA} \times \text{TC t a}^{-1} = \text{TCV AGEBS t a}^{-1} \quad (\text{Ecuación 3})$$

De donde:

TVPA: Total de vehículos por AGEBS

TC t a⁻¹: total de contaminantes en t a⁻¹, por vehículo para el año 2005.

TCV AGEBS t a⁻¹: total de contaminación por vehículos en t a⁻¹ por AGEBS.

9.5.2 Variables sociales y de vulnerabilidad

Población

La información de los censos permite identificar los aspectos demográficos, económicos y sociales, por lo que representa un soporte estadístico fundamental para apoyar la toma de decisiones de los sectores público, privado y social. Contribuye a respaldar la investigación que llevan a cabo académicos e instituciones educativas en el ámbito socio demográfico (INEGI, 2012).

La cantidad de población en las zonas urbanas implica una relación y un deterioro del ambiente, la necesidad de más recursos para su alimentación y la producción de más energía para el consumo de los habitantes (FNUAP, 2001).

Es uno de los datos más importantes porque en el Proceso Analítico Jerárquico es una variable que tiene mucho valor sobre las demás. Los datos de la población se obtuvieron de INEGI del año 2010. Los datos que contienen los AGEBS es el total de población para cada polígono.

Servicios Básicos

Los servicios sociales básicos (agua potable, luz eléctrica y drenaje) representan los componentes esenciales en que se funda el desarrollo humano y, de hecho, actualmente se reconoce a tales servicios como la condición de derechos humanos (UNICEF, 2000).

Los datos sobre los servicios básicos con los que cuenta la población son datos del censo 2010 que realizó el INEGI. Esta variable contiene el total de viviendas que cuentan con los tres, dos o uno de los servicios básicos.

Inundación (en áreas urbanas)

La ciudad de Morelia desde su fundación (principios del siglo XVI) ha presenciado diferentes episodios de inundaciones, sin embargo, en los últimos diez años la problemática se ha magnificado.

El río Grande y el río Chiquito que atraviesan la ciudad de Morelia y sus respectivos afluentes (entre ellos el arroyo de Tierras, presente en los temporales de lluvias) son considerados peligrosos debido a sus constantes desbordes (Hernandez and Vieyra 2010).

Deslizamientos de tierra en zonas urbanas

Los deslizamientos de tierra se encuentran muy relacionados con las fallas y fracturas presentes en la ciudad; ya que estos movimientos telúricos provocan el deslizamiento del terreno. El problema consiste en que a pesar del alto riesgo se ha construido sobre terrenos vulnerables a deslizamientos de tierra. (Rocha *et al.* 2005).

Fallas y fracturas.

Uno de los motivos por los que se dan algunas fallas es por la sobreexplotación de acuíferos subterráneo, pueden ocasionar hundimientos de tierra, deslizamientos y derrumbes y daños estructurales en la obra civil, dañando la infraestructura como: calles, tuberías de drenaje y de agua potable.

Entre las fallas de Morelia, dos son tectónicas y potencialmente sísmicas; ellas forman parte del sistema de Morelia-Acambay en donde se han registrado eventos sísmicos desde tiempos históricos (Monroy et al. 2001).

Inundaciones, deslizamientos de tierras, fallas y fracturas.

Los datos se obtuvieron de mapas proporcionado por el Instituto Municipal de Desarrollo Urbano de Morelia (IMDUM) de un mapa denominado, vulnerabilidad y riesgo. Teniendo en cuenta los tres indicadores de manera individual.

9.6 Consulta a Expertos

La elaboración y ponderación de la matriz de Saaty se realizó mediante la consulta a expertos, se tomó en cuenta la opinión y el conocimiento de cuatro expertos en diferentes áreas para la ponderación de la matriz. Se llevaron a cabo encuestas a los expertos, éstas se analizaron y se realizó una matriz para la ponderación. Estos datos se aplicaron al programa Expert choice.

9.7 Software para la decisión multicriterio: Expert Choice Professional 9.5

Expert Choice es el programa comercial más utilizado para la aplicación del PAJ. El programa trabaja en el ambiente Windows, es de fácil uso y sirve como mecanismo de derivación de consensos participativos. El desarrollo de Expert Choice ha sido supervisado por Saaty (Hurtado 2005).

9.8 Reglas de decisión

Las Reglas de decisión se basan en la lógica difusa (Fuzzy) Los conjuntos difusos son conjuntos (o clases) sin límites definidos, es decir, la transición entre la pertenencia y no ser miembro de un lugar en el conjunto es gradual (Zadeh 1965, Schmucker 1982). Un conjunto difuso se caracteriza por una pertenencia difusa grado (también llamado una posibilidad) que oscila de 0 a 1 entre ambos valores se presenta toda una gama de posibilidades de pertenencia que van desde ninguna (0), hasta la completa (1).

En uso, el módulo FUZZY en IDRISI está diseñado para la construcción de funciones de pertenencia de conjuntos difusos, FUZZY ofrece cuatro tipos de función de pertenencia: Sigmoidal: que es la función utilizada con mayor frecuencia dentro del ámbito de la teoría de conjuntos difusos, y se representa mediante la función coseno; en forma de jota (J-shaped): similar a la función sigmoidea, la función en forma de J se aproxima de manera indefinida a cero, de tal forma que el eje de las abcisas constituye una asíntota horizontal de la función; Lineal: esta función es ampliamente utilizada en sistemas electrónicos aunque en ocasiones se aplica en sistemas de evaluación, simplificando la función sigmoidal; definida por el usuario: utilizada en las ocasiones en que ninguna de las anteriores es aplicable (Moral-Torres *et al*; 2000).

La elección de la función dependerá del conocimiento de las relaciones existentes entre el criterio en cuestión y el conjunto de decisión. Para elegir de manera adecuada deben conocer exhaustivamente los requerimientos de los indicadores.

Debido a las diferentes escalas sobre las cuales se miden los criterios, es necesario estandarizarlos factores antes de combinarlos usando las fórmulas anteriores, y

transformarlos, si es necesario, de manera tal que todos los mapas de factores se correlacionen positivamente con la adecuación (Voogd 1983) resume una variedad de procedimientos para la estandarización, usualmente por medio de los valores mínimos y máximos como puntos de escala. Los más simples una escala lineal como:

$$X_i = R_i - R_{\min} / R_{\max} - R_{\min} * \text{el rango} \quad (\text{ecuación 4})$$

Donde R = valor puro

No obstante, si reconocemos que los factores continuos son en realidad grupos difusos, fácilmente reconocemos esto sólo como una de varias funciones posibles de pertenencia de grupos.

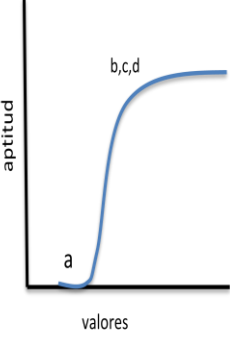
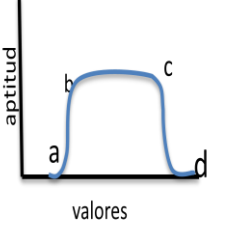
En IDRISI, el módulo llamado FUZZY (difuso) sirve para la estandarización de factores usando un rango completo de funciones de pertenencia de grupos difusos. El módulo es rápido y fácil de usar, y provee la opción de estandarizar factores en una escala de números reales de 0-1 o en una escala byte de 0-255. (Idrisi 2012)

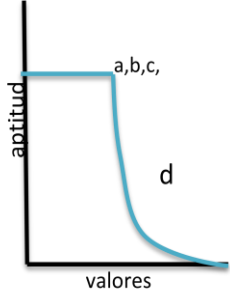
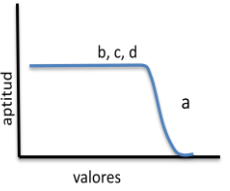
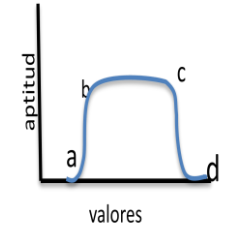
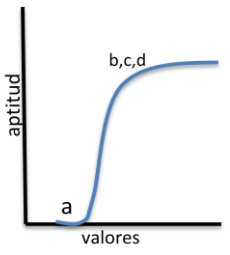
Puesto que cada variable está expresada en sus propias unidades, se hace necesaria una homogeneización previa de los datos que permita su posterior combinación y la elaboración de mapas por ello se establece la escala byte que va del 0 hasta el 255 (Moral-Torres *et al.* 2000).

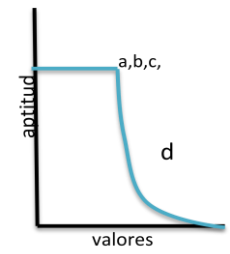
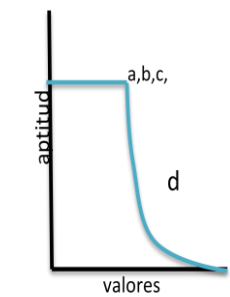
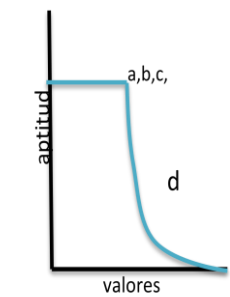
Los límites de las reglas de decisión se establecen en base a los datos de cada indicador y la teoría de cada uno de ellos.

La aptitud se expresa en una escala continua de valores que van desde el cero cuando la aptitud es nula, hasta el 255 cuando la aptitud es máxima.

La tabla presenta los requerimientos de cada indicador para realizar la correcta elección de la función.

VARIABLE	JUSTIFICACIÓN	REGLA DE DECISION	FUNCION DE PERTENENCIA	FUZZY SET
NDVI	Permite conocer la cantidad de vegetación dentro del área de estudio, ya que la vegetación absorbe mayores contaminantes de la atmosfera (dióxido de carbono) y produce mayor cantidad de oxígeno. Lo que contribuye a una mejor calidad del aire limpio. Además las áreas verdes dentro de la ciudad, ayudan a mantener temperaturas más bajas y a la existencia de mayor humedad (evapotranspiración) (Sorensen <i>et al.</i> 1998).	A partir del -0.20 que es una aptitud baja, hasta el 0.64 que la aptitud comienza a ser mas alta y se estabiliza en el valor 1.	Sigmoidal monotonica creciente 	La función de pertenencia sigmoide ("en forma de s") es quizás la función más utilizada en conjunto difuso. Se produce usando una función coseno. La interfaz de FUZZY facilita la introducción de datos en este caso mediante la solicitud de los valores sólo para los puntos de inflexión a y b.
Precipitación	Es una variable importante para la vegetación sin embargo puede afectar a las zonas de riesgo de inundación.	De 0 a 1000 mm. Es una aptitud baja y de 1000 hasta 1300 es una aptitud alta y de 1300 en adelante la aptitud comienza a bajar.	Sigmoidal monotonica simétrica 	Se produce usando la función coseno solo que los puntos de inflexión se encuentran en b y c.

Contaminación Atmosférica por vehículos	Los vehículos prestan un servicio pero emiten grandes cantidades de CO ₂ y CO entre otros lo que disminuye la calidad ambiental de la ciudad y provoca un alza en las enfermedades respiratorias.	De 0 mayor aptitud, a mayor cantidad de contaminación menor aptitud.	J-Shape monotónica decreciente 	La función en forma de J también es bastante común. Cabe señalar que con la función de forma de J, la función se aproxima a 0, pero sólo alcanza en el infinito. Así, el punto A y D de inflexión indican los puntos en los que la función alcanza 0,5 en vez de 0.
Residuos sólidos por AGEBS	La producción de basura en la ciudad de Morelia es muy alta, no se recicla es depositada en vertederos municipales que provocan enfermedades y la contaminación de mantos acuíferos.	Entre mayor sea la cantidad de basura, menor aptitud, entre menor sea mayor aptitud. De 0 aptitud alta y disminuye hasta llegar a 4673.73.	Sigmoidea montónica decreciente 	Se produce usando una función coseno. La interfaz de FUZZY facilita la introducción de datos en este caso mediante la solicitud de los valores sólo para los puntos de inflexión a y b.
Población	La cantidad de personas es un factor importante porque está relacionada con todas las variables y depende de la cantidad de habitantes el crecimiento de la ciudad. (Zapata 2009)	De 0 a 1778 habitantes la aptitud comienza a crecer y se mantiene hasta los 3556 después la aptitud comienza a disminuir.	Sigmoidea simétrica. 	También se produce usando la función coseno sólo que los puntos de inflexión se encuentran en b y c
Servicios básicos (luz eléctrica, agua potable entubada y drenaje)	La población de la ciudad debe contar con los servicios básicos necesario, para el desarrollo de sus actividades productivas, y fomentar la calidad de vida. Además de que la población tiene menor riesgo de enfermedades relacionadas con la suciedad.	De 2 menor aptitud y crece entre mas aumente el número de servicios hasta llegar a los 1,792,041 que es el total de servicios que cubre a toda la población.	Sigmoidea monotónica Creciente. 	La función de pertenencia sigmoideal ("en forma de s") es quizá la función más utilizada en conjunto difuso. Se produce usando una función coseno. El FUZZY facilita la introducción de datos mediante la solicitud de los valores sólo para los puntos de inflexión a y b.

Áreas de inundación	Es un indicador que social y natural que ayuda a identificar el riesgo de la población y a entender cuáles son las áreas de la ciudad que están en peligro de inundación. Dividido en inundación con riesgo alto y bajo.	Entre más cercana a cero la aptitud es mayor y conforme se acerca a 2 la aptitud disminuye.	J-Shape monotónica decreciente 	La función en forma de J también es bastante común. Con la función de forma de J, la función se aproxima a 0, pero sólo alcanza en el infinito. Así, el punto A y D de inflexión indican los puntos en los que la función alcanza 0,5 en lugar de 0.
Deslizamiento de tierra	Conocer las áreas donde la tierra se desliza, para indicar el riesgo en que se encuentra la población por causa de algún derrumbe	Entre más cercana a cero la aptitud es mayor y conforme se acerca a 2 la aptitud disminuye.		La función en forma de J también es bastante común. Cabe señalar que con la función de forma de J, la función se aproxima a 0, pero sólo alcanza en el infinito. Así, el punto A y D de inflexión indican los puntos en los que la función alcanza 0,5 en lugar de 0.
Fallas y fracturas	Es un dato para conocer tanto los deslizamientos de tierra como para saber cuáles son las zonas más vulnerables a sismos y derrumbes.	cercano a cero mayor aptitud entre mas cercano a 2 menor aptitud. El valor 2 es el de la falla o fractura		La función en forma de J también es bastante común. Cabe señalar que con la función de forma de J, la función se aproxima a 0, pero sólo alcanza en el infinito. Así, el punto A y D de inflexión indican los puntos en los que la función alcanza 0,5 en lugar de 0.
Restricciones	Áreas verdes dentro de la ciudad. Incluye áreas naturales protegidas y las áreas dentro de la ciudad que cuentan con mayor cantidad de vegetación como son: el zoológico Benito Juárez, el bosque Cuauhtémoc, el planetario, la loma de Santa María y un área verde que se encuentra en la Ciudad Industrial. Con el fin de que las áreas verdes no se incluyan en el análisis de programa.	escala 1 y 0 donde cero son las áreas verdes	reclasificación	
	Áreas fuera de los AGEBS	Escala 1 y 0 Donde cero es lo que está fuera del áreas de estudio	reclasificación	

Las restricciones son áreas que se excluyen porque no se desean evaluar en el estudio, realizándoles a los mapas una reclasificación binaria, para que se encuentren

en números booleanos con valores de 0 para áreas que excluyen y 1 para áreas que se evalúan. Las restricciones usadas son las áreas verdes dentro de la ciudad y el mapa de áreas fuera de los AGEBS.

9.9 Obtención del índice de calidad ambiental

El análisis involucrará el uso de factores continuos, además de restricciones booleanas, el procedimiento que se utilizará aquí para la combinación de los criterios es la *combinación lineal ponderada*, la cual se expresa de la siguiente manera:

$$ICA = \sum_{i=1}^n F_i \cdot w_i \quad (\text{Ecuación 5})$$

En donde:

ICA= Índice Sintético de Calidad Ambiental

F_i= factores (un mapa digital por cada factor)

w_i= pesos (valores escalares obtenidos con el PAJ)

Los mapas obtenidos para cada uno de los indicadores son los factores que se sumaran en la Ecuación 4. Aquí se usaron los 9 indicadores ambientales. (NDVI, precipitación, contaminación atmosférica por vehículos, residuos sólidos urbanos, población total por AGEBS, áreas de inundación, fallas y fracturas, servicios y áreas de posibles deslizamientos de tierra.)

El procedimiento anterior es bastante común en los SIG y tiene una forma muy similar a la de una ecuación lineal. En los casos en donde las restricciones booleanas se aplican, el procedimiento se modifica multiplicando la aptitud de los factores por el producto de las restricciones:

$$ICA = \left(\sum_{i=1}^n F_i \cdot w_i \right) \prod_{j=1}^{j=n} R_j \quad (\text{Ecuación 6})$$

En donde:

R_j = restricciones (un mapa booleano por cada restricción)

Π = producto de las restricciones

Todos los SIG proporcionan las herramientas básicas para evaluar tal modelo. Desde el punto de vista computacional la ecuación se expresa como sigue:

$$ICA = (F_1 \cdot w_1 + F_2 \cdot w_2 + F_3 \cdot w_3 + \dots + F_n \cdot w_n) (R_1 \cdot R_2 \cdot \dots \cdot R_j) \quad (\text{Ecuación 7})$$

De las restricciones se usaron las siguientes: una máscara base donde los valores eran de 0 y 1 para que los valores fuera de los AGEBS no contarán.

9.10 Zonificación del área urbana

Con el ICA, se zonificó el área urbana. Asociando espacialmente el índice obtenido a las AGEBS de INEGI. Se integran todas las AGEBS y manzanas urbanas del país, incluyendo aquéllas que no tienen viviendas o que sólo tienen viviendas deshabitadas o de uso temporal.

Cada uno de los indicadores es un mapa, los cuales se integran a la herramienta Idrisi MCE- multi-criteria evaluation, donde se utiliza los indicadores, la matriz y las respectivas restricciones. El resultado obtenido es un mapa con la zonificación por AGEBS de la ciudad de Morelia.

Tabla 9.5: Matriz de ponderación para cada uno de los indicadores ambientales.

	NDVI	RSU	CAV	POB	SER	PREC	INUN	DESLZ	FYF
NDVI	1								
RSU	3	1							
CAV	3	1/2	1						
POB	3	3	3	1					
SER	1/2	1/2	1/2	1/3	1				
PREC	1/4	1/2	1/2	1/3	1/2	1			
INUN	1/2	1/2	1/2	1/3	1/2	1/4	1		
DESL	1/2	1/2	1/2	1/3	1/2	1/2	1/2	1	
FYF	1/2	1/2	1/2	1/3	1/2	1/2	1/2	1/2	1

NDVI: vegetación, RSU: Residuos Sólidos Urbanos, CAV: Contaminación Atmosférica vehicular, POB: Poblacion, SER: servicios, PREC: Precipitación, INUN: Inundaciones, DESLZ: Deslizamientos de tierra, FYF: Fallas y fracturas.

Para analizar cada uno de los AGEBs que se encuentran en escala de aptitud y que representan el ICA, se realizó un análisis de estadística zonal con el programa ArcGis, y se evaluaron los valores máximo, mínimo, media, mediana, rango y desviación estándar.

Jenks Natural Breaks Clasificación

Se utilizó el módulo natural breaks, con el programa ArcGis, para reclasificar los datos del valor máximo del mapa del ICA. Para obtener un mapa con una interpretación más sencilla. Natural breaks se basa en los puntos de quiebre lógicos de un conjunto mediante la agrupación de valores similares que los datos de minimizar las diferencias entre los valores de los datos de la misma clase y maximizar las diferencias entre las clases. Las funciones se dividen en clases cuyos límites se fijan en donde hay relativamente grandes saltos en los valores de los datos (ArcGis 2008)

10 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

10.1 Aptitud de los indicadores ambientales

Como se menciona anteriormente el primer objetivo de este trabajo fue definir los indicadores que se usaron para el índice ambiental, un segundo objetivo fue crear una base de datos geográficos para poder espacializar los resultados obtenidos. En Figuras 6 a la 14 muestran los 9 indicadores ambientales. Los mapas muestran la aptitud de los indicadores con respecto a la meta del proceso analítico jerárquico.

Es importante recordar que en la metodología se utilizó reglas de decisión que permiten homogenizar la escala de las unidades originales de cada mapa a una escala byte, para la aptitud de los indicadores. Que va de 0 a 255 los valores mas cercanos al cero son menos aptos.

Los indicadores ambientales se presentan en formato espacial, los cuales muestran la aptitud de cada uno de los indicadores. Para conocer su valores de aptitud con respecto a la meta del proceso analítico jerárquico y su ponderación en la matriz.

Análisis de resultados y discusión para cada uno de los indicadores

A continuación se presentan los mapas que son producto de la espacialización de los indicadores mencionados de los cuales se desprenden las observaciones correspondientes expresadas para cada imagen.

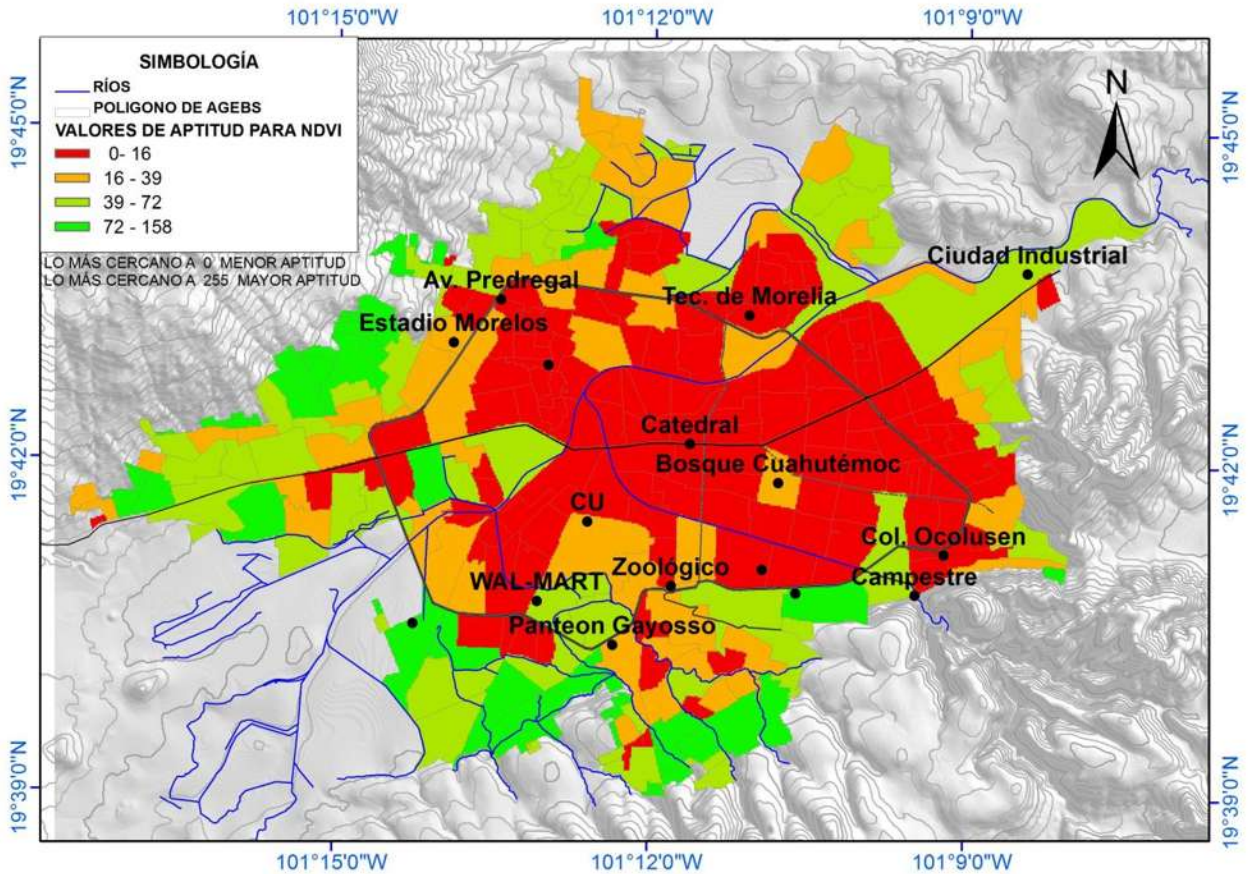


Figura 10.6: Mapa que representa la aptitud con respecto al PAJ del indicador NDVI para cada AGEBS

Se observa que la mayor parte de la ciudad se encuentra en un valor de aptitud entre 0 y 16 (Figura 10.6) es una aptitud baja con respecto a la meta del PAJ. La ciudad no tiene áreas verdes o con vegetación (restricciones las áreas del zoológico, el planetario y el bosque Cuauhtémoc) que permita absorber los contaminantes de la atmósfera (dióxido de carbono) y ayudaría a producir mayor cantidad de oxígeno. Además, las áreas verdes dentro de la ciudad, ayudan a mantener temperaturas más bajas y a la existencia de mayor humedad (evapotranspiración) (Sorensen *et al.* 1998).

A medida que las áreas se alejan de la zona central su aptitud respecto a la meta del PAJ va en aumento

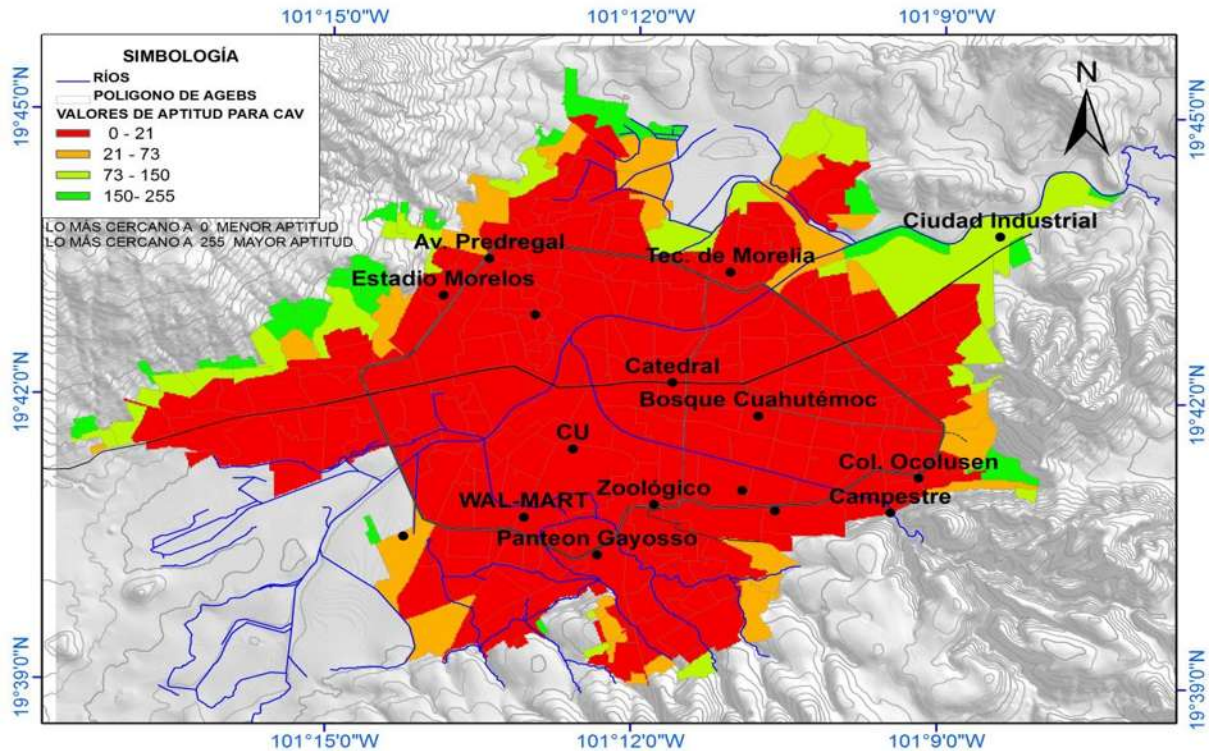


Figura 10.7: Mapa que representa la aptitud con respecto a la meta del PAJ del indicador de Contaminación atmosférica vehicular.

En el indicador de Contaminación Atmosférica vehicular se observa que la mayor parte de la ciudad se encuentra en rojo es una aptitud baja de entre 0 y 21 con respecto a la meta del PAJ (Figura 10.7)

La ciudad de Morelia a paso de tener 74 808 vehículos con motor en 1999 a 356 827 para el 2010. Para este estudio solo se tomaron en cuenta los vehículos particulares con los que cuenta cada vivienda. De los cuales se obtuvieron un total de 86 655 que es tan solo 25.10% de los vehículos que circulan en la ciudad de Morelia.

El estudio elaborado por el Instituto Nacional de Ecología (INE) sobre las emisiones y actividad vehicular en Morelia del 2010 muestra como resultados: Aproximadamente, 16% de los vehículos, rebasarían el umbral de 2% vol. de CO, y el 15% de HC, es decir, muy probablemente no aprobarían una prueba de verificación de gases de escape bajo el método de aceleración simulada o prueba dinámica. El INE concluyó que se debe establecer un control de las emisiones de los vehículos en circulación, en especial aquéllos con antigüedad mayor a diez años (INE 2010).

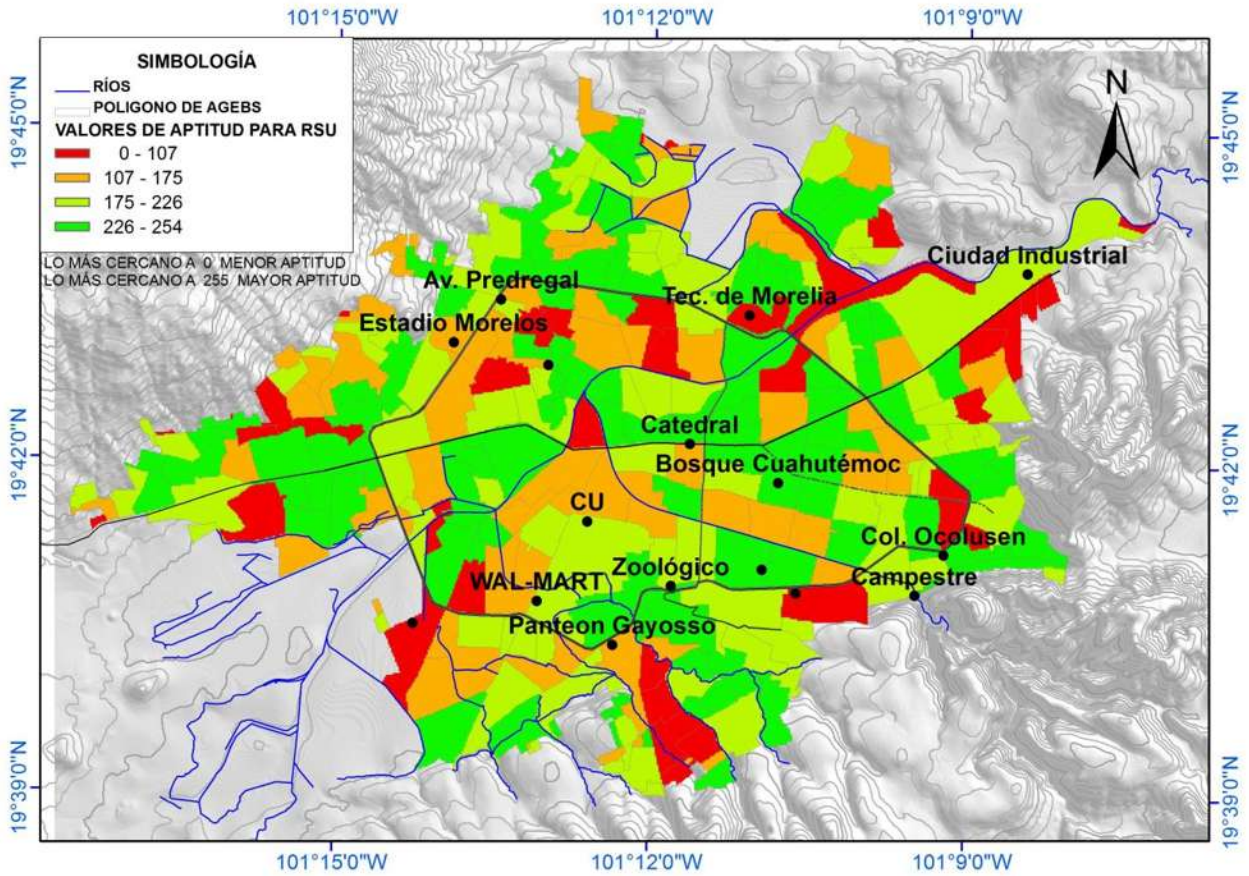


Figura 10.8: Mapa que representa la aptitud con respecto a la meta del PAJ de los Residuos sólidos urbanos para cada AGEBS

En todos los tiraderos es común la proliferación de fauna indeseable y emisión de gases, en ocasiones tóxicos, como metano y lixina generados en las 34 ha del tiradero de Morelia (Israde-Alcantar *et al.* 2009).

En la ciudad de Morelia se tiran alrededor de 689.52 t al día de residuos sólidos urbanos, generados por las viviendas y comercios principalmente (Buenrostro 2010). Esto trae como consecuencia un impacto ambiental muy fuerte que afecta al agua de la ciudad, al suelo y a la atmósfera. En el mapa podemos observar una distribución heterogénea de la aptitud de la ciudad haciendo énfasis en la localización de las zonas con aptitud baja lo que permitiría una actuación urgente en la gestión de los residuos sólidos urbanos.

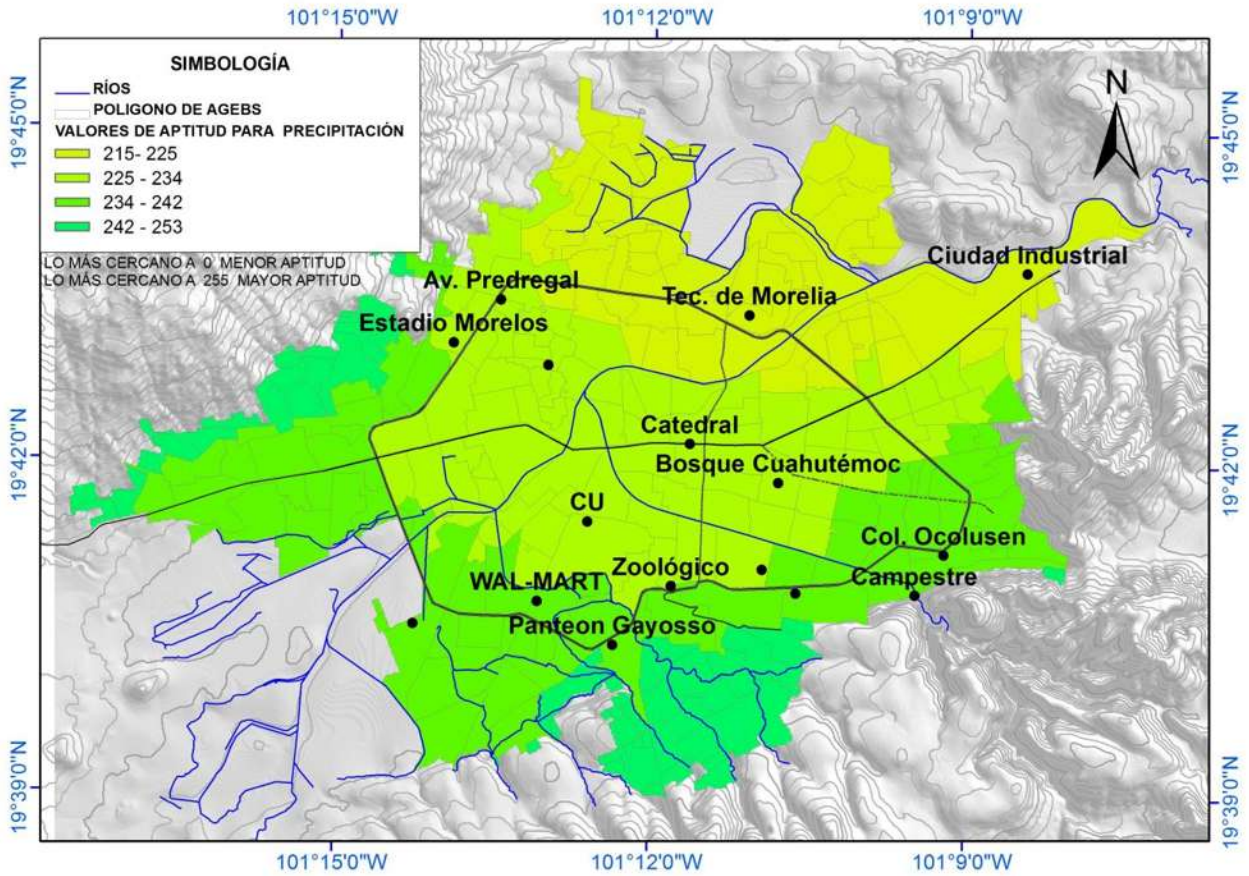


Figura 10.9: Mapa que representa la aptitud con respecto a la meta del PAJ del indicador para la Precipitación

Se observa que en la ciudad la precipitación es más abundante hacia el sur, pero en general se encuentra dentro de un rango de 215 a 251, es decir, una aptitud alta con relación a la meta del PAJ (Figura 10.9)

En la ciudad de Morelia se tiene registros de precipitación anual entre 754 y 800 mm de lluvia anual con el mes de junio como es más abundante. La relación estrecha entre la vegetación y la precipitación permite conocer las zonas donde se encuentra la vegetación, pero también implica un riego que tiene que ver con la vulnerabilidad de la ciudad a inundarse.

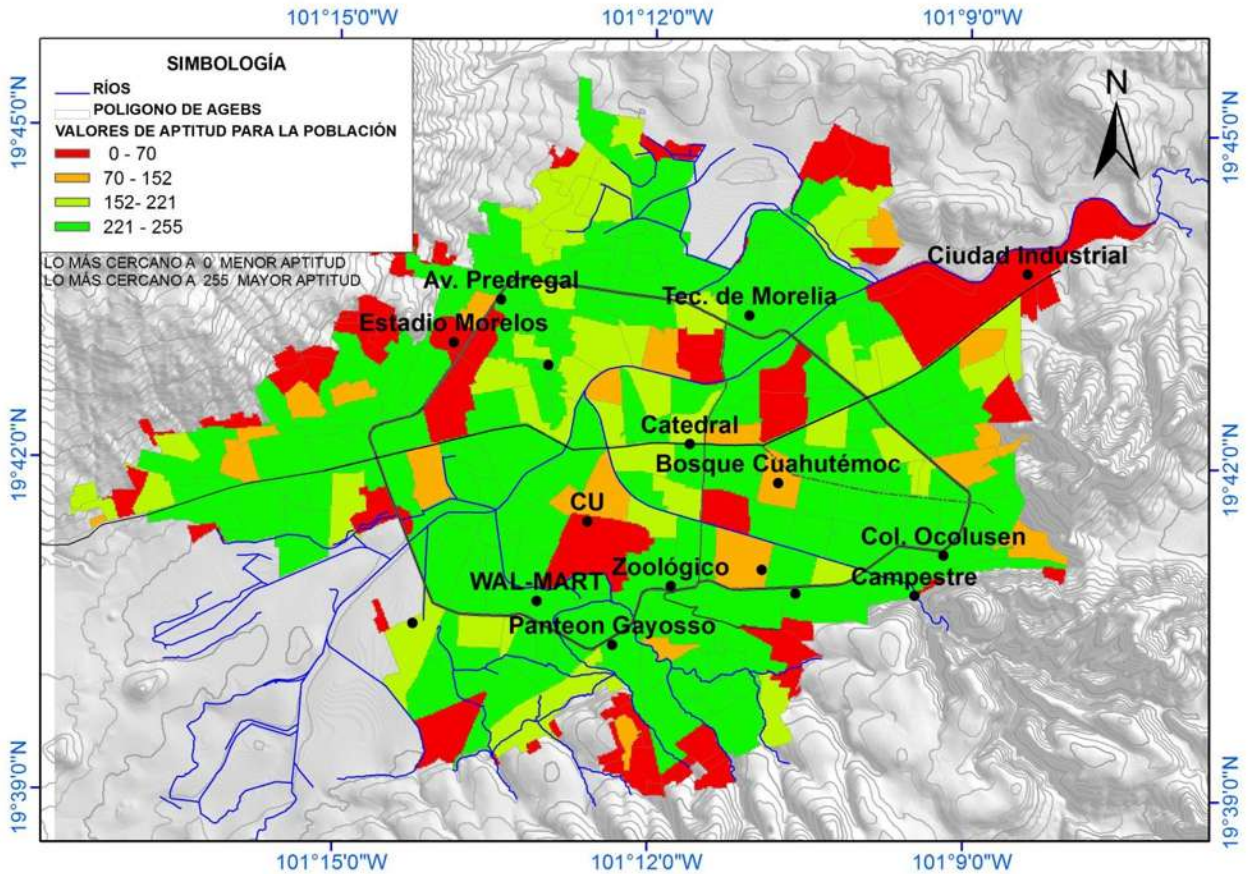


Figura 10.10: Mapa que representa la aptitud con respecto a la meta del PAJ del indicador de Población

Se observa en la (Figura 10.10) que en ciudad este indicador se comporta de una manera heterogénea. Los AGEBS que se encuentran en color rojo son menos aptos, con respecto a la meta del proceso analítico jerárquico.

Población total por AGEBS es un indicador muy importante por ser el que tuvo mayor peso en la ponderación. Todos los aspectos tanto físicos, sociales como de vulnerabilidad y riesgo tienen que ver con este indicador los resultados muestran un mapa heterogéneo en cuanto a su aptitud. El crecimiento demográfico y la mala planeación han afectado fuertemente al ambiente.

El proceso de urbanización se extendió hacia tierras de cultivo en especial, y áreas verdes de la ciudad, lo que ha provocado cambio de uso del suelo, contaminación, áreas vulnerables y afectaciones a las área de vital absorción del agua (Ávila 2007).

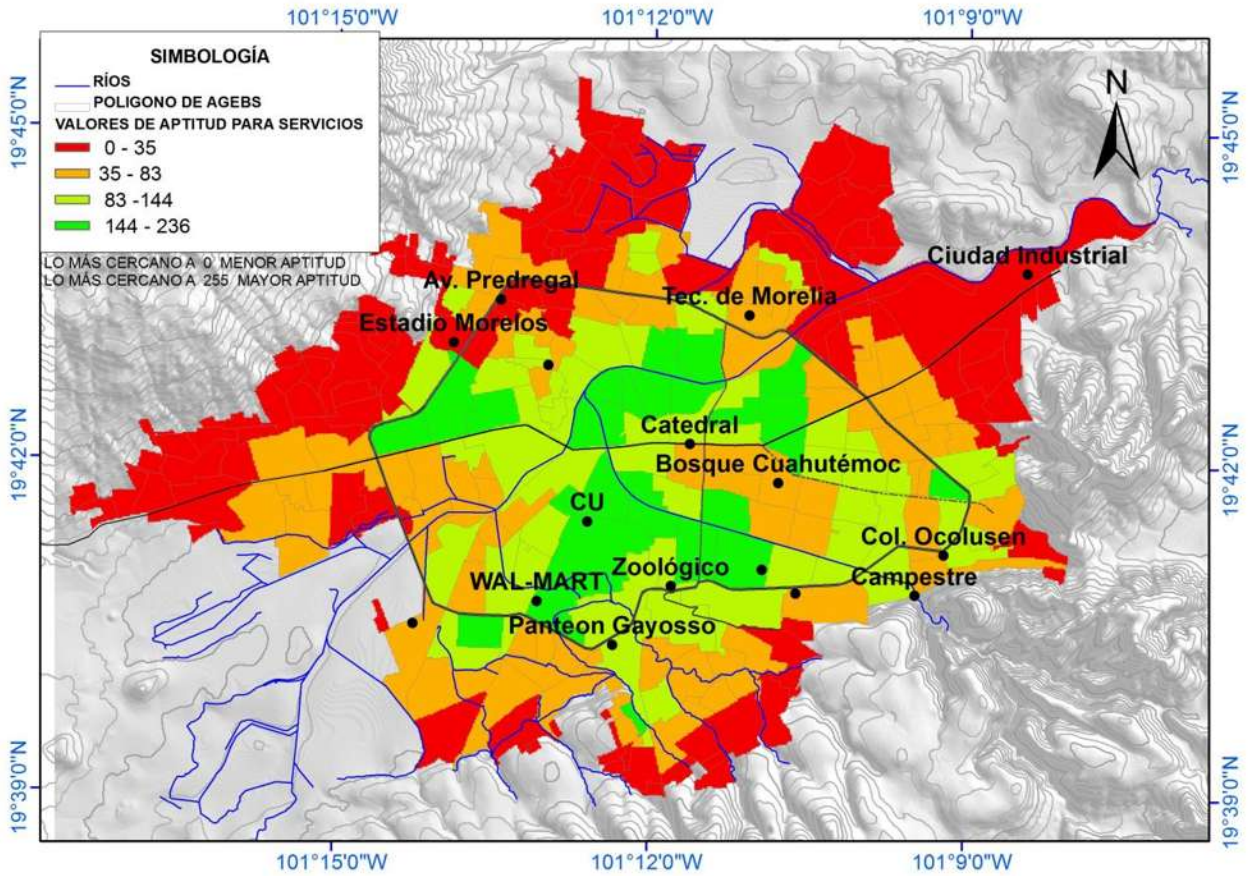


Figura 10.11: Mapa que representa la aptitud con respecto a la meta del PAJ del indicador de servicios

Los servicios constan de tres factores: el agua potable, el drenaje y la energía eléctrica para cada vivienda.

El ayuntamiento de Morelia en el plan de desarrollo urbano del 2012 muestra que 92.11% de la población cuenta con servicio de agua potable. En cuanto al drenaje 89.5% y de energía eléctrica 94.55% (Ayuntamiento 2012).

La mala distribución y falta de servicios provoca una baja calidad de vida para sus habitantes, enfermedades y el mal uso de los recursos naturales.

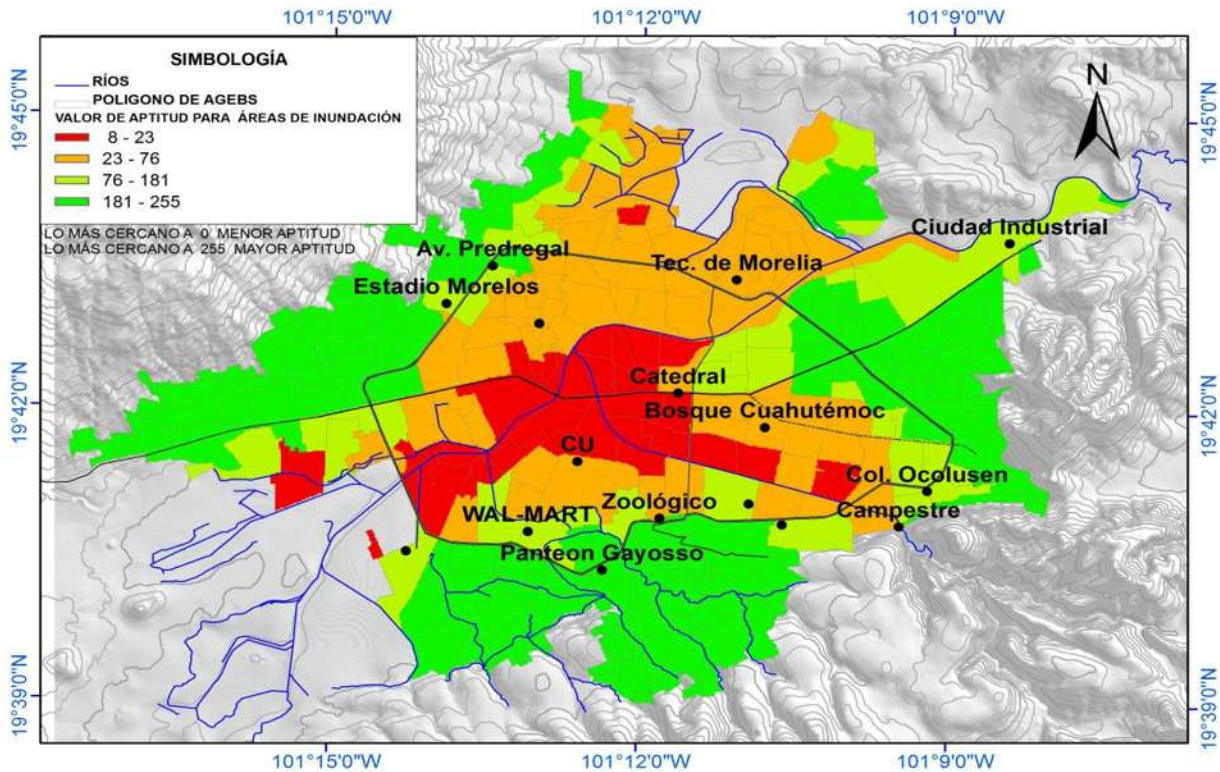


Figura 10.12: Mapa que muestra la aptitud con respecto a la meta del PAJ del indicador de las áreas de Inundación

El indicador de inundación forma parte del área de vulnerabilidad y riesgo. Se observa (Figura 10.12) que en la ciudad de Morelia las partes que tienen posibilidad de inundación, son las zonas colindantes al río grande y chiquito.

Las áreas de inundación son básicamente zonas de riego y vulnerabilidad de la ciudad, estas zonas se encuentran principalmente en los costados de los ríos que atraviesan la ciudad y aquellas zonas que con lluvia tienden a inundarse. Además, se han construido demasiados puentes que representan un obstáculo para la escorrentía cuando se presentan periodos de lluvias excepcionales. Así, los materiales arrastrados por el agua durante su descenso se acumulan en los primeros puentes al ingresar a la ciudad, formándose diques que propician desbordamientos y posteriores inundaciones de áreas en donde actualmente hay asentamientos urbanos. Tanto la urbanización indiscriminada como la falta de capacidad hidráulica de los ríos provoca inundaciones en la ciudad (Arreygue-Rocha 2005).

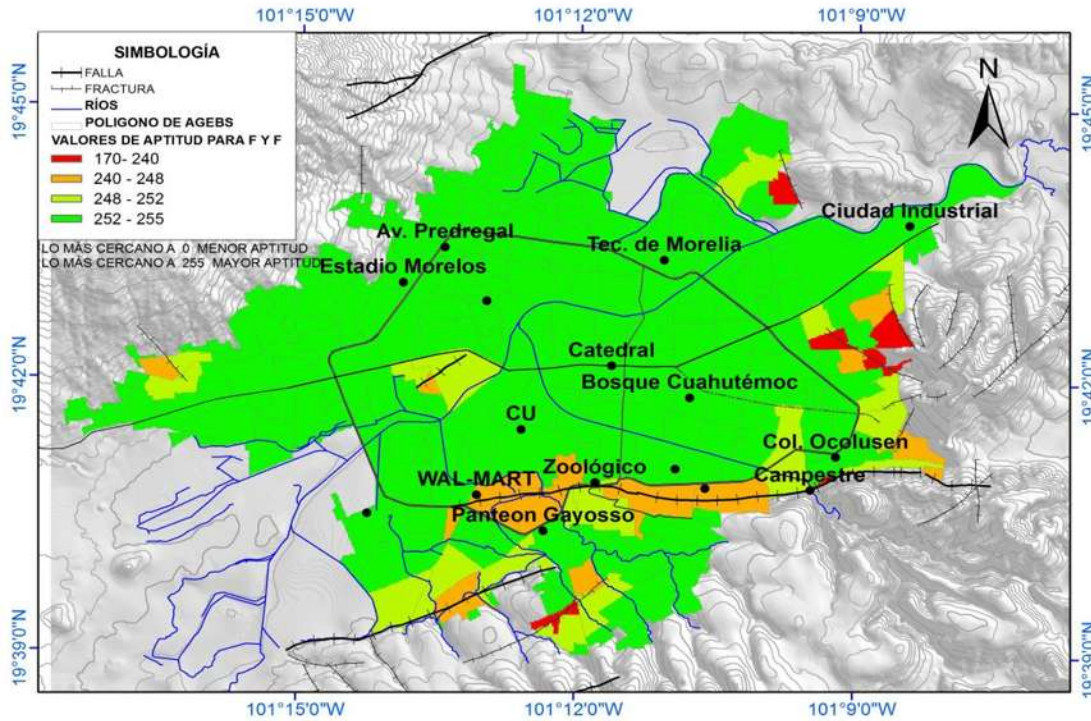


Figura 10.13. Mapa que representa la aptitud con respecto a la meta del PAJ del indicador de Fallas y Fracturas

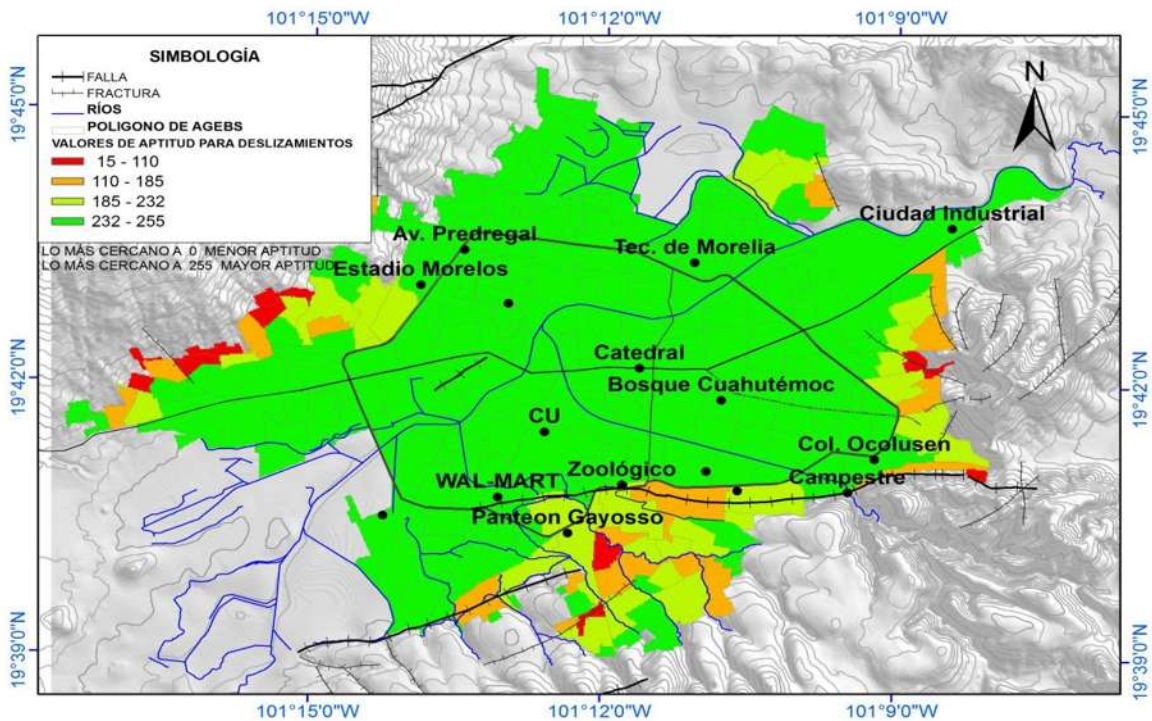


Figura 10.14: Mapa que representa la aptitud con respecto a la meta del PAJ del indicador de deslizamiento de tierras

Las fallas y los deslizamientos de tierra son dos indicadores que están directamente implicados. Los deslizamientos de tierra se encuentran en áreas cercanas a las fallas y fractura (Figuras 14). Los efectos de las fallas asociadas a sobreexplotación de acuíferos y la presencia de fallas muestra que es muy claro que en la ciudad de Morelia, así como en muchas zonas urbanas se ven afectadas por fallas geológicas con fenómenos de falla-fluencia, los efectos son graves y deben ser considerados en los planes de desarrollo urbano y en los reglamentos de construcción (Garduño-Monroy 2001).

10.2 Índice de Calidad Ambiental

Para cumplir con este objetivo se utilizó el Proceso analítico jerárquico (PAJ) del cual se obtuvo tanto el resultado de la matriz como el mapa ICA.

La matriz se obtuvo por medio del programa Expert Choice el cual se utilizó para calcular los valores de los pesos así como el rango de inconsistencia de la matriz:

Tabla 10.6. Valor de los pesos para cada indicador

Objetivo	Evaluar la calidad ambiental de Morelia								
Criterios	NDVI	INUN	PREC	CAV	DESLZ	RSU	POB	FYF	SER
Pesos	0.116	0.063	0.086	0.134	0.056	0.115	0.252	0.049	0.089

NDVI: The Normalized Difference Vegetation Index, INUN: Inundaciones, PREC: precipitaciones, CAV: Contaminación atmosférica vehicular, DESLZ: deslizamientos de tierra, RS: residuos sólidos urbanos, POB: población, FYF: fallas y fracturas y SER: servicios. Radio de Consistencia: 0.08

Se considera que la consistencia del tomador de decisiones es aceptable cuando la CR es <10%.(Saaty,1980)

Así, para evaluar la calidad ambiental de la ciudad de Morelia se tomaron en cuenta los diferentes indicadores ambientales que contempla las características físicas, sociales y de riesgo en la ciudad que aquí se han mostrado y observado con los que se obtuvo el Mapa del Índice de calidad ambiental que muestra en la figura 15 en escala byte, el cual se utilizó para realizar la estadística zonal.

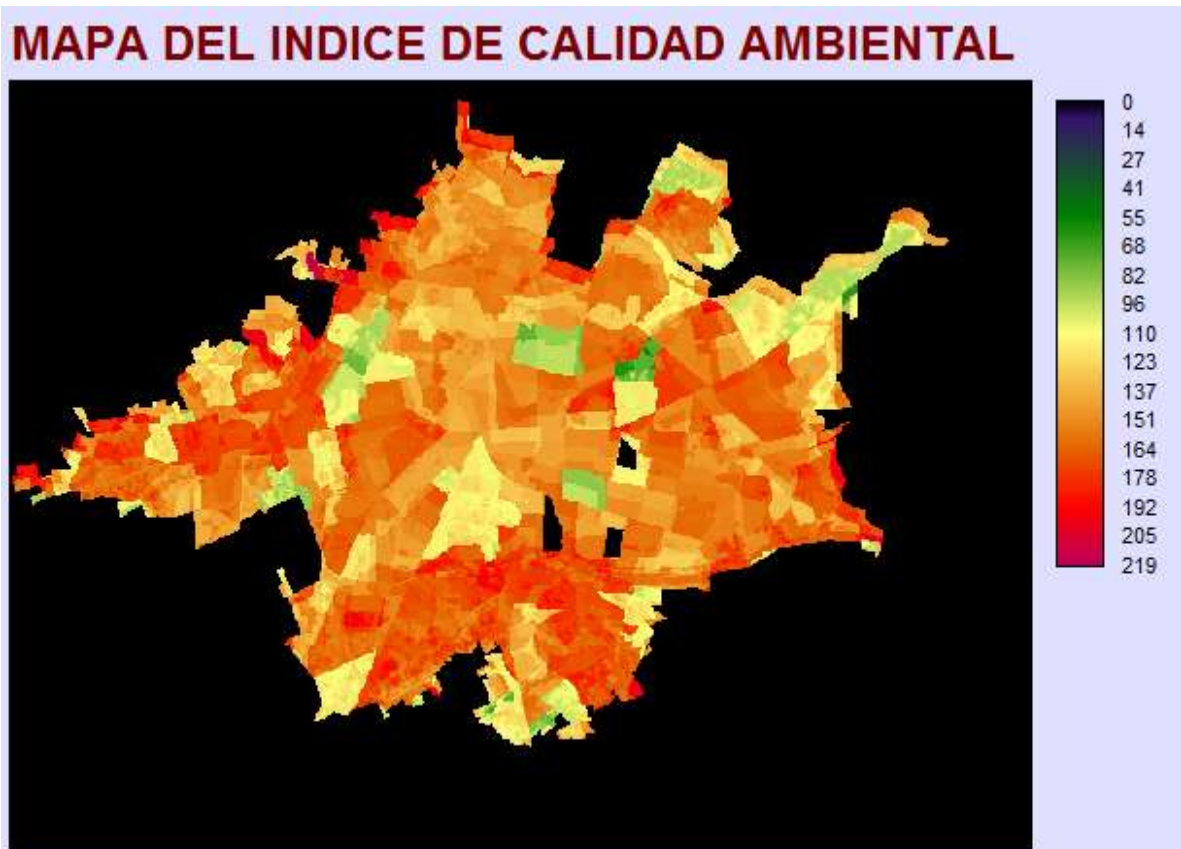


Figura 10.15: Distribución del índice con valores continuos (mapa en crudo).

Los resultados de la estadística zonal tanto para el mapa del ICA como para cada uno de sus indicadores contemplan los siguientes datos: Número del polígono, clave del AGEB, nombres de las colonias que pertenecen a ese AGEB, la clase los valores media, mínimo, máximo, desviación estándar, los valores de aptitud con respecto a PAJ para cada indicador y el área de cada AGEB. Todos estos datos se encuentran en el apéndice.

10.3 Zonificación ambiental de la Ciudad de Morelia

a fin de permitir una mejor interpretación visual de los resultados para este objetivo., el mapa de la (Figura 10.15) fue reclasificado a solamente cuatro categorías.

La reclasificación se realizó por medio del método estadístico umbrales naturales (natural breaks) del cual se obtuvieron cuatro categorías utilizando los valores máximos que van de 96-219 en la escala de aptitud.

Tabla 10.7 Valores de las clases del ICA

categorías	Valores en la escala de calidad ambiental
Baja	96-153
Media	153-174
Alta	174-192
Muy alta	192-219

En la (Figura 16) se muestra las diferentes categorías para el ICA, para cada AGEB.

Para evaluar la calidad ambiental de la ciudad de Morelia tomaron en cuenta los diferentes indicadores ambientales que contempla las características físicas, sociales y de vulnerabilidad y riesgo.

MAPA DEL ÍNDICE DE CALIDAD AMBIENTAL

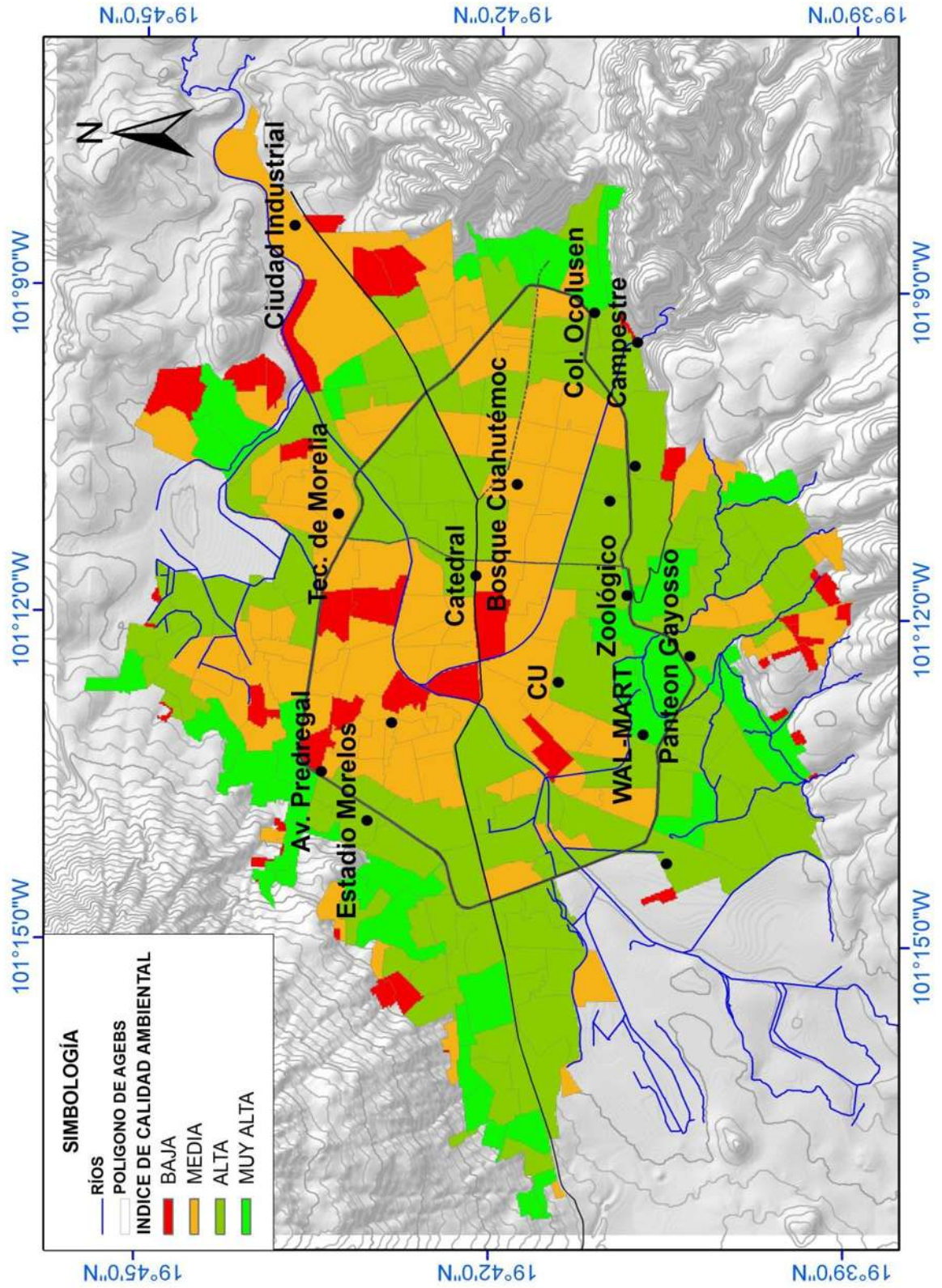


Figura 10.16: Mapa del Índice de Calidad Ambiental

Clase de aptitud baja.

Se caracteriza por la falta de vegetación y gran cantidad de vehículos por vivienda, además son más pobladas, y tiene mayor probabilidad de inundación.

Clase de aptitud media

Gran parte de la ciudad de Morelia se encuentra en esta categoría, se distingue por tener una baja aptitud de la Contaminación atmosférica vehicular y pocas áreas verdes, no son tan pobladas y se mantiene con probabilidades bajas en cuanto a la vulnerabilidad y el riesgo.

Clase de aptitud alta

La clase alta se caracteriza por tener pocos vehículos por vivienda, áreas verdes, con muy pocas probabilidades de inundación, que cuenta con todos los servicios de energía eléctrica, drenaje y agua potable, además son AGEBS con menor densidad de población

Clase de aptitud muy alta

La clase muy alta tiene, áreas verdes con pocas probabilidades de inundación, cuenta con todos los servicios de energía eléctrica, drenaje y agua potable, además son AGEBS con menor densidad de población. La precipitación en esta zonas es buena sin llegar a inundar y la generación de residuos sólidos es menor. La contaminación atmosférica es menor que en las clases anteriores. Porcentajes

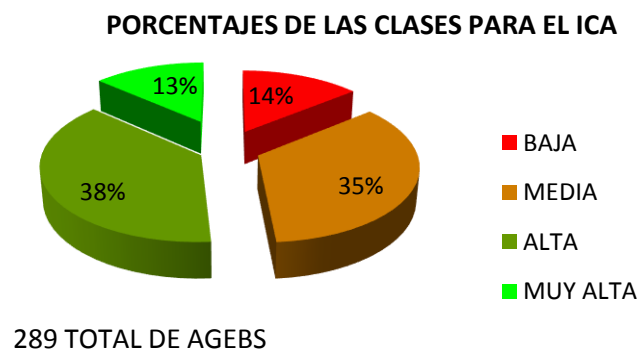




Figura 10. 17. ICA de los AGEBS para cada clase.

Tabla 10.8: Imágenes de algunos de los AGEBs correspondientes a diferentes valores del ICA.

N° DE POLIGONO	CLAVE DEL AGEB	VALOR DE APTITUD E ICA	NOMBRE DE LAS COLONIAS	FOTOGRAFIA
71	1605300014741	82 CLASE BAJA	SIN NOMBRE Conocida como Charcas (A un costado de Fracc. Bonanza)	
Este AGEB no cuenta con los todos los servicios basicos, es una area muy propensa a inundarse, poca vegetacion, por ahí pasa un arroyo de aguas negras. La indicadores que afectan más son los socioeconomicos.				
224	1605300011126	141 CLASE MEDIA	WENCESLAO VICTORIA LOS ALAMOS FELIX ARREGUIN	
Son AGEBS que cuentan con la mayoría de los servicios, baja densidad de población, riesgo geológico bajo, aunque sí con riesgo de inundación y existe contaminación atmosférica alta.				
162	1605300012139	219 CLASE ALTA	SIN NOMBRE (atrás del estadio Morelos)	
Esta AGEB tiene poco población, pero no cuenta con todos los servicios, es una área que tiene pocos autos por lo cual no ahí tanta contaminación atmosférica, tiene vegetación, genera pocos residuos solidos.es una área que no se inunda				

10.4 Comparación de los indicadores

10.4.1 Comparación de los indicadores ambientales con otros estudios realizados para evaluar la calidad ambiental en las ciudades.

Como se observo en los antecedentes se analizaron 7 estudios sobre la evaluación de la calidad ambiental en diferentes ciudades todo estos estudios utilizaron los SIG como metodología.

El (Tabla 10.9) muestra el indicador en todas sus variantes de estudio y los estudios que las incluyeron.

Tabla 10.9 comparaciones de estudios de calidad ambiental

Indicador	Estudios que lo incluyeron
Agua (agua potable, cuerpos de agua, agua contaminada, aguas ribereñas, precipitación)	Todos (7)
Vegetación (NDVI, bosques, pastizales, SAVI, espacios verdes por habitante, planta y cultivos)	4
Energía (energía consumida, energía eléctrica)	1
Aire (contaminación del aire)	2
Ruido	2
Servicios (educación, drenaje, agua, luz, drenaje, salud, vías de comunicación)	4
Vulnerabilidad y riesgo (inundaciones)	3
Economía (ingreso de la población, ingreso per capital por hogar, pobreza, marginación)	2
Suelo (erosión, cultivos y pastoreo, usos del suelo)	6
Biodiversidad	2

Los indicadores varían mucho de un estudio a otro, algunos solo tomaron en cuenta factores sociales y económicos, otro solo naturales.

En comparación con los estudios revisados, este trabajo utilizó nueve indicadores donde se incluyeron tanto variables naturales, sociales como de vulnerabilidad y riesgo.

La metodología de la evaluación multicriterio no es apta para tener muchos indicadores ya que la matriz de comparación se volvería menos objetiva.

No existe ninguna norma, regla, metodología o instructivo para determinar los indicadores utilizados o la cantidad de estos, por eso es muy importante determinarlos dependiendo de los objetivos del estudio.

Los indicadores juegan un papel fundamental como un elemento de ayuda a tomar decisiones en política pública, porque ayudan a construir percepción pública de problemas complejos. Además, proveen información cuantitativa para evaluar la efectividad de las alternativas de decisión pública (Escobar, 2006).

Es importante enfatizar que la selección del conjunto de indicadores apropiados no es una tarea fácil, dado que ello demanda el entendimiento de cómo funciona el sistema o fenómeno que se quiere explicar, y esto no siempre es posible cuando se trabaja con el medio ambiente.

Comparación de los resultados obtenidos del ICA con el plan de Desarrollo Urbano de la Ciudad de Morelia 2012-2015.

En cuanto al plan de desarrollo urbano del centro de población de Morelia. en la estrategia 1: actualización del marco jurídico y ambiental se encuentra la estrategia de formular un reglamento de zonificación. En este punto se puede tener en cuenta la zonificación de este trabajo de investigación para realizar la zonificación ambiental con base en el al índice de calidad ambiental propuesto en este trabajo.

En el capítulo 3.9.4 del plan de desarrollo urbano en normatividad en materia de acciones urbanas relevantes. Se refiere a la condición de los estudios de impacto ambiental donde se habla de contemplar: medio ambiente, comunicación, transporte, servicio y equipamiento.

Se expresa de manera clara en el plan de desarrollo urbano la preocupación por el ambiente y toma en cuenta a esté para determinar algunos de sus ejes estratégicos de planeación.

En el plan se presenta en los antecedentes numero 7:Cada zona de la ciudad presenta características y problemáticas muy diversas, por lo que a partir del Programa de Desarrollo Urbano del Centro de Población de Morelia (PDUCPM) 2012, se estableció la necesidad de estudiar a detalle cada zona y plantear las estrategias que permitieran revertir su problemática y acercarse a un modelo de ciudad más compacto y sustentable que brinde a sus habitantes una mejor calidad de vida y favorezca la reconstrucción del tejido social.

En los objetivos y antecedentes del programa se habla de la zona poniente como un lugar importante de atención y la zona norte como deficiente, sin embargo los resultados de esta investigación muestran (Figura 10.18) en el mapa del ICA muestra que la zona norte tiene una calidad ambiental alta.

El caso de la zona norte de Morelia donde se tiene una percepción estética de la ciudad como marginada y de problemática social, pero el mapa del ICA muestra una calidad ambiental alta (Figura 10.18)



Figura 10.18: ICA del Realito e imagen de la colonia.

El plan de desarrollo urbano contempla la zona norte como un foco rojo por la pobreza, marginación e inseguridad. Pero los resultados de este trabajo muestran que esta zona cuenta con la mayoría de los servicios, con vegetación y lejos de alguna falla o fractura. Es menos vulnerable a inundarse. Mas sin embargo los problemas de tipo social, cultural y de estética no son favorables.

En general el programa de desarrollo urbano, necesita contemplar otros factores importantes, entre ellos, la calidad ambiental, por lo que no se puede hacer una comparación directa con el programa y los resultados de la zonificación del ICA por que el programa no presenta ningún mapa de zonificación, en relación con ambiental presenta sólo los siguientes mapas: de áreas naturales protegidas, de vialidad, de cambio de uso de suelo, y de vulnerabilidad y riesgo.

11 CONCLUSIONES

11.1 Cumplimiento de los Objetivos

Se cumplió con los objetivos planteados en este trabajo, se hizo uso del sistema espacial de soporte de decisiones.

Se definieron los indicadores ambientales, se creó una base de datos geográficos, se determinó el Índice de Calidad Ambiental (ICA) y se zonificó el área de estudio en base al ICA.

11.2 Validación de la Hipótesis

La hipótesis se comprobó, fue posible realizar una zonificación de la calidad ambiental de la ciudad de Morelia, partiendo de que la ciudad no es homogénea.

11.3 Conclusiones generales

La calidad ambiental de la ciudad de Morelia como se había previsto no es homogénea por lo que a pesar de que los AGEBs son áreas relativamente pequeñas contienen elementos únicos, que forman una ciudad con diferencias en la Calidad ambiental y se ha logrado representar en forma espacial.

Con base en la espacialización y en la escala de valores de calidad ambiental se considera que en las AGEBs con valores de ICA inferiores a 174, se requieren acciones inmediatas de planificación y mejoramiento urbano.

En general Morelia tiene en promedio el 51% del los AGEBs que se encuentra entre la calidad alta y muy alta.

Es necesario atender lo relacionado con la contaminación atmosférica y los vehículos que circulan en la ciudad de Morelia, ya que toda el área de estudio resultó con grandes índices de contaminación atmosférica.

La percepción estética de la ciudad no tiene relación con el Índice de Calidad ambiental. Como se ha mostrado, las características de deterioro o mejora de la imagen de la ciudad no es una fuente confiable para determinar la calidad ambiental de las urbes.

El uso del PAJ, y la incorporación del conocimiento de los expertos son una excelente herramienta para el proceso de la toma de decisiones ya que permite establecer el peso de los criterios utilizados en la evaluación del Índice de Calidad Ambiental.

En el análisis espacial, la calidad ambiental y la ciudad son elementos que nunca se estudian en conjunto. Este trabajo permite ver que es una ventaja tener los tres elementos de forma espacial.

12 RECOMENDACIONES

Es importante señalar recomendaciones para estudios posteriores.

- Incluir otros indicadores.
- Generar datos claros para otros indicadores ambientales (ruido, enfermedades causadas por la contaminación atmosférica, etc)
- Es deseable la creación de un instituto único de datos, que permita que los datos sean claros, y con una presentación estandarizada de unidades, formato, fuente, fechas y áreas, que permita a los investigadores, los que planean y gestionan la ciudad compartan la misma información.

13 REFERENCIAS

1. Alphonse, C. B. 1997. Application of Analytic Hierarchy Process in Agriculture in Developing Countries. Elsevier Science 53:97_112p.
2. Arreygue-Rocha, E. 2005. Riesgos geomorfológicos e hidrológicos en la ciudad de Morelia, Michoacán México. Geotermia.18:1. 26-36p.
3. ArcGIs. 2008. Desktop help. Natural Breaks.
4. Ávila. 2007. Agua, ciudad y medio ambiente: una visión histórica de Morelia. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma de México, Campus Morelia.
5. Ayuntamiento, H. 2012. Plan de desarrollo urbano para la ciudad de Morelia 2012-2015. 119p, México.
6. Bingqing, L; W. Qihao. 2011. Assessing Urban Environmental Quality Change of Indianapolis, United States, by the Remote Sensing and GIS Integration. IEEE Journal 4:43-55.
7. Buenrostro-Delgado, O. 2010. Sectorización de las rutas de recolección de los residuos sólidos de la ciudad de Morelia, Michoacán., Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Reporte técnico para el H. Ayuntamiento de Morelia.
8. Buenrostro, O. 2010. Avances hacia la gestión integral de los residuos sólidos bajo un esquema de servicio concesionado en el municipio de Morelia, Michoacán. in R. M. d. c. h. I. sustentabilidad, editor. XII seminario taller internacional de la Red Mexicana de Ciudades hacia la Sustentabilidad. 2010. Congreso
9. Burrough, P. A. 1990. Principles of Geographical Information Systems for Land Resources Assessment. Clarendon Press.144:4. 306p
10. Caballero. 1993. El uso de la Diversidad Vegetal en México: tendencias y perspectivas en: LEFF, E; Carabias (coords). Cultura y Manejo de los recursos naturales, Centro de investigaciones Interdisciplinarias en Humanidades UNAM Mexico Porrua.:257-296.
11. Carmona-Lara, M. d. C. 1991. Política Ecológica en México. Revista Mexicana de Ciencias Políticas y Sociales XXXVI:81-86.
12. Celemin, J. P. 2007. El estudio de la calidad de vida ambiental: definiciones conceptuales, elaboración de índices y su aplicación en la ciudad de Mar del Plata Argentina. Hologramática- Facultad de Ciencias Sociales-UNLZ VI:71-98.

13. Curbelo-Hernández, M. A. 2004. Los métodos de evaluación y decisión multicriterio. monografías.com, Cienfuegos, Cuba. Block de informacion
14. Eastman, J. R. 1993. Decision theory and GIS Geneva: Unitar.
15. Escobar, L. 2006. Indices sintéticos de calidad ambiental: un modelo general para grandes zonas urbanas. Revista eure XXXII:73-98.
16. FNUAP. 2001. Huellas e Hitos Población y cambio del medio ambiente ONU.
17. French, N. H. F., T. Erickson, B. Thelen, and R. Shuchman. 2008. The Environmental Quality Index Approach. Michigan Tech Research Institute (MTRI):1-21.
18. Garduño-Monroy, V. H. 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 Geográficas V:37-54.
19. Grabaum, R. and B. C. Meyer. 1998. Multicriteria optimization of lands capes using GIS-based functional assessment. . Landscapes and Urban Planning 43:21-34.
20. Gupta, A. P., R. Harboe, and M. T. Tabucanon. 2000. Fuzzy Multiple-criteria decision making for crop area planning in Narmanda River basin. Agricultural Systems 63.
21. Hernández, J. and A. Vieyra. 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 47:45_62.
22. Hurtado, T. 2005. El proceso del Analisis jerárquico (AHP) como herramienta para la toma de decisiones en la selección de proveedores: aplicación en la selección del proveedor para la empresa grafica comercial MyE S.R.L. Tesis profesional. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Facultad de Ciencias Matematicas. Lima. Peru.
23. Idrisi Manual Selva 2012. Chapter Thirteen: Decision Support: Decision Strategy Analysis. 128-130. Clark University.
24. INE. 2010. Estudio de emisiones y actividad vehicular en Morelia, Michoacan., INE, SEMARNAT, SUMA Y CTS Mexico, Morelia.
25. INEGI. 2012. Sistema para la Consulta de Informacion Censal 2010.

26. Inside, S. 2009. Description of indicators defined in the various study sites WB2: Land Degradation Indicators. Desire Report series 66:4.
27. Israde-Alcantar. I. O. Buenrostro-Delgado, and V. H. Garduño-Monrroy. 2009. Problemática geológico-ambiental de los tiraderos de la cuenca de CUITZEO, norte del estado de Michoacán. Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana 61:203-211.
28. Jankowski, P. 1995. Integrating geographical Information Systems and multiple criteria decision making methods. International Journal of GIS 9:251-273.
29. Laaribi, A., J. Chevallier, and J. M. Martel. 1996. A spatial decision aid: a multicriterio evaluation approach. Environ and Urban Systems 20:351-366.
30. Landa, R., J. Meave, and J. Carabias. 1997. Environmental Deterioration in rural Mexico: An Examination of the Concept. Ecological Applications 7 (1):316-329.
31. LGEEPA. 2006. Título Cuarto Capitulo VI Residuos Peligrosos. in SEMARNAT, editor. Título I.
32. MacDonald, M. L. B. G. Faber. 1999. Exploring the Potential of Multi-criteria Spatial Decision Support Systems: A Systems for Sustainable Land-use Planning and Desing. Spatial Multicriteria Decision Making. A geographic information sciences approach. Ashgate.:353-377.
33. Malczewski, J. 1999. Spatial multicriteria decision analysis., Great Britain Libro
34. Manriques, E. G. 1999. Indices de Vegetación. Aplicación del NDVI. P. 217-219 in Teledeteccion. Avances y Aplicaciones. VIII Congreso Nacioal de Teledetección. 1999, Albacete, España.
35. Marble, D. 1984. Geographic information systems:an overview. Proccedings Pecora 9 conference:18-24.
36. Mendoza, G. A., P. Macoun, R. Sukadri, H. Purnomo, and H. Hartano. 2000. Guidelines for applying multi-criteria analysis to the assessment of criteria and indicators. The Criteria & Indicators Toolbox Series.
37. Monroy, V. H. G., E. A. Rocha, I. I. Alcantara, and G. M. R. Torres. 2001. Efectos de las fallas asociadas a sobreexplotación de acuíferos y la presencia de fallas potencialmente sísmica en Morelia; Michoacán, México. Revista Mexicana de Ciencias Geológicas 18:37-54.

38. Moral-Torres, F. d., S. d. Haro-Lozano, J. A. Sánchez-Garrido, and S. T. S. Gómez. 2000. Sistemas de Información Geográfica y metodos de toma de decisiones aplicados a la ordenacion del territorio: caso de campillos (hoja topográfica 1022. escala 1:50.000). *Edafología* 7:17-28.
39. ODIS. 2012. Near Infrared Research. in O. O. d. i. solution, editor., Canada.
40. Olave, D. C. S. 2003. Programa de Información e Indicadores de Gestion de Riesgo de Desastres naturales. Instituto de Estudios Ambientales, Banco Interamericano de desarrollo. Universidad Nacional de Colombia, Manizales.
41. Openshaw, S. C. Openshaw. 1997. Artificial Intelligence in Geography, U.S.A. Libro
42. Pedrero, L. E. M. and J. A. R. Tapia. 2011. Aplicación de los sistemas de información geográfica para la toma de decisiones. Caso CONAGUA estado de México. *Revista de Estudios en Contaduría, Administración e Informática* 1-1:30-45.
43. Pérez, S. I., J. R. González, and R. A. Portal. 2005. Un sistema de soporte de decision basado en los SIG para el análisis medioambiental urbano, Nueva Gerona, Cuba. *Mapping* 100:68-72.
44. Rocha, E. A., V. H. G. Monroy, P. Canuti, N. Casagli, and A. Iotti. 2005. Riesgos geomorfológicos e hidrológicos en la ciudad de Morelia, Michoacán, México. *Geotermia* 18:26-36.
45. Saaty, T. L. 1980. The Analytic Hierarchy Process. Libro
46. Santana, L. M., L. A. Escobar, and P. A. Capote. 2010. Estimación de un indice de calidad ambiental urbano, a partir de imágenes de satélite. *Revista Geografía Norte Grande*:77-95.
47. Schmucker. 1982. Fuzzy sets, Natural Language Computations and Risk Analysis.
48. Toledo, V. M. 1989. La producción rural en México: Alternativas Ecológicas. Fundación Universo XXI.
49. Tomlinson, R. F. 1984. Geographic Informations Systems-a new frontier. *The Operation Geographer* 5:31-55.
50. Tucker, C. J. and Sellers. 1986. Satellite remote sensing of primary production. *International Journal of Remote Sensing* 7:1395-1416.

51. Turban. 1995. Decision support and experts systems: management support systems.
52. UNICEF. 2000. ¿Servicios básicos para todos? El gasto público y la dimensión social de la pobreza. in C. d. I. Innocenti, editor., New York- Florencia.
53. Voogd, H., 1983. Multicriteria Evaluation for Urban and Regional Planning. Pion, Ltd., London.9:2. 221p.
54. Walsh, M. R. 1993. Toward spatial decision support systems in water resources. Journal of Water Resources Planning and Management 109 158-169.
55. Wienes, S. C. L. d. Silva. 2009. Environmental quality index for neighbourhoods of Curitiba. Urban Public Economics Review:80-99.
56. Zadeh. 1965. Fuzzy sets. Information and Control 8:338-353.
57. Zavala, V. Mónica. 2011. Uso del modelo Mobile 6- México para evaluar escenarios de reducción de emisiones por fuentes móviles en la ciudad de Morelia, Michoacán. 2011 Tesis de maestría UMSNH MCIA. Pag. 56-57.

14 APENDICE

Matriz resuelta con el programa Expert Choice

EVALUAR LA CALIDAD AMBIENTAL DE MORELIA

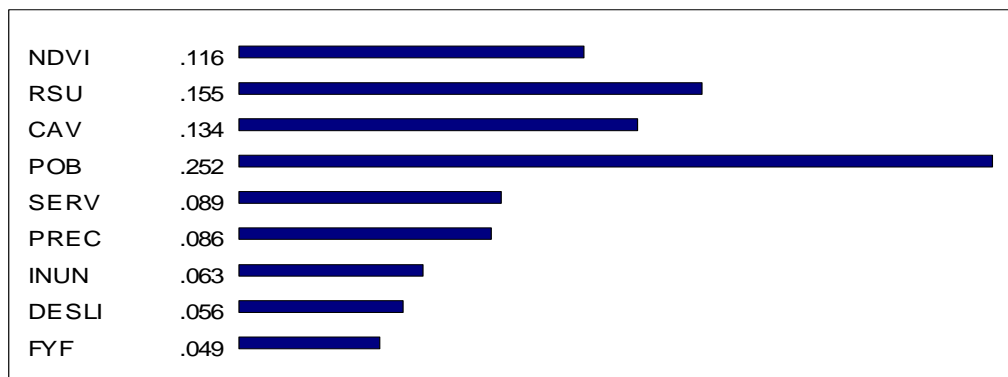
Node: 0

Compare the relative IMPORTANCE with respect to: GOAL <

	RSU	CAV	POB	SERV	PREC	INUN	DESLI	FYF
NDVI	(3.0)	(3.0)	(3.0)	2.0	4.0	2.0	2.0	2.0
RSU		2.0	(3.0)	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
CAV			(3.0)	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
POB				3.0	3.0	3.0	3.0	3.0
SERV					2.0	2.0	2.0	2.0
PREC						4.0	2.0	2.0
INUN							2.0	2.0
DESLI								2.0

Row element is ___ times more than column element unless enclosed in ()

Abbreviation	Definition
Goal	EVALUAR LA CALIDAD AMBIENTAL DE MORELIA
NDVI	DENSIDAD DE VEGETACION
RSU	RESIDUOS SOLIDOS URBANOS
CAV	CONTAMINACION ATMOSFERICA POR VEHICULOS
POB	POBLACION POR AGEBS
SERV	SERVICIOS (AGUA POTABLE, ENERGIA ELECTRICA Y DRENAJE)
PREC	PRECIPITACION ANUAL
INUN	INUNDACION
DESLI	DESLIZAMIENTOS
FYF	FALLAS Y FRACTURAS



Inconsistency Ratio = 0.08

Tabla 1. Medias Aritméticas de Consistencia para Matrices

Medida de la matriz	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Relación de consistencia	0	0	0,58	0,9	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49

Fuente: SAATY, Thomas. Theory and Application of the analytic Network Process: Decision Making with Benefits Opportunities Costs and Risks. 2005.

El RI (Tabla 1) es el índice de consistencia aleatoria de la matriz A; en tanto que -el índice de consistencia de una matriz de comparaciones pareadas es cuando las comparaciones por pares se generan al azar. Incluso es posible generar aleatoriamente matrices del tipo A estrictamente recíprocas y de diferentes tamaños. Este se denomina índice de consistencia aleatoria (ICA) o índice randómico (IR).

Saaty (1980) mostró que las ponderaciones pasan por encontrar el mayor eigenvalue (λ_{\max}) de la matriz de calificaciones pareadas de dimensión N, y usar el eigenvector correspondiente como vector de ponderación. Saaty (1980) también propone un índice de Consistencia (CR, Saaty's Consistency Ratio) dado por

$$CR = \frac{IC}{RI} \quad \text{donde} \quad IC = \frac{\lambda_{\max} - N}{N - 1} \quad \boxed{CR = IC/RI < 0.1 \sim 10\%}$$

Se considera que la consistencia del tomador de decisiones es aceptable cuando la CR es <10%.

EVALUAR LA CALIDAD AMBIENTAL DE MORELIA

Compare the relative PREFERENCE with respect to: GOAL

Node: 0

	1=EQUAL	3=MODERATE	5=STRONG	7=VERY STRONG	9=EXTREME													
1 NDVI	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	RSU
2 NDVI	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	CAV
3 NDVI	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	POB
4 NDVI	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	SERV
5 NDVI	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	PREC
6 NDVI	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	INUN
7 NDVI	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	DESLI
8 NDVI	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	FYF
9 RSU	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	CAV
10 RSU	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	POB
11 RSU	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	SERV
12 RSU	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	PREC
13 RSU	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	INUN
14 RSU	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	DESLI
15 RSU	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	FYF
16 CAV	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	POB
17 CAV	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	SERV
18 CAV	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	PREC
19 CAV	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	INUN
20 CAV	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	DESLI
21 CAV	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	FYF
22 POB	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	SERV
23 POB	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	PREC
24 POB	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	INUN
25 POB	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	DESLI
26 POB	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	FYF
27 SERV	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	PREC
28 SERV	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	INUN
29 SERV	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	DESLI
30 SERV	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	FYF
31 PREC	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	INUN
32 PREC	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	DESLI
33 PREC	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	FYF
34 INUN	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	DESLI
35 INUN	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	FYF
36 DESLI	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	FYF

ENCUESTAS A EXPERTOS

Del siguiente listado de indicadores ambientales (variables socioeconómicas) cual le parece más importante para poder evaluar la calidad ambiental de la ciudad de Morelia:

- Población económicamente activa
- Población sin derecho a los servicios de salud
- Población mayor de 15 años analfabeta.
- Población (cantidad total por AGEBS)
- Servicios (agua potable, drenaje y energía eléctrica)

De los indicadores anteriores que relación considera que tengan con respecto a la calidad ambiental de la ciudad. O su relación con alguna variable física.

Llene la siguiente tabla de relación usando el cuadro azul, en el orden de importancia de "X" con respecto a "Y".

	POBLACIÓN	PEA	PSINDESA	P15YM_ANF	SERVICIOS
POBLACIÓN					
PEA					
PSINDESA					
P15YM_ANF					
SERVICIOS					

Importancia
<i>Igual Importancia</i>
<i>Muy baja importancia</i>
<i>Baja Importancia</i>
<i>Mediana Importancia</i>
<i>Alta importancia</i>
<i>Valores intermedios</i>

PEA: Población económicamente activa.

PSINDESA: Población sin derecho a los servicios de salud

P15YM_ANF: Población mayores de 15 años analfabetas.

Observaciones

MAESTRIA EN CIENCIAS EN INGENIERIA AMBIENTAL
LETICIA REYES AVALOS
DR. JUAN MANUEL ORTEGA RODRIGUEZ
LABORATORIO DE PERCEPCION REMOTA Y SISTEMAS DE INFOMACION GEOGRAFICA

ENCUESTAS A EXPERTOS

Del siguiente listado de indicadores ambientales cual le parece más importante para poder evaluar la calidad ambiental de la ciudad de Morelia:

- Contaminación del suelo por metales pesados
- NDVI (Índice de vegetación de diferencia normalizada)
- Cantidad de residuos sólidos generados por AGEBs
- Precipitación

De los indicadores anteriores que relación considera que tengan con respecto a la calidad ambiental de la ciudad. O su relación con algún otro indicador

Llene la siguiente tabla de relación usando el cuadro azul, en el orden de importancia de "X" con respecto a "Y".

	Contaminación del Suelo Metales Pesados	NDVI	Residuos Sólidos	Precipitación
Contaminación del Suelo Metales Pesados				
NDVI				
Residuos Sólidos				
Precipitación				

Importancia
<i>Igual Importancia</i>
<i>Muy baja importancia</i>
<i>Baja Importancia</i>
<i>Mediana Importancia</i>
<i>Alta importancia</i>
<i>Valores intermedios</i>

Observaciones

**MAESTRIA EN CIENCIAS EN INGENIERIA AMBIENTAL
LETICIA REYES AVALOS
DR. JUAN MANUEL ORTEGA RODRIGUEZ
LABORATORIO DE PERCEPCION REMOTA Y SISTEMAS DE INFOMACION GEOGRAFICA**

ENCUESTAS A EXPERTOS

Del siguiente listado de indicadores ambientales cual le parece más importante para poder evaluar la calidad ambiental de la ciudad de Morelia:

- Temperatura
- Precipitación
- Contaminación atmosférica por vehículos.

De los indicadores anteriores que relación cree que tengan con respecto a la calidad ambiental de la ciudad. O su relación con algún otro indicador.

Llene la siguiente tabla de relación usando el cuadro azul, en el orden de importancia de "X" con respecto a "Y".

	PRECIPITACION	TEMPERATURA	CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA POR VEHÍCULOS
PRECIPITACION			
TEMPERATURA			
CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA POR VEHÍCULOS			

Importancia
<i>Igual Importancia</i>
<i>Muy baja importancia</i>
<i>Baja Importancia</i>
<i>Mediana Importancia</i>
<i>Alta importancia</i>
<i>Valores intermedios</i>

Observaciones

MAESTRIA EN CIENCIAS EN INGENIERIA AMBIENTAL
LETICIA REYES AVALOS
DR. JUAN MANUEL ORTEGA RODRIGUEZ
LABORATORIO DE PERCEPCION REMOTA Y SISTEMAS DE INFOMACION GEOGRAFICA

TABLAS DE LA CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA POR VEHÍCULOS

Total de contaminación 317157.915 ton/año para el año 2005

contaminante	(g/mi)	contaminante	(g/mi)
PM10	0.028	COV	0.135
PM2.5	0.015	CO	7.415
SO2	0.086	NOX	0.143
NH3	0.102	CO2	365.3

Tabla contaminación de un solo automóvil

Tabla de estadística zonal para las AGEBs

N° DE PO.	CLAVE DE AGBES	NOM COLONIAS	CLASE DEL ICA	MEDIA	MIN	MAX	RANGO	D. EST.	POB	SER	C. A.	R.S.	NDVI	PRE	F Y F	DES	INU	AREA M²
0	1605300010842	Linda Vista, Plan de Ayutla y Tres puentes	MEDIA	140	134	160	26	5	191	128	0	212	3	229	255	255	20	412968
1	1605300011179	Ejidal tres puentes, Jaujilla, Valerio Trujano	ALTA	159	152	176	24	3	255	73	1	253	9	233	255	255	13	251918
2	1605300010359	Nueva Valladolid, Cepamisa Infonavit, Valladolid y Alcalde Ignacio Pérez	MEDIA	142	100	155	55	6	251	89	0	150	4	231	255	255	8	709725
3	1605300010876	Bocanegra, Plan de Ayutlá y Jacarandas	BAJA	140	136	152	16	4	252	166	0	94	2	229	255	255	9	358802
4	1605300010880	Las flores y ampliación las Margaritas	MEDIA	146	130	159	29	5	179	161	0	254	0	228	255	255	11	291710
5	1605300012529	Ampliación el porvenir y Melchor Ocampo	MEDIA	157	147	166	19	3	252	178	0	202	1	227	255	255	8	207984
6	1605300013160	Sin Nombre	BAJA	91	87	100	13	4	0	16	2	137	36	243	255	255	255	5629
7	1605300010382	Centro Histórico	MEDIA	143	140	158	18	2	255	45	2	167	2	229	255	255	24	363448
8	1605300012073	Felicitas del Rio	MEDIA	132	128	160	32	4	197	164	0	132	0	231	255	255	10	358550
9	1605300010293	Centro histórico	ALTA	148	141	180	39	7	203	97	1	255	1	228	255	255	42	341363
10	1605300010448	Cuauhtémoc (Bosque)	MEDIA	117	112	171	59	9	103	37	1	242	35	231	255	255	30	493761
11	160530001115A	Martin Castregon, Joaquín Amaro, Salvador Escalante, Central de Abastos ampliación y Elías Pérez Avalos	MEDIA	153	150	170	20	3	221	29	2	208	1	224	255	255	255	347911
12	1605300011840	Veinte de Noviembre, Sin Nombre	MUY ALTA	173	149	197	48	14	255	4	100	236	7	222	255	255	177	115978
13	1605300011338	Diego de Basalencue, Dieciocho de Mayo ampliación y Hospitales don Vasco	MEDIA	167	163	171	8	1	255	64	1	219	0	232	255	255	255	215466
14	1605300011342	Doce de diciembre y Loma libre y Sin nombre	MEDIA	166	126	173	47	8	251	63	2	226	1	235	248	232	255	220914
15	1605300010414	Vasco de Quiroga	MEDIA	165	134	172	38	5	255	143	0	253	1	230	255	255	29	373363
16	1605300011959	Nueva Chapultepec	MEDIA	161	152	168	16	2	255	121	0	242	2	235	255	255	23	483999
17	1605300011817	La primavera y Nuevo amanecer	MEDIA	143	107	155	48	7	249	21	7	93	17	234	255	225	255	258780
18	1605300010255	Obrera	MEDIA	162	89	182	93	12	239	141	0	234	1	226	255	255	114	296132
19	160530001193A	Félix Ireta, Condominios el Planetario y Camelinas	ALTA	146	88	181	93	11	141	205	0	246	15	233	255	255	101	801260

N° DE PO.	CLAVE DE AGBES	NOM COLONIAS	CLASE DEL ICA	MEDIA	MIN	MAX	RANGO	D. EST.	POB	SER	C. A.	R.S.	NDVI	PRE	F Y F	DES	INU	AREA M²
20	1605300010471	Juarez	MEDIA	166	153	85	81	13	217	132	0	251	1	230	255	255	8	371729
21	1605300013692	Sin Nombre	NULA						0	0	184	79	11	220	255	255	192	161899
22	1605300012707	Lomas de Vista Bella y Purembe	ALTA	128	113	188	75	12	141	80	0	146	39	244	255	157	255	193038
23	1605300012406	Infonavit la colina y Cuatro de Marzo	MEDIA	161	144	168	24	5	252	111	0	254	3	228	255	255	28	138251
24	1605300010594	Camelinas	MEDIA	138	130	164	34	6	216	100	0	158	14	236	255	255	29	269292
25	1605300010607	Rey Tariacuri, Vista Bella, Santa María de Guido, y Buganvilias	MUY ALTA	177	151	196	45	7	255	97	0	253	29	242	250	215	255	797659
26	1605300012694	Rincón de Vista Bella	ALTA	171	128	183	55	5	254	86	0	239	8	240	252	226	255	253799
27	1605300011785	Ilustres Novohispanos	ALTA	168	110	181	71	8	252	12	9	242	25	227	255	255	249	359021
28	1605300012764	Ciudad Jardín	ALTA	127	112	178	66	8	89	5	46	149	98	242	255	255	255	286513
29	1605300013546	Villas del real	MEDIA	154	143	159	16	4	255	89	1	223	1	223	255	255	15	169803
30	1605300013349	Sin Nombre	MEDIA	133	125	166	41	8	175	9	4	211	22	222	255	255	98	238576
31	1605300010433	Cuauhtémoc	MEDIA	147	112	166	54	5	253	61	1	186	1	230	255	255	29	419864
32	1605300013565	Sin Nombre	MEDIA	105	98	173	75	10	27	19	9	169	40	252	255	255	255	67384
33	1605300012459	Santa Cecilia y Ampliación de Santa Cecilia	ALTA	170	152	185	33	6	254	42	2	254	30	247	255	164	255	231702
34	1605300013599	Sin nombre	BAJA	104	89	132	43	7	7	34	4	194	56	247	255	226	255	150807
35	1605300010753	Prados del campestre, Bosque camelinas y Candagua	ALTA	145	120	181	61	14	246	54	2	78	92	241	244	207	180	859822
36	1605300010452	Chapultepec Norte y Chapultepec Sur	MEDIA	156	152	170	18	4	249	82	0	238	4	232	255	255	29	383874
37	1605300012302	Acueducto fovisste y Virreyes	MEDIA	150	127	166	39	12	207	75	1	214	0	235	255	255	177	92389
38	1605300010927	Matamoros	ALTA	151	133	183	50	8	254	108	0	159	11	234	255	255	77	444306
39	160530001179A	Sin Nombre	BAJA	139	106	151	45	7	195	6	11	142	44	230	247	227	255	368009
40	1605300010645	Sin Nombre	ALTA	140	100	176	76	7	190	72	8	148	5	224	255	249	254	434221
41	1605300011130	División del Norte	ALTA	158	137	175	38	6	205	74	2	235	2	226	255	255	255	242489
43	160530001040A	Cinco de Mayo	ALTA	165	145	188	43	10	254	154	0	238	2	228	255	255	65	290991
44	1605300010467	Molino de Parras y Juárez	ALTA	146	134	160	26	4	254	184	0	118	7	230	255	255	8	288383
45	1605300012209	Adolfo López Mateos	MEDIA	156	146	159	13	2	255	69	0	244	0	232	247	255	29	101083

N° DE PO.	CLAVE DE AGBES	NOM COLONIAS	CLASE DEL ICA	MEDIA	MIN	MAX	RANGO	D. EST.	POB	SER	C. A.	R.S.	NDVI	PRE	F Y F	DES	INU	AREA M ²
46	1605300011200	Profesor Jesus Romero Flores	MEDIA	153	144	108	45	8	254	19	3	198	0	220	255	255	29	135564
47	1605300010664	Jardín de Guadalupe	MEDIA	110	101	162	61	8	198	117	1	7	1	230	255	255	29	422599
48	1605300012622	Leandro Valle	ALTA	176	142	182	40	6	251	119	0	250	1	234	255	255	255	178228
49	1605300011588	Rector Díaz Rubio	MEDIA	140	118	171	53	7	252	50	1	107	13	243	255	89	255	263176
50	160530001108A	Lomas de Santa María y Las Torrecillas	ALTA	166	107	184	77	10	249	42	3	216	31	247	255	227	255	418600
51	1605300010236	Industrial	MEDIA	150	93	165	72	4	204	203	0	215	1	227	255	255	9	416819
52	1605300012374	Mariano Escobedo y Gral. Pedro María Anaya	MEDIA	140	130	159	29	7	205	109	0	176	27	226	255	255	29	653476
53	1605300012177	Fca. Xaviera Villegas, Martínez de la Plaza y la Quemada	ALTA	168	99	185	86	10	241	160	0	197	11	234	255	255	224	521951
54	1605300012088	Benito Juárez	ALTA	159	150	182	32	7	255	128	0	213	8	232	255	242	54	280435
55	1605300011323	El Mirador del Punhuato	MEDIA	168	161	173	12	1	243	52	1	252	1	231	255	255	255	173493
56	1605300012020	Indeco, Expropiación Petrolera	MEDIA	154	126	163	37	5	249	49	1	243	10	234	255	255	10	94043
57	1605300010363	Morelos y Gustavo Díaz Ordaz	MEDIA	114	100	157	57	8	87	186	0	165	14	231	255	255	23	769567
58	1605300012247	Sin nombre	MUY ALTA	154	118	192	74	11	250	14	47	207	33	220	255	255	29	530355
59	1605300012393	Carlos Salazar	BAJA	142	136	150	14	2	179	133	0	240	3	228	255	255	26	302409
60	160530001318A	Sin nombre	BAJA	88	62	121	59	20	7	0	141	62	18	220	255	255	156	137721
61	1605300011982	Cumbres de Morelia	ALTA	164	127	186	59	15	137	6	170	255	43	240	247	207	255	411757
62	1605300011535	Piedra lisa, Peña Blanca y Loas del Durazno	ALTA	160	146	187	41	8	255	56	1	181	48	245	254	129	255	291612
63	1605300012478	José Trinidad Guido y sin nombre	ALTA	174	153	190	37	8	255	64	1	243	32	245	255	227	255	216810
64	1605300013512	Tinijaro, El Parian y Villas del Parian	ALTA	142	124	184	60	10	254	74	1	60	74	236	255	255	98	723012
65	1605300011889	La Camelina y Prados de la Huerta	ALTA	172	149	191	42	8	240	47	0	220	78	239	250	251	255	755646
66	1605300013495	Rincón del Pedregal	ALTA	173	108	189	81	10	252	25	5	234	60	241	253	253	255	450366
68	1605300013404	Sin Nombre	BAJA	165	148	202	54	18	230	9	94	229	19	245	255	111	255	128674
69	1605300013851	Sin Nombre	MUY ALTA	92	88	96	8	2	0	3	15	134	41	251	255	255	255	12397
70	1605300013141	Valle del Rosario	BAJA	105	89	180	91	11	63	19	8	81	78	251	255	255	255	298612
71	1605300014741	Sin Nombre	ALTA	83	79	97	18	5	6	3	15	101	55	252	255	255	255	7995
72	1605300012849	Sin Nombre	BAJA	116	85	211	126	22	6	5	114	182	144	246	242	100	255	77082

N° DE PO.	CLAVE DE AGBES	NOM COLONIAS	CLASE DEL ICA	MEDIA	MIN	MAX	RANGO	D. EST.	POB	SER	C. A.	R.S.	NDVI	PRE	F Y F	DES	INU	AREA M²
73	160530001 1821	Sin Nombre	MEDIA	165	127	92	73	19	71	3	97	206	62	240	240	162	255	377039
74	160530001 3300	Sin Nombre	MUY ALTA	163	142	202	60	8	183	27	8	253	112	242	255	208	255	323222
75	160530001 2853	Sin Nombre (Charcas)	BAJA	114	102	146	44	11	68	87	1	229	6	249	233	68	255	42706
76	160530001 3353	Sin Nombre (al lado Gertrudis Sánchez)	MEDIA	143	130	162	32	9	193	3	7	213	58	223	255	255	111	338125
77	160530001 4794	Sin Nombre (atrás Walmart Quince)	MEDIA	152	121	159	38	6	11	0	246	253	119	236	255	255	255	70829
78	160530001 1107	El realito, Mártires de Uruapan	ALTA	156	134	183	49	7	255	57	1	234	23	224	255	255	29	303427
79	160530001 2317	Lomas de San Juan y Santiaguito Fovisste	ALTA	158	125	167	42	4	255	71	1	253	2	221	255	255	29	380763
80	160530001 2389	Santiaguito, Ejidal Francisco Villa y Granjas del Maestro.	MEDIA	93	78	161	83	12	12	198	0	153	2	225	255	255	29	588233
81	160530001 1198	Felipe Carrillo Puerto	MEDIA	159	134	170	36	4	255	94	0	251	1	220	255	255	29	227201
82	160530001 1183	Profesor Jesús Romero Flores y Precursores de la revolución	MEDIA	154	109	169	60	11	254	51	1	240	7	222	255	255	29	180400
83	160530001 3298	Michoacán	ALTA	127	103	180	77	17	13	9	104	202	149	243	255	185	255	251669
84	160530001 2887	Sin nombre (A un costado de la av. Miguel Hidalgo y costilla)	ALTA	156	113	191	78	18	255	16	115	159	25	219	255	255	29	279889
85	160530001 3391	Sin Nombre (Ciudad Industrial)	BAJA	129	126	132	6	2	1	0	255	74	33	220	255	255	29	456334
86	160530001 4671	Sin nombre (a un costado de ciudad jardín)	BAJA	119	108	134	26	5	4	0	248	126	113	250	255	51	255	114529
87	160530001 2745	Sin Nombre (por ciudad jardín)	ALTA	155	99	186	87	11	246	0	81	101	58	245	255	178	255	329033
88	160530001 3461	Sin Nombre (por ciudad jardín)	ALTA	126	101	178	77	12	46	1	170	125	101	246	255	199	255	201081
89	1605300013 866	Sin nombre	BAJA	132	123	140	17	4	0	0	255	146	116	241	255	243	255	41540
90	1605300013 809	Sin Nombre (por av. Miguel Hidalgo)	MEDIA	149	89	167	78	9	213	8	7	207	30	219	255	250	195	300195
91	1605300013 705	Sin Nombre	NULA						0	0	105	70	50	221	255	255	255	2491
93	1605300011 766	Sin Nombre	ALTA	131	62	170	108	21	176	3	95	101	38	224	253	182	188	438828
94	1605300012 092	La huerta y ampliación la huerta	MEDIA	168	158	185	27	4	252	83	0	216	3	238	255	255	255	182257
95	1605300013 033	Colinas del sur y Lomas de la joya	ALTA	133	113	174	61	9	231	122	0	25	17	247	247	166	255	312583
96	1605300011 361	Hermanos López Rayón, Prensa Insurgente Infonavit y Sitio de Cuautla	ALTA	160	153	179	26	7	216	95	0	214	5	236	244	255	255	159455
97	160530001 2069	Rector Hidalgo, Hermenegildo Galeana, Carlos María Bustamante	ALTA	149	135	180	45	10	247	116	0	145	13	235	254	255	83	712435

N° DE PO.	CLAVE DE AGBES	NOM COLONIAS	CLASE DEL ICA	MEDIA	MIN	MAX	RANGO	D. EST.	POB	SER	C. A.	R.S.	NDVI	PRE	F Y F	DES	INU	AREA M²
98	160530001 058A	Electricistas y Camelinas Infonavit	ALTA	176	159	125	51	5	254	99	0	228	15	236	255	255	29	478013
99	160530001 0490	Del empleado	MEDIA	146	112	158	46	5	254	66	1	176	2	232	255	255	22	433576
100	160530001 1978	Fray Antonio de San Miguel Iglesias	MUY ALTA	163	129	194	65	8	252	95	0	239	5	239	255	255	89	314428
101	160530001 1018	Ejidal Ocolusen	ALTA	158	109	175	66	9	252	70	0	214	2	240	255	249	117	254837
102	160530001 0522	Cinco de Diciembre, Club Campestre y Chapultepec Oriente	ALTA	160	141	191	50	10	254	102	0	193	45	238	250	255	72	1152950
103	160530001 1319	Lázaro Cárdenas, Buena Vista 2da. Etapa y Virrey Antonio de Mendoza	ALTA	169	161	178	17	4	255	83	0	229	0	228	255	255	255	291733
104	160530001 4582	Sin Nombre (Ciudad Industrial)	NULA						0	0	255	86	53	216	255	255	255	70274
105	160530001 243A	Barrió alto, Fco. J. Mujica y Lomas del Tecnológico	MEDIA	141	88	160	72	7	208	105	1	198	5	223	255	255	29	515125
106	160530001 3480	Sin Nombre (Atrás del estadio)	MUY ALTA	134	119	213	94	14	12	0	249	164	114	245	255	170	255	121321
107	160530001 3654	Sindurio, Arboledas Valladolid e Ignacio López rayón	ALTA	146	87	177	90	12	172	31	3	250	51	235	255	255	111	544064
108	160530001 2158	Defensores de Puebla, Rafael Carrillo ampliación y Fco. Zarco	ALTA	164	78	187	109	16	227	125	4	210	34	235	255	230	207	630006
109	160530001 211A	Santa Cecilia, Trincheras de Morelia Ampliación y Trincheras de Morelos	ALTA	168	158	184	26	4	255	45	2	236	16	247	255	206	255	213050
110	160530001 2586	Los fresnos, Arboledas, La pradera mirador de la montaña, Paseo de la hacienda, Morelia 450, Vista hermosa ampliación y Lomas de la hurta	MUY ALTA	170	113	196	83	10	254	161	0	185	47	235	248	242	181	770068
112	160530001 3758	Sin Nombre (costado del ITVM)	MUY ALTA	116	85	149	64	18	57	1	145	154	59	217	254	243	120	541295
113	160530001 3052	Lago 1	BAJA	162	135	193	58	13	255	37	4	240	31	227	255	255	115	504326
114	160530001 0310	Centro histórico	MUY ALTA	137	117	186	69	10	137	117	1	254	0	228	255	255	98	291608
115	160530001 2872	Sin Nombre (tec de Morelia y Feria)	ALTA	122	108	187	79	14	235	12	43	8	57	221	255	255	29	891293
116	160530001 2711	Sin Nombre	ALTA	174	149	199	50	12	215	8	150	225	60	244	248	144	255	238333
117	160530001 2815	Sin nombre (a espaldas del quinceo)	MUY ALTA	122	97	217	120	22	29	15	122	130	118	243	255	243	255	90723
118	160530001 2124	Lomas del Durazno	MUY ALTA	173	152	186	34	4	245	83	0	254	10	248	251	250	255	119626
119	160530001 478A	Sin Nombre (al frente de CRUNVAC, en el panteón los vergeles)	ALTA	115	110	132	22	4	12	0	255	123	105	237	255	255	8	27220

N° DE PO.	CLAVE DE AGBES	NOM COLONIAS	CLASE DEL ICA	MEDIA	MIN	MAX	RANGO	D. EST.	POB	SER	C. A.	R.S.	NDVI	PRE	F Y F	DES	INU	AREA M ₂
120	160530001 460A	Sin Nombre (al frente de CRUNVAC, en el panteon los vergeles)	BAJA	147	131	121	26	8	42	0	255	192	73	237	255	255	8	53281
121	160530001 2603	Acueducto fovissste y Virreyes	M	142	127	167	40	10	187	55	1	197	2	235	255	255	187	122189
122	160530001 3601	Sin Nombre (ULA terreno de conservación)	ALTA	121	104	186	82	14	142	79	2	129	81	233	255	255	30	543368
123	160530001 236A	Alfonso García Robles y Dr. Miguel Silva González	ALTA	162	59	182	123	10	253	80	0	253	32	224	255	255	29	836000
124	160530001 1893	La floresta (donde esta el Kiplin y el hotel Casa del campo)	MUY ALTA	162	96	195	99	12	188	63	5	213	121	242	251	202	255	678248
125	160530001 1003	Jardines del rincón (Ocolusen)	MEDIA	134	126	170	44	8	227	91	0	107	1	238	255	255	83	447073
126	160530001 2656	Loma Dorada, Rincón de la Ortiga, Jardines de Sindurio, Rincón del Ángel	MUY ALTA	176	150	202	52	6	255	41	4	253	41	239	255	255	254	677127
127	160530001 2641	Lomas de la Aurora Y Manuel García Pueblita	ALTA	118	98	176	78	11	112	22	9	108	60	239	255	255	255	320902
128	160530001 1910	Paraíso de la Huerta, Zimpanio Norte y Morita	MUY ALTA	160	86	205	119	12	189	22	7	254	90	241	245	179	255	559702
129	1605300014 559	Sin Nombre (a un costado de Zimpanio)	BAJA	101	97	107	10	2	0	15	2	204	47	243	255	255	255	32762
130	1605300014 826	Fracc. Banus	BAJA	122	108	145	37	9	27	8	13	246	86	248	255	255	255	40044
131	1605300012 04A	Agustín Arriaga Rivera	MEDIA	155	135	164	29	4	255	43	1	251	5	233	255	255	8	190347
132	1605300010 715	Lomas del Valle Infonavit, Lomas del Valle, Las Mariposas Infonavit, Sentimientos de la Nación	ALTA	163	116	180	64	7	253	121	0	246	18	235	255	255	16	737466
133	160530001 3508	San Pascual, El Parian y Héroes Republicanos	ALTA	161	108	187	79	7	235	29	3	192	56	238	255	255	241	914243
134	160530001 4737	Sin Nombre (camino a la Morita)	BAJA	118	98	142	44	12	2	10	54	199	127	252	255	255	255	60266
135	160530001 485A	Sin Nombre (Banus Norte)	MEDIA	132	114	153	39	17	4	1	99	254	108	247	255	255	255	22706
136	160530001 4845	Sin Nombre (atrás del Lago 1)	BAJA	136	129	150	21	4	216	1	8	163	61	224	255	255	30	184963
137	160530001 4830	Sin Nombre (atrás del Lago 1)	MEDIA	148	136	168	32	7	255	30	6	153	75	224	255	255	25	238491
138	160530001 2798	Ricardo Flore Magon	ALTA	171	144	187	43	5	255	19	5	240	31	238	255	255	255	348777
139	1605300011 569	Balcones de Morelia, Fuentes de Morelia, Rincón Sta Sofia, Juana Pavón Infonavit, Valle Verde y Jardines de Vista Bella.	ALTA	166	126	186	60	9	253	113	0	171	36	242	255	211	255	591433
140	160530001 026A	Doctor Ignacio Chávez e Independencia	ALTA	75	54	175	121	18	7	168	0	30	12	225	255	255	105	432915
141	160530001 3762	Sin Nombre (Pasando la soledad)	MUY ALTA	167	94	195	101	10	253	33	28	243	54	219	255	212	143	438727
142	160530001 3067	Sin Nombre (a lado izquierdo del Realito)	MEDIA	158	149	170	21	4	255	35	2	254	26	225	255	255	28	399811

N° DE PO.	CLAVE DE AGBES	NOM COLONIAS	CLASE DEL ICA	MEDIA	MIN	MAX	RANGO	D. EST.	POB	SER	C. A.	R.S.	NDVI	PRE	F Y F	DES	INU	AREA M²
143	1605300011253	Agua Clara, Vicente Guerrero, El Dorado, Adolfo López Mateos, Ampliación de ALM e Infonavit ALM.	MUY ALTA	192	166	146	46	10	255	140	0	254	16	232	250	255	29	227798
144	1605300012001	Las Higueras y Campestre los Manantiales.	ALTA	153	105	180	75	8	254	43	1	217	26	234	255	255	20	317323
145	1605300012618	Insurgentes, Rey Chimalpopoca Residencial y Pascual Ortiz de Ayala	ALTA	157	145	186	41	7	252	160	0	95	7	237	255	255	255	246246
146	1605300011874	Club Campestre la Huerta y Ampliación del Club Campestre la Huerta	ALTA	160	105	187	82	8	252	49	0	146	57	238	255	255	255	946311
147	160530001186A	Los Vergeles	ALTA	140	113	185	72	15	190	38	32	105	109	238	255	255	139	881047
148	1605300013669	Sin Nombre (libramiento frente a Chevrolet)	ALTA	95	83	176	93	11	44	34	5	155	63	234	255	255	33	444505
149	1605300010700	Lomas del Punhuato, San Rafael, Lancaster residencial, Eucalipto, Paseo de las lomas, Argos y Lomas del Punhuato Ampliación	ALTA	147	128	188	60	9	140	108	12	255	1	237	255	219	255	437899
150	1605300014597	Sin Nombre (atrás de San Isidro Itzicuaró)	NULA						0	0	255	81	122	249	255	51	255	15058
151	1605300011215	Profesor Jesús Romero Flores	MEDIA	135	108	156	48	6	248	28	2	139	7	220	255	255	29	271897
152	1605300010397	Centro histórico	ALTA	152	117	187	70	8	241	49	3	241	1	230	255	255	33	401514
153	1605300013334	Solidaridad (atrás del Realito)	ALTA	147	129	185	56	11	182	5	29	215	42	224	255	255	194	307293
154	1605300013777	Sin Nombre a un costado de la av. Miguel Hidalgo y Costilla)	MUY ALTA	158	108	197	89	11	202	8	22	252	58	219	253	225	211	747593
155	1605300013048	Rafael Davalos, Loma Dorada del Sur, Buenos Aires y Praderas del Sur.	ALTA	151	75	178	103	12	251	49	4	77	76	249	252	216	255	472390
156	1605300014629	Sin Nombre (Fracc. Los arcos del sur y Fracc. Campo Real	BAJA	89	74	119	45	11	9	12	56	30	85	252	255	255	255	130720
157	1605300014563	Fracc. Bonanza	MEDIA	142	108	158	50	10	117	61	40	224	27	248	255	246	255	139208
158	1605300013584	Loma Larga	BAJA	115	79	138	59	11	90	7	34	211	3	249	237	84	255	51940
159	1605300011592	Sin Nombre (espaladas de lago 1)	MUY ALTA	171	134	206	72	15	245	64	74	186	52	231	255	249	202	879626
160	1605300013828	Sin Nombre (Frente a lomas del pedregal)	MEDIA	96	91	161	70	14	83	14	31	46	5	243	255	255	255	33638
161	1605300013014	Sin Nombre (por el Parian)	MEDIA	105	90	156	66	12	22	18	5	219	70	237	255	255	130	99579
162	1605300012139	Sin Nombre	MUY ALTA	192	115	219	104	19	249	24	128	251	69	237	255	251	255	301958
163	160530001332A	Sin Nombre (tras solidaridad)	MEDIA	153	136	163	27	2	253	15	5	254	5	223	255	255	29	200819
164	1605300014648	Ampliación Gertrudis Sánchez II Etapa	BAJA	97	92	101	9	3	0	0	255	84	44	219	255	255	29	23378

N° DE PO.	CLAVE DE AGBES	NOM COLONIAS	CLASE DEL ICA	MEDIA	MIN	MAX	RANGO	D. EST.	POB	SER	C. A.	R.S.	NDVI	PRE	F Y F	DES	INU	AREA M²
165	160530001 2891	Ampliacion Gertrudis Sanchez II Etapa	ALTA	184	125	96	88	6	42	0	255	166	59	219	255	255	29	212696
166	160530001 1770	Unión	ALTA	163	149	173	24	3	255	42	4	207	5	227	252	255	255	303639
167	160530001 0895	Enrique Ramírez y Buena Vista 1er Etapa	ALTA	160	135	176	41	4	255	61	1	175	1	231	255	255	255	274549
168	160530001 427	Fco. Xavier Clavijero, Ampliación Mil Cumbres, valle del Punhuato y Mil Cumbres	MUY ALTA	173	144	202	58	14	231	88	61	254	9	241	251	131	255	348470
169	160530001 0503	Nueva Chapultepec	MEDIA	143	139	168	29	4	255	81	0	146	2	234	255	255	29	408541
170	160530001 1376	La huerta ampliación noroeste, Xangari, Santillan la huerta	ALTA	170	164	178	14	3	255	73	1	227	7	237	255	255	255	232608
171	160530001 2919	Sin Nombre(arriba de solidaridad)	ALTA	149	119	182	63	9	37	0	239	252	44	225	255	255	255	77301
172	160530001 4807	Sin Nombre(arriba de solidaridad)	BAJA	144	140	152	12	3	3	0	255	255	65	226	255	255	255	25592
173	160530001 1465	La soledad ampliación	ALTA	163	128	190	62	14	254	25	116	182	47	222	255	255	29	609750
174	160530001 2425	La soledad y Barrio Alto	MEDIA	158	129	164	35	4	255	70	1	254	4	221	255	255	29	367785
175	160530001 357A	Sin Nombre (por Av. Las Torres)	ALTA	116	96	182	86	18	35	154	2	158	53	247	255	227	255	91765
176	160530001 3796	Sin Nombre (Av. Miguel Hidalgo)	BAJA	109	90	141	51	9	24	5	38	221	60	219	255	249	180	179239
177	160530001 2251	Ampliación Gertrudis Sánchez II Etapa	ALTA	142	134	183	49	13	249	21	41	131	30	221	255	255	29	423161
178	160530001 3368	Sin Nombre (sobre solidaridad)	MEDIA	146	126	156	30	3	209	9	6	253	43	222	255	255	29	472391
179	160530001 389A	Sin Nombre (por Torreón Nuevo)	NULA						0	0	0	0	0	0	0	0	0	5761
180	160530001 3476	Sin Nombre (a un costado de metrópolis)	MUY ALTA	175	106	195	89	16	248	0	194	157	34	223	255	255	195	328921
181	160530001 2800	Reforma y Defensores de Puebla.	MUY ALTA	175	140	207	67	12	240	25	62	238	50	238	255	223	255	517886
182	160530001 275A	Sin Nombre (arriba de Ciudad jardín)	BAJA	127	106	146	40	7	25	0	169	225	77	247	255	90	255	194550
183	160530001 3847	Sin Nombre (a un costado de san Isidro Itzicuaró)	ALTA	126	119	179	60	12	16	0	255	197	43	251	255	51	255	56684
184	160530001 0791	Ciudad Industrial	MEDIA	115	62	171	109	18	41	1	95	218	47	219	255	242	116	3090527
185	160530001 2995	Veintisiete de Julio	MUY ALTA	172	103	205	102	19	249	12	88	171	77	243	255	204	255	649901
186	160530001 4652	Sin Nombre (por Veintisiete de Julio)	ALTA	137	102	177	75	16	6	0	186	213	116	245	255	251	255	292530
187	160530001 3743	Sin Nombre (salida a Cuitzeo)	MEDIA	103	87	166	79	15	17	0	113	213	31	217	255	255	29	539371
188	160530001 836	Diego Rivera, canteras y Congreso Constituyente de Michoacán	MEDIA	149	135	170	35	8	254	36	2	145	16	223	255	243	195	266046

N° DE PO.	CLAVE DE AGBES	NOM COLONIAS	CLASE DEL ICA	MEDIA	MIN	MAX	RANGO	D. EST.	POB	SER	C. A.	R.S.	NDVI	PRE	F Y F	DES	INU	AREA M²
189	160530001 3315	Loma Real	ALTA	186	156	137	49	12	247	66	63	194	5	222	255	255	28	299666
190	160530001 3122	Sin Nombre (por el estadio)	BAJA	133	110	152	42	15	3	1	137	245	96	237	255	255	255	7296
191	160530001 3885	Sin Nombre (por el estadio)	MEDIA	113	95	154	59	17	2	1	66	158	136	236	255	255	255	7980
192	160530001 3832	Sin Nombre (por el estadio)	BAJA	139	137	150	13	3	28	0	255	213	10	235	255	255	255	26636
193	160530001 3137	Sin Nombre (por el estadio)	MUY ALTA	141	110	204	94	19	39	0	186	211	92	242	255	247	255	174036
194	160530001 2660	La esperanza	ALTA	172	140	187	47	5	255	46	2	246	20	237	255	255	252	481419
195	160530001 1304	Niño Artillero, Ignacio López Rayón y Arboledas Valladolid	ALTA	166	100	190	90	10	253	67	1	254	14	235	255	255	128	513782
196	160530001 4667	Sin Nombre (por el estadio)	MEDIA	137	128	154	26	4	1	0	255	129	158	248	255	255	255	228109
197	160530001 1997	la Floresta y Periodistas	MUY ALTA	173	105	218	113	15	250	41	34	255	28	240	251	172	240	277473
198	160530001 1516	Sin Nombre (por Ejidal Ocolusen)	BAJA	102	87	112	25	8	6	68	0	245	13	241	171	151	255	38482
199	160530001 3635	Sin Nombre (por Zimpanio Norte)	BAJA	134	100	148	48	15	3	4	186	236	74	243	255	249	255	34279
200	160530001 364A	Mariano Abasolo y Hacienda Tinijaro	MEDIA	142	135	168	33	5	252	43	1	139	45	236	255	255	8	411298
201	160530001 3616	Los Manantiales de Morelia y José Sixto Verduzco Infonavit	ALTA	151	104	174	70	13	252	62	1	184	8	234	255	255	94	382928
202	160530001 0912	Lomas de Guayangareo	MEDIA	136	119	167	48	6	193	78	1	131	1	233	255	255	205	356843
203	160530001 0999	Poblado de Ocolusen, Las Américas y La Rinconada.	MUY ALTA	163	126	192	66	8	255	58	0	252	5	237	255	255	117	576263
204	160530001 1906	Sin Nombre (frente al tutelar de menores)	ALTA	115	93	184	91	10	18	12	25	228	68	240	253	240	255	794637
205	160530001 3673	Mariano Michelena, ampliación de Mariano Michelena, Las Pampas, Rincón Trinidad y Mariano Ontiveros.	MUY ALTA	170	116	200	84	16	255	136	0	150	77	237	255	255	225	537761
206	160530001 0861	Las Margaritas	MEDIA	139	135	159	24	4	153	157	0	254	0	227	255	255	8	293721
207	160530001 0240	Industrial	MEDIA	159	95	171	76	7	241	210	0	208	2	227	255	255	23	344196
208	160530001 1925	Virreyes	ALTA	164	99	189	90	8	252	181	0	199	22	232	255	254	63	672162
209	160530001 1056	Eduardo Ruiz Ampliación	MEDIA	157	136	166	30	6	252	73	1	253	0	227	255	255	29	154839
210	1605300010 950	Jardines del Toreo, Jardines del Toreo Ampliación, Manuel Villalongin, la Huerta Fovissste	MEDIA	159	102	171	69	10	249	145	0	221	4	233	255	255	29	429303

N° DE PO.	CLAVE DE AGBES	NOM COLONIAS	CLASE DEL ICA	MEDIA	MIN	MAX	RANGO	D. EST.	POB	SER	C. A.	R.S.	NDVI	PRE	F Y F	DES	INU	AREA M²
211	160530001 2637	Nicolaíta Ilustres	ALTA	175	137	90	85	12	150	62	1	208	7	232	255	255	218	231379
212	160530001 1022	Sin Nombre (al noreste de la Central de Autobuses)	MEDIA	155	119	165	46	9	255	28	1	202	1	228	255	255	162	125518
213	160530001 3071	Ignacio Ramírez	BAJA	142	119	151	32	7	252	24	2	112	5	227	255	255	184	234759
214	160530001 3550	Solidaridad y el Realito Ampliación	MEDIA	158	150	170	20	3	255	74	1	246	12	224	255	255	26	231737
215	160530001 2340	Lomas de Santiaguito y Enrique Arreguin	MEDIA	128	125	160	35	6	255	59	1	62	13	222	255	255	29	395370
216	160530001 2016	Libertad, Jaujilla	MEDIA	131	121	164	43	10	255	69	1	75	17	234	255	255	13	205235
217	160530001 2196	Villas del Sol, Juan Aldama Infonavit y las Águilas	ALTA	164	148	181	33	7	255	76	1	251	49	232	254	255	29	309541
218	160530001 2054	Cosmos	MEDIA	147	96	163	67	7	251	97	0	164	12	234	255	255	29	335961
219	1605300013 688	Constituyentes de Apatzín de 1814, Dr. José María Coss, Ana María Gallaga, ampliación de AMG, Praderas de Morelia, Niños Héroes y Constitución de Apatzingán	ALTA	158	131	184	53	7	176	159	0	225	15	237	255	255	253	411715
220	160530001 2105	Bosques de la Huerta, Hacienda de la Huerta, Arcoiris, Leona Vicario, Praderas de la huerta y Rincón de la Huerta.	ALTA	162	149	185	36	7	254	69	0	152	41	239	255	255	255	596194
221	160530001 2463	Los Encinos y Ampliación de los Encinos	MUY ALTA	169	99	209	110	15	211	10	48	254	84	251	255	154	255	477426
222	160530001 2730	Sin Nombre (por San Isidro)	MUY ALTA	109	94	202	108	17	87	0	90	69	21	242	255	232	255	140538
223	160530001 3527	Torreón Nuevo	ALTA	156	138	181	43	8	238	11	8	254	25	221	255	255	102	323766
224	160530001 1126	Wenseslao Victoria, Los Alamos y Félix Arreguin	MEDIA	141	120	154	34	4	253	75	1	142	1	230	255	255	29	189830
225	160530001 1111	Emiliano Zapata.	MEDIA	142	110	159	49	4	254	107	1	125	2	228	255	255	29	100338
226	160530001 122A	Javier Mina, Esther Tapia, La Colina Infonavit.	MEDIA	150	147	166	19	3	255	76	1	199	1	229	255	255	29	146637
227	160530001 0486	Ventura Puente	MEDIA	91	75	159	84	10	25	177	0	140	0	230	255	255	10	482098
228	160530001 0306	Centro histórico	ALTA	173	117	189	72	11	252	170	0	253	0	227	255	255	150	288984
229	160530001 1855	Sin Nombre (frente a Ciudad Industrial)	MUY ALTA	163	97	200	103	14	249	9	54	252	7	222	255	245	116	222438
230	160530001 1802	Nueva Unión e Ilustres Novohispanos,	MEDIA	159	143	166	23	4	255	44	1	186	3	231	240	255	255	246729
231	160530001 2482	Condominio Residencial Plaza y José Trinidad Guido.	ALTA	170	155	187	32	5	255	56	1	237	16	246	255	228	255	203960
232	160530001 1041	José María Morelos	MEDIA	152	119	158	39	4	220	114	0	251	0	228	255	255	29	197161

N° DE PO.	CLAVE DE AGBES	NOM COLONIAS	CLASE DEL ICA	MEDIA	MIN	MAX	RANGO	D. EST.	POB	SER	C. A.	R.S.	NDVI	PRE	F Y F	DES	INU	AREA M²
233	160530001 1944	Chapultepec Sur	MEDIA	167	154	145	22	2	255	104	0	202	2	234	255	255	29	399372
234	160530001 3103	Ignacio Zaragoza y Jardines del Quinceo.	MEDIA	156	124	166	42	5	255	47	2	247	7	225	255	255	29	214559
235	160530001 4544	Sin Nombre (por Zimpanio Norte).	BAJA	101	99	103	4	1	0	16	2	184	69	243	255	255	255	10855
236	160530001 3620	Sin Nombre (por Zimpanio Norte).	MEDIA	111	98	155	57	22	39	16	2	193	52	242	255	255	255	4303
237	160530001 4578	Loma Larga	BAJA	97	62	139	77	21	7	7	84	142	42	248	234	142	255	68783
238	160530001 4614	Sin Nombre	MEDIA	129	112	156	44	12	21	6	96	245	70	254	255	255	255	200325
239	160530001 0965	Diamante, Villa Universidad Infonavit, Valle Quieto, José María García Obeso, Los Pinos de Michoacán, Pinar del Río, Rincón Quieto y Ampliación Valle Quieto.	ALTA	115	99	191	92	8	46	237	0	198	29	233	255	255	27	1435038
240	160530001 2783	Sin Nombre (arriba de Catorce de Febrero)	ALTA	132	118	176	58	9	114	21	4	229	49	240	255	186	255	218513
241	160530001 3090	Mariano Escobedo ampliación y Unidos Santa Cruz Ampliación	BAJA	129	119	143	24	4	253	32	2	82	11	227	255	255	29	194082
242	160530001 2444	Agustín Arriaga Rivera	MEDIA	141	100	153	53	4	249	55	0	162	9	233	255	255	9	302691
243	160530001 0857	Los Ejidos, Agua Clara Vicente Guerrero.	ALTA	166	136	185	49	6	255	106	0	254	47	231	251	255	19	1113170
244	1605300010 749	Nueva Jacaranda, Bosques Residenciales, La loma, Balcones de Santa María y ampliación de BSM	MUY ALTA	169	101	192	91	10	254	129	0	206	40	241	244	165	236	1018727
245	1605300010 97A	Villa Universidad, valle Quieto, Del sur Residencial, y Los Fresnos ampliación	MUY ALTA	171	113	204	91	11	255	131	0	254	18	234	247	246	127	425332
246	1605300012 50A	Artículo 27 Constitucional, Isaac Arriaga ampliación y Dr. Ignacio Chávez.	ALTA	169	150	185	35	6	254	51	1	252	7	225	255	255	225	283377
247	1605300012 497	Loma Bonita, Santiaguito, Prados Verdes,	BAJA	89	76	125	49	7	94	191	0	5	1	225	255	255	29	439595
248	1605300012 035	Expropiación Petrolera INDECO, El Vivero INDECO y Jardín de Torremolinos ampliación	MEDIA	124	115	162	47	9	255	77	0	1	22	235	255	255	51	434682
249	160530001 1249	La Colina Infonavit y Linda Vista	MEDIA	161	141	169	28	5	253	116	0	253	1	229	255	255	12	152222
250	160530001 1145	Aquiles Serdán y Aquiles Serdán Ampliación, Veinte de Noviembre, Constituyentes de Querétaro y Salvador Alcázar Romero.	ALTA	170	154	180	26	3	254	39	2	255	8	223	255	255	255	240027
251	160530001 3156	Loma Larga	BAJA	82	67	117	50	13	14	52	45	114	14	250	204	15	255	23937

N° DE PO.	CLAVE DE AGBES	NOM COLONIAS	CLASE DEL ICA	MEDIA	MIN	MAX	RANGO	D. EST.	POB	SER	C. A.	R.S.	NDVI	PRE	F Y F	DES	INU	AREA M²
252	160530001 371A	El Monasterio (el Valladolid)	MEDIA	120	100	157	57	11	41	19	46	202	62	248	255	243	255	566636
253	160530001 229A	Lomas de Hidalgo y Lomas de Hidalgo Infonavit.	MEDIA	151	137	167	30	8	253	106	1	145	5	235	255	255	119	182612
254	160530001 0908	Erendira	ALTA	168	140	183	43	10	253	116	0	250	0	232	255	255	133	163440
255	160530001 1751	Sin Nombre (frente a Ciudad Industrial)	BAJA	112	92	147	55	6	111	4	16	100	38	224	255	251	247	353751
256	160530001 033A	Vasco de Quiroga (a un lado)	MEDIA	151	137	163	26	6	160	144	0	252	0	229	255	255	201	366658
257	160530001 0325	Plan de Ayala Infonavit y Independencia.	ALTA	112	103	175	72	10	41	226	0	155	5	226	255	255	175	542257
258	160530001 0378	El pipila Infonavit	MEDIA	136	128	148	20	6	170	121	1	223	1	229	255	255	17	519686
259	160530001 2533	Centro histórico y Melchor Ocampo	MEDIA	160	132	167	35	5	253	125	0	240	1	228	255	255	16	318461
260	160530001 1272	Sin Nombre (Frente a Villas del Sol)	MEDIA	153	149	172	23	4	255	63	0	213	11	232	255	255	28	180610
261	160530001 2410	Prados Verdes	MEDIA	139	76	155	79	14	221	111	1	163	1	225	255	255	29	242784
262	160530001 2355	Cruz de Barreno y Lago II	MEDIA	134	133	157	24	3	255	46	1	114	2	226	255	255	29	281011
263	160530001 3372	Sin Nombre (frente a Walmart de Quinceo)	MEDIA	144	132	164	32	8	183	1	7	253	46	226	255	255	102	263409
264	160530001 3531	Torreón Nuevo	ALTA	163	105	190	85	17	190	4	172	251	28	220	255	255	53	279215
265	160530001 3457	Félix Areguín y Wenseslao Victoria	ALTA	101	90	175	85	12	69	21	9	158	20	233	255	251	110	678240
266	160530001 3442	Justo Mendoza Infonavit, Fca. Xaviera Villegas Ampliación , Fca. Xaviera Villegas y Jose Trinidad Salgado.	ALTA	100	78	182	104	13	18	198	3	155	32	232	255	255	41	847800
267	160530001 2726	San Isidro Itzicuaro	MUY ALTA	173	102	204	102	16	235	4	119	250	32	243	250	105	255	206612
268	160530001 3870	Sin Nombre (por el estadio)	BAJA	140	139	141	2	1	5	0	255	158	138	245	255	255	255	1804
269	160530001 3279	Guadalupe Victoria	MUY ALTA	182	149	205	56	15	203	3	200	225	37	245	255	255	255	138737
270	160530001 4775	Sin Nombre (detrás del deportivo Bicentenario)	MEDIA	111	86	159	73	26	60	16	39	225	55	221	255	255	29	25336
271	160530001 4703	Sin Nombre (al Norte de bonanza)	MEDIA	126	102	173	71	14	30	79	51	236	93	246	255	136	255	94150
272	160530001 4760	Sin Nombre (torreón Nuevo)	BAJA	103	94	121	27	10	9	0	255	103	40	219	255	255	29	11307
273	160530001 1431	Lomas del Punhuato,	MUY ALTA	147	117	194	77	17	138	5	131	214	50	242	237	102	255	215235
274	160530001 3781	Sin Nombre (por av. Miguel Hidalgo)	BAJA	116	91	144	53	14	92	2	158	69	52	219	240	160	240	253367

N° DE PO.	CLAVE DE AGBES	NOM COLONIAS	CLASE DEL ICA	MEDIA	MIN	MAX	RANGO	D. EST.	POB	SER	C. A.	R.S.	NDVI	PRE	F Y F	DES	INU	AREA M²
275	160530001 4722	Sin Nombre (al norte de San Isidro)	BAJA	115	113	112	3	1	0	0	255	70	136	247	255	51	255	4399
276	160530001 4718	Sin Nombre (al norte de San Isidro)	MEDIA	138	103	155	52	12	31	0	217	227	106	245	255	59	255	168810
277	160530001 3283	Lomas del Pedregal	MUY ALTA	166	109	196	87	16	212	3	150	167	17	243	255	255	255	132512
278	160530001 1357	Margarita Maza de Juárez	ALTA	170	138	185	47	8	255	67	0	253	17	236	255	255	185	257471
279	160530001 2779	Veinte de Marzo	ALTA	151	141	183	42	8	255	22	12	83	63	239	255	255	255	259577
280	160530001 1094	Josefa Ocampo de Mata	MEDIA	152	148	161	13	3	255	96	0	200	1	223	255	255	29	167475
281	160530001 3086	Sin Nombre (Tras lago II)	MEDIA	142	133	154	21	4	206	29	2	234	23	226	255	255	29	252062
282	160530001 1037	Eduardo Ruiz	MEDIA	122	118	154	36	5	233	45	1	69	2	227	255	255	29	258181
283	160530001 3118	Popular Progreso ampliacion y la Joya	BAJA	130	76	152	76	7	254	59	1	58	30	224	255	255	29	359161
284	160530001 0838	Guadalupe , Torres del Tepeyac e Irrigación	ALTA	160	144	174	30	3	254	156	0	218	1	231	255	255	29	486774
285	160530001 2868	Camino Real y Valle del Durazno	ALTA	172	151	188	37	8	252	28	3	208	93	251	255	218	255	657751
286	160530001 3813	Loma Larga	MEDIA	115	79	161	82	10	53	12	20	194	49	250	253	216	255	398886
287	160530001 2923	Sin Nombre (al norte del Quinceo)	MUY ALTA	162	131	200	69	20	179	2	93	251	58	227	255	244	206	450219
288	160530001 4811	Sin Nombre (al norte de Veintises de Julio)	MEDIA	121	89	168	79	19	18	9	161	185	97	248	255	86	255	104720
289	160530001 1963	Fray Antonio de Lisboa, Loma de las Americas, Americas Britania	MUY ALTA	170	131	202	71	12	249	71	47	200	19	239	253	213	248	578577

NOTA: N°DE PO: número de polígono, CLAVE DE AGEBS: clave de las Áreas geostatísticas básicas, NOM COLONIAS: nombre de las colonias que pertenecen al AGEBS, CLASE: la clasificación del ICA, MEDIA: promedio de los números de aptitud de la escala byte que va de 0 a 255, MIN.: mínimo, MAX: máximo, RANGO: rango, D. EST. Desviación estándar ,POB: población, SER: servicios, C.A. contaminación atmosférica vehicular, R. S.: residuos sólidos urbanos, NDVI: The Normalized Difference Vegetation Index (índice de vegetación de diferencia normalizada), PRE: precipitación Y F: Fallas y fracturas, DES: deslizamientos de tierra, INU: áreas de inundación, AREA M2: áreas de los AGEBS en metros cuadrados