



Universidad Autónoma del Estado de México
Facultad de Geografía

**Determinación de sitios Óptimos para Suelo Industrial,
utilizando SIG y Evaluación Multicriterio, en el Estado
de México**

Reporte final para obtener el grado de:

Especialista en Cartografía Automatizada, Teledetección y
Sistemas de Información Geográfica

18a. Promoción

Presenta:

Lic. en Geog. Ana Leticia Beltrán Nicolás

Asesor:

Dr. en Geog. Noel B. Pineda Jaimes

Toluca, México; Febrero de 2014.



“Determinación de zonas óptimas para suelo industrial, utilizando Evaluación Multicriterio, en el Estado de México”

CONTENIDO

Introducción	6
Planteamiento del Problema	7
Justificación	8
Objetivos.	9
Capítulo I. Marco Teórico.....	10
1.1. Antecedentes de Zonas Industriales	10
1.2.- Zonas Industriales en el Estado de México.....	10
1.3.- Antecedentes de los SIG	12
1.3.1.-Definición de SIG.....	13
1.3.2.-Funciones de los SIG	14
1.3.3.-SIG como herramienta de localización óptima para zonas industriales.	15
1.3.4.- Componentes de un SIG.....	16
1.3.5.-Tipos de SIG.....	16
1.4.-Antecedentes de la evaluación multicriterio.....	17
1.5 Evaluación Multicriterio	18
1.5.1.- Componentes de la EMC en el entorno de los SIG.	19
1.5.2.- Objetivos y Alternativas.	19
1.6.- Los criterios: Factores y Limitantes.....	20
1.8.- Regla de decisión	22
1.9.- Funciones de selección	22
1.10.- La evaluación.....	22
1.11.- Organización de las EMC: las matrices.....	23
1.12.- Normalización de los criterios.....	24
1.13.- Ponderación de los criterios a asignar un valor a cada alternativa	25
Capítulo II. Metodología.....	26
2.1.-Obtención de Información; revisión, recopilación y análisis de la información.....	27
2.1.1 Área de estudio	27
2.1.1.1 Localización	27
2.1.1.2 Condiciones Geográficas	28
2.1.1.2.1 Hidrografía.....	28

“Determinación de zonas óptimas para suelo industrial, utilizando Evaluación Multicriterio, en el Estado de México”

2.1.1.2.2 Geología	29
2.1.1.2.3 Edafología.....	30
2.1.1.2.4 Uso actual del suelo	31
2.1.1.2.5.- Orografía	32
2.1.1.2.6.- División política.....	33
2.2 Aplicación del análisis multicriterio	34
2.2.1 Manejo de la información cartográfica	35
2.2.2 Identificación de Factores y Restricciones	36
2.2.3 Factores	36
2.2.4 Restricciones	38
2.3.- Normalización de Factores y restricciones	39
2.3.1 Normalización de los factores	39
2.4.- Restricciones	45
2.5.- Ponderación o asignación de pesos de los factores	47
2.6.- Método de Comparación de Saaty.	49
2.7.- Procesamiento de los factores y restricciones	51
2.8.- Método de EMC; Sumatoria Lineal Ponderada.....	51
2.9.- Proceso Modulo MCE (IDRISI).....	52
Capítulo III. Resultados.....	53
Bibliografía	69

Índice de Figuras

Figura 1 Panorama de los municipios del Estado de México.....	33
Figura 2 Normalización del Factor Pendiente	40
Figura 3 Normalización del Factor tipo de suelo.	41
Figura 4 Normalización del Factor geología.	42
Figura 5 Normalización del factor Cobertura Urbana.	43
Figura 6 Normalización del factor Cuerpos de Agua.	44
Figura 7 Normalización del factor accesibilidad Vial.	45
Figura 8 Escala del valor de Saaty.	49
Figura 9 Modulo para la definicion de pesos.	50
Figura 10 Modulo de MCE.	52
Figura 11 Resultado obtenido del modulo EMC (idrisi)	53
Figura 12 Histograma; para determinar los rangos de aptitud.....	54

Índice de Esquemas

Esquema 1 Fases de proceso de EMC en un entorno SIG. Fuente: adaptado de Gómez Delgado y Barredo Cano (2005).	21
Esquema 2 Esquema metodológico del trabajo de investigación.	26
Esquema 3 Etapas del análisis multicriterio.....	35

Índice de Mapas

Localización de los municipios con aptitud alta	61
Localización de los municipios con aptitud media	63
Localización de los municipios con aptitud Baja	64
Localización de sitios óptimos para zonas urbanizables	66

Índice de Tablas

Tabla 1 Mención de criterios.....	36
Tabla 2 Declaración de restricciones.	38
Tabla 3 Tabla de uso de suelo para ubicar zonas industriales.	40
Tabla 4 Importancia de los criterios.....	47
Tabla 5 Valores de Ponderación de los factores de condición.	50
Tabla 6 Aptitud por hectáreas de los municipios del Estado de México.	

Índice de Gráficas

Gráfica 1 Municipios con aptitud alta para zonas industriales. 57
Gráfica 2 Municipios con aptitud media para zonas industriales. 58
Gráfica 3 Municipios con aptitud baja para zonas industriales. 59

Introducción

En la actualidad se han notado cambios de uso y ocupación del suelo, de una manera radical en gran parte del país. Por lo que cabe mencionar que en dichos cambios se encuentra la ubicación de las zonas industriales de manera desordenada y en la mayoría de los casos sin una buena ubicación en la mayoría de este tipo de cuestiones.

Estos cambios se dan de tal manera que es difícil de controlar y ubicar bien este tipo de instalaciones, ya que ocasiones estas zonas industriales se ubican principalmente en lugares en donde el valor del suelo es muy bajo o en áreas en donde se encuentren todos los servicios para el funcionamiento de dicha zona.

Los cambios ocurridos en los últimos años, uno de los más significativos ha sido la ubicación de zonas industriales en lugares que no son aptos para este tipo de zonas. Ya que es en la actualidad este en un sector que indiscutiblemente es necesario para la sociedad y gran parte del país.

Planteamiento del Problema

En los últimos años se ha comenzado a emplear sistemas de información geográfica derivado de procesos como análisis espacial y evaluación científica. Que indiscutiblemente en la actualidad se presentan cuestiones como el establecimiento de diferentes zonas industriales aptas o no en el Estado de México y que hasta el momento se cuentan con datos confidenciales aislados para el usuario que no permiten acceder para su manipulación y almacenamiento de esta información y en muchos casos se habla de manera general.

En el Estado de México existe una mala implementación de zonas industriales, porque no se tiene una planificación concreta y precisa de estas, en qué lugar deberían de ubicarse. Esto se ve reflejado con el análisis y estudios de evaluación multicriterio, pues existen zonas agrícolas o los cuerpos de agua por mencionar algunos en donde se ven afectadas por los desechos de las zonas industriales.

La evaluación multicriterio permite ubicar las zonas aptas o no aptas para este tipo de superficie, esto facilitará y concientizará el acceso a los datos que la sociedad desconoce y servirá para futuras investigaciones al tiempo de generar la cultura de uso y análisis de tipo espacial ante una sociedad cada vez más tecnológica se constituirá como una herramienta más para el análisis y la disminución de las superficies determinadas para establecer zonas industriales.

Justificación

Obtener nuevos cambios, que a partir de la evaluación multicriterio, además de tener un análisis para la determinar las zonas más óptimas para las zonas industriales hacia futuro, de acuerdo a que en la mayoría de los casos hay problemas con la implementación de dichas zonas en la actualidad.

Para crear nuevas zonas industriales ideales tanto en ubicación como ante la sociedad, cabe mencionar que hay que tener una buena infraestructura y vías de comunicación suficientes que permitan y faciliten el acceso a la implementación de estos tipos de zonas en el Estado.

Podemos decir que las técnicas de Evaluación multicriterio (EMC) han demostrado sobradamente su eficiencia a la hora de diseñar modelos “óptimos” territoriales, ya que consideran la adecuación y aptitud que presenta el territorio para que sobre él se desarrolle una determinada actividad (residencial, industrial, comercial, etc.). Pese a esto, no han sido utilizadas como tales en la simulación de diferentes escenarios urbanos, por lo que su aplicación en este campo merece ser estudiado (Plata, 2010).

La ubicación de zonas industriales prevalece sobre cualquier aspecto ya sea de carácter ambiental o social. Por lo que se plantean procesos de reclasificación del suelo que suelen partir de establecimientos arbitrarios o intencionados, de acuerdo a lo que necesite dicho caso, ya que este tipo de estudio se puede implementar para todo tipo de factor ya sea físico o social.

Objetivos.

- **Objetivo General:**

1. Determinar la aptitud del suelo para el establecimiento de zonas industriales en el Estado de México.

Objetivos Particulares:

- Realizar mediante un modelo de evaluación multicriterio las zonas aptas para la superficie industrial.
- Determinar los factores y restricciones que son de utilidad para el modelo de evaluación.

Capítulo I. Marco Teórico.

1.1. Antecedentes de Zonas Industriales

Sector que dentro de la zonificación urbana se destina de modo dominante al uso industrial. A diferencia del Parque Industrial no provee servicios comunes, sólo regula los usos permitidos.

Su localización, habitualmente suburbana, asegura, desde las normas, el holgado cumplimiento de lo necesario para la producción: condiciones eficaces para la provisión de energía, transportes, agua, desagües, accesibilidad y terrenos vacantes para crecimientos y readaptaciones de las unidades asentadas; también atiende la calidad de vida de la propia ciudad que la alberga, asegurando distancias, controles y márgenes de riesgo respecto del resto de las actividades.

Implica una clasificación de las industrias según su peligrosidad, grados de molestia y tamaño. Es el recurso urbanístico primario y más simple para disminuir las interferencias funcionales y garantizar la estabilidad ambiental, los valores de la tierra, la tranquilidad jurídica y evitar las indeseables sorpresas del caos normativo.

1.2.- Zonas Industriales en el Estado de México.

Aunque han generado empleos en los últimos dos años los Parques Industriales del Estado de México requieren, de acuerdo con los empresarios, de mayor apoyo e inversión para que no sufran desde inundaciones hasta una imagen de abandono.

El Fideicomiso para el Desarrollo de Parques y Zonas Industriales en el Estado de México (Fidepar) presume la generación de 2 mil 850 trabajos durante 2010 y 2011 al fomentar el desarrollo de este tipo de recintos en la entidad.

Sin embargo el número de trabajos generados cayó, pues mientras en 2010 fueron mil 570, al finalizar el año pasado se llegaron a únicamente mil 280, según se indica en un informe.

En lo que respecta a los primeros dos meses de este año, el Fidepar indica se generaron 55 empleos.

Recientemente, Mauricio Guadarrama Correa, presidente de la Cámara Nacional de la Industria de la Transformación (Canacintra), señaló que de los 89 parques industriales con los que cuenta el estado de México, 50 por ciento de ellos están en malas condiciones.

Al respecto, el Fidepar señala que realizaron un total de 20 obras de mantenimiento de sus parques en 2010, 21 al cierre de 2011 y ninguna durante el primer bimestre de este año. La Fidepar indica que durante los próximos meses se tiene prevista la realización de 18.

Guadarrama Correa, titular de Canacintra, indicó en abril pasado que aquellos complejos industriales que requieren una mayor atención son los de Tenango y Atlacomulco, ubicados dentro del Valle de Toluca, los cuales incluso tienen problemas de inundaciones.

Por lo que reclamó en su momento que si la mayoría de los empresarios son puntuales con sus impuestos, es necesario que se les retribuya con el mantenimiento de los recintos.

Durante los últimos dos años, la Fidepar realizó dos obras de ampliación de los parques industriales mexiquenses, más otras tres de equipamiento.

La inversión privada de promoción y comercialización que logró el Fideicomiso para el Desarrollo de Parques y Zonas Industriales en el Estado de México se

redujo en 2011 en comparación con el año previo. Pues mientras en 2010 se cerró con 493 millones de pesos, para el año pasado fueron 364 millones de pesos.

Los empresarios aglutinados en la Asociación de Industriales del Estado de México también han urgido a la Fidepar dar un mayor impulso a los parques de Los Reyes, Chalco e Ixtapaluca, los cuales consideran de abandonados (Huerta, 2012).

1.3.- Antecedentes de los SIG

La información es esencial para la toma de decisiones. Sin embargo, para que esta sea útil debe sistematizarse y ser accesible a sus usuarios. A partir de la década de los 60 se ha observado un rápido desarrollo en los aspectos teórico conceptual, tecnológicos y organizacionales en el campo de los SIG's, los cuales se han convertido en una herramienta que integra conocimientos desarrollados en áreas tan diversas como la agricultura, informática, matemáticas, diseño gráfico y teledetección (Fallas, 1996).

A finales de la década de los 60 McHarg, introdujo la técnica de sobreposición de mapas como un medio de aplicar los conceptos de análisis cartográfico la planificación del paisaje a nivel local y regional. El análisis espacial utilizando computadoras resolvió esta limitante en la década de los 70. Sin embargo, no fue realmente hasta la década de los 80 cuando el método se convirtió en una herramienta operacional y popular en diferentes disciplinas a nivel mundial. Aun cuando los sistemas de información geográfica digitales ofrecen un medio eficiente y preciso para manipular y analizar grandes volúmenes de información, su utilización todavía poco frecuente y con frecuencia ausente en los procesos de planificación, diseño y monitoreo ambiental (Fallas, 1996).

Entre la década de los 60 y 70, y como aplicación y desarrollo de los conceptos de McHarg, tiene lugar el desarrollo de los SIG ráster o matriciales. En esta línea se

desarrollan en el laboratorio de la universidad de Harvard los sistemas SYMAP y GRID; y en la Universidad de Yale el Map Analysis Package (MAP) de gran trascendencia posterior. En general, se caracterizan por ser sencillos y económicos, aunque tienen un carácter grosero (sin capacidad para manejar atributos) y solo son aplicables a espacios muy compartimentados. En esta época también se desarrolla el sistema DIME, que es el primero en contar con una topología completa (Domínguez, 2000).

Uno de los factores relevantes al surgimiento de los SIG se asocia a la convergencia de tres aspectos: La geografía cuantitativa, la Teoría de Sistemas y los avances Teórico- metodológicos, ligados estos últimos al desarrollo tecnológico, el punto de convergencia de estos factores dio origen a los Sistemas de Información Geográfica (Antonio y Hernández, 2011).

1.3.1.-Definición de SIG

Los sistemas de información geográfica (SIG) son, básicamente herramientas informáticas que procesan y analizan datos con alguna componente espacial. Una definición más completa considera un sistema de información geográfica como un conjunto de herramientas diseñado para la adquisición, almacenamiento, análisis y representación de datos espaciales. (Ordoñez, 2003)

Una característica fundamental de los SIG es que trabajan con mapas y, a diferencia de otro programas que también lo hacen, como son los de topografía, los de cartografía digital y los sistemas CAD\CAM, los SIG pueden realizar operaciones de análisis espacial, bastante sofisticadas en algunos casos, utilizando los datos espaciales y sus atributos almacenados en el propio sistema, que permiten obtener nuevos mapas a partir de una fuente de datos. (Ordoñez, 2003).

1.3.2.-Funciones de los SIG

Un SIG almacena la información en capas temáticas que pueden enlazarse geográficamente. Este concepto altamente poderoso y versátil ha probado ser crítico en la resolución de muchos problemas que van desde el rastreo de

Vehículos de reparto, registrando los detalles de la aplicación de planificación hasta el modelamiento de la circulación atmosférica global (Limón, 2013).

Existen al menos cinco argumentos básicos para la utilización de un SIG.

1. Un SIG nos permite realizar análisis vicariantes, es decir, nos permite realizar comparaciones entre escalas y perspectivas emulando una cierta capacidad de representación de diferentes lugares al mismo tiempo.
2. Un SIG nos permite diferenciar entre cambios cualitativos y cuantitativos; aportándonos una gran capacidad de cálculo.
3. Un SIG nos permite gestionar un gran volumen de información a diferentes escalas y proyecciones.
4. Un SIG integra espacialmente datos tabulares y geográficos junto a cálculos sobre variables (topología).
5. Un SIG admite multiplicidad de aplicaciones y desarrollos; poniendo a nuestra disposición herramientas informáticas estandarizadas que pueden ir desde simples cajas de herramientas hasta paquetes llave en mano.

1.3.3.-SIG como herramienta de localización óptima para zonas industriales.

Los sistemas de información geográficas (SIG) son sistemas en los cuales principalmente se enfocan a estudios de problemas de localización, ya que tienen elementos que disponen de herramientas necesarias para su estudio: uno de ellos son las coordenadas dado que estas estiman distancias y separan lugares.

Por lo que si se complementan a los SIG y a la evaluación multicriterio, estos dos proporcionan mejores localizaciones para los distintos usos de suelos que se requieren en una región.

Cabe mencionar que la utilización de un SIG, en la indagación de una zona o territorio por sus características pueden ser aptos para este tipo de estudios, este trabajo investiga lugares más apropiados para nuevas zonas industriales en el Estado de México.

Aunque los modelos de localización tienen una naturaleza geográfica incuestionable, debido a la formulación matemática de los modelos de localización-asignación, y a los problemas que por lo general tienen los SIG para integrarse con diversas fuentes de información y con otros paquetes de software, se ha realizado un gran esfuerzo para prescindir del uso de herramientas propias de la geocomputación y para tratar los factores espaciales mediante formalizaciones matemáticas, esto es especialmente evidente en las referencias sobre los modelos de localización (Bosque, et.al, 2006).

Los SIG son una herramienta muy importante para la gestión y el análisis con información de factores espaciales. Ya que con otros métodos este tipo de información permite avances sobresalientes en la gestión de problemas geográficos. El SIG demuestra buenos resultados, además de que ofrece cantidad de aplicaciones para cualquier estudio del territorio.

1.3.4.- Componentes de un SIG

Los componentes esenciales en un SIG son los siguientes: una base de datos para almacenar los datos geográficos y sus atributos, un sistema gestor de bases de datos, un sistema de representación cartográfica y un sistema de análisis espacial. Aparte de estos, algunos sistemas de información geográfica, como es el caso de Idrisi, incorporan sistemas de tratamiento de imágenes y de análisis estadístico (Ordoñez, 2003).

1.3.5.-Tipos de SIG

Los mapas son modelos de la realidad que registran de forma simplificada aquellos aspectos que más nos interesan en función del objetivo del mapa y de la escala. Normalmente, se utilizan dos métodos para representar esta realidad, que dan lugar a otros tantos tipos de modelos de datos geográficos: el modelo vectorial y el modelo ráster (Ordoñez, 2003).

En el modelo vectorial de datos se registran únicamente las fronteras de los objetos espaciales, aproximándolas por medio de líneas delimitadas por puntos que se localizan por sus coordenadas en un sistema de referencia. El resultado son mapas en los que aparecen tres objetos cartográficos básicos: puntos, líneas y polígonos (Ordoñez, 2003).

En el modelo ráster, lo que se registra no son las fronteras de los objetos espaciales sino su contenido, quedando sus límites implícitamente representados. Para ello, se divide el dominio geográfico en una malla regular de celdas, normalmente cuadradas, asignando a cada celda un valor numérico que representa el atributo que se está registrando, mientras que la situación geográfica de cualquier punto viene definida por la posición de la celda correspondiente en un sistema de coordenadas cartesianas (Ordoñez, 2003).

1.4.-Antecedentes de la evaluación multicriterio

Aunque la consagración del análisis multicriterio se realiza a partir de los años 70 (la primera reunión científica dedicada íntegramente a la toma de decisiones multicriterio se celebró en 1972, en Carolina del Sur), podemos situar sus antecedentes en el siglo XVIII. Por ejemplo las reflexiones políticas en Francia sobre la acción de los jueces y su traslación a la política (elección social), lleva a personajes como Condorcet a profundizar sobre la toma de decisiones a la luz de varios criterios. Este tipo de ideas y planteamientos, se trasladan a finales del siglo XIX y a principios del siglo XX al estudio del comportamiento de los agentes económicos, basados en las elecciones de consumo o producción siempre maximizar sus funciones de utilidad. La convergencia de corrientes económicas y políticas se consolida tras la segunda guerra mundial dentro de la “nueva economía del bienestar”; es a partir de 1960 cuando la decisión multicriterio se individualiza con su propia terminología y problemática, tal y como es hoy. Afortunadamente los expertos se dan cuenta de que los seres vivos son diferentes a los sistemas mecánicos y, por tanto, no hay optimización de funciones de utilidad, sino compromiso, equilibrio y multiplicidad de puntos de vista, Gómez y Barredo, 2006).

En México la metodología EMC ha tenido una difusión importante cuando se trata de evaluar problemas ambientales y de capacidad de acogida del territorio. En este sentido, su aplicación en el entorno de los sistemas de información Geográfica (SIG) ha tenido mayor aceptación. Dentro de los múltiples trabajos de este tipo es posible mencionar el reportado por Ceballos-Silva y López Blanco (2003), quienes aplicaron las técnicas de evaluación multicriterio en el ambiente SIG para evaluar variables biofísicas y determinar áreas aptas para el cultivo de la avena en la zona central de México. Aceves, et.al. (2006).

La evaluación Multicriterio (EMC), es una herramienta muy utilizada como ayuda para la toma de decisiones espaciales orientadas a la planificación del territorio,

permitiendo optimizar la localización de los usos del suelo, asignando estas zonas que presenten la mayor aptitud y menor impacto posible, es decir, áreas con la mayor capacidad de acogida (Gómez y Barredo,(2006).

1.5 Evaluación Multicriterio

La Evaluación multicriterio, al ser “un conjunto de técnicas orientadas a asistir en los procesos de toma de decisiones” (Barredo Cano, 1996, citado por Valpreda, 2007).

- ✚ Ponderar impactos ambientales provocados por el accionar humano, a partir de la confrontación de las variables naturales y antrópicas.
- ✚ Construir escenarios que permitan disminuir la incertidumbre en relación a la toma de decisiones.
- ✚ Evaluar alternativas.

Por otra parte, las técnicas de Evaluación multicriterio (EMC) son muy utilizadas para formular planteamientos normativos en tareas de planificación; es decir, establecer donde debería desarrollarse una determinada actividad en el territorio, en función de los objetivos y de los criterios establecidos por los planificadores (Gómez y Barredo, 2005). En este caso se utiliza esta técnica con un propósito

Diferente al habitual, ya que, partiendo de los factores que han sido determinantes en el desarrollo de nuevas zonas, se intenta reproducir lo que ha sucedido con el uso del suelo (industrial) y no lo que hubiera sido deseable. Es decir, se emplean estas técnicas en un contexto exploratorio, intentando reproducir una evolución posible y probable, en función de lo ocurrido en el pasado (Aguilera et al., en Antonio y Hernández, 2011).

1.5.1.- Componentes de la EMC en el entorno de los SIG.

Los métodos de la EMC que en ella concierne no están completamente desarrollados en el campo de los SIG, lo que produce lógicamente ciertas diferencias en cuanto a las terminologías empleadas para definir los elementos como Eastman et al. (1993), Barredo (1996) y Malczewski (1999), que asientan las bases conceptuales de estas herramientas en el ámbito de los SIG (Gómez y Barredo, 2006) y en los que se basara el trabajo.

1.5.2.- Objetivos y Alternativas.

La EMC un objetivo se puede entender como una función a desarrollar, aquí el objetivo indica estructuración de la regla de decisión (Eastman et al., 1993) o el tipo de regla a utilizar (Limón, 2013).

Los objetivos son un aspecto básico para el desarrollo de un proyecto con la EMC, estos pueden ser múltiples en determinados problemas de planificación, decisión o localización / asignación de actividades, con lo cual nos podemos planear una evaluación multiobjetivo (Limón, 2013).

En el contexto de la evaluación Multicriterio se entiende por función objetivo a desarrollar aquella que satisfaga una determinadas aspiraciones del centro decisor dentro de criterios previamente establecidos; existen procedimientos con objetivos simples donde existe un único objetivo, lo que facilita la toma de decisiones; sin embargo, existen otras posibilidades factibles de abordar con esta metodología, como pueden ser los multiobjetivos. En el primero de los casos, la combinación de objetivos debe cumplirse al unísono, mientras que en el segundo, los objetivos en conflicto se eliminarían entre sí (Santos, 1997, en: Pineda, 2013).

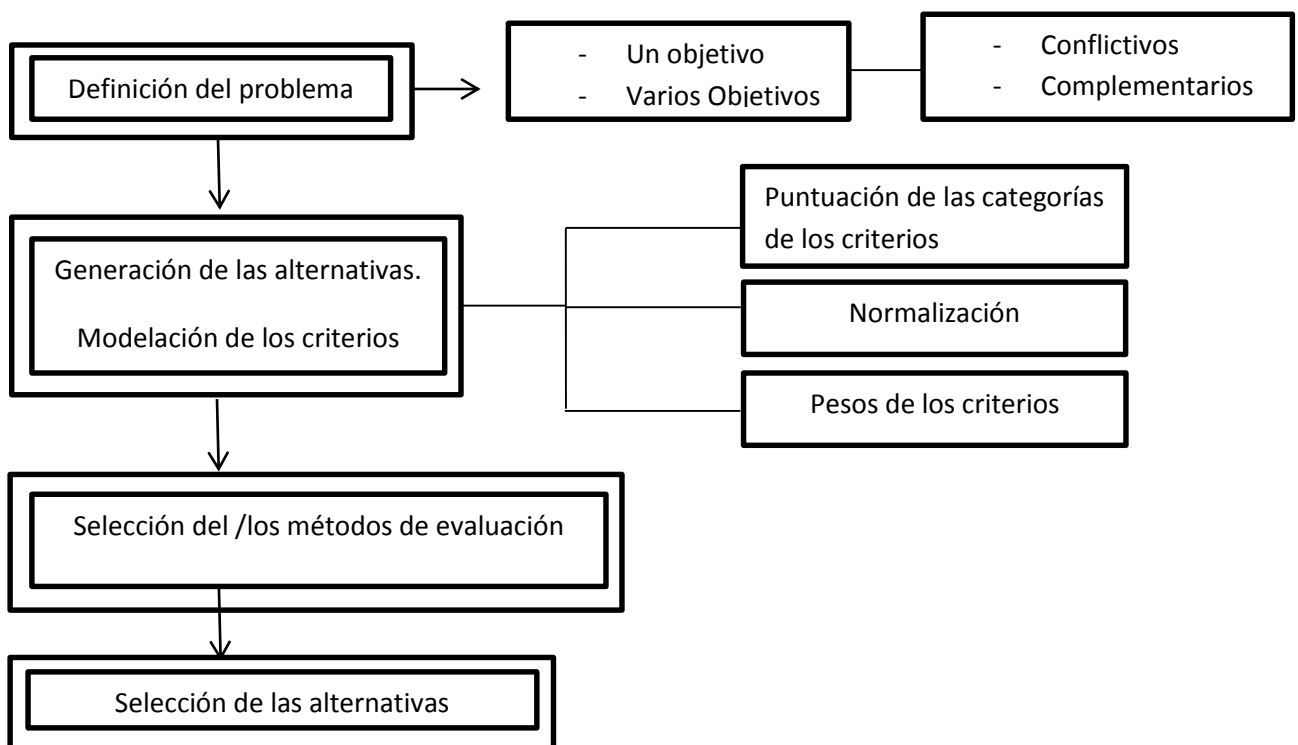
1.6.- Los criterios: Factores y Limitantes.

Los criterios son uno de los aspectos fundamentales para la EMC, “un criterio es cierta base para la toma de una decisión, esta base puede ser medido o evaluada. Es la evidencia sobre la cual se basa una decisión” (Gómez y Barredo, 2006).

Son uno de los aspectos fundamentales en la toma de decisiones, su correcta elección tiene un papel relevante en la evaluación de cada alternativa. Éstos pueden ser de dos tipos: factores condicionantes, entendido como un criterio que realza la capacidad de asentamiento de una alternativa específica para la actividad en consideración, por lo que debe medirse en escala continua; y factores limitantes, que restringen la disponibilidad de algunas alternativas en función de la actividad evaluada con este tipo de criterios, donde se excluyan varias categorías, es decir, se genera una capa binaria (Rodríguez, 2005, en, Pineda, 2013).

Para Voogd (1983) citado por Gómez y Barredo, (2006), los define como un aspecto medible de un juicio, por el cual una dimensión de las alternativas bajo consideraciones puede ser caracterizada.

Esto dependerá del resultado final en cuanto a los procesos de la evaluación, la puntuación que se le asignó a los criterios es el paso principal para el proceso de EMC, porque se demostrara con el éxito o el error que se obtuvo dentro de la evaluación aplicada.



Esquema 1 Fases de proceso de EMC en un entorno SIG. Fuente: adaptado de Gómez Delgado y Barredo Cano (2005).

Además de que aquí también se utilizan dos criterios que pueden ser de dos tipos:

1. Factores
2. Limitantes

Un factor es un criterio que realza o detracta la capacidad de asentamiento de una alternativa específica para la actividad en consideración, este por lo tanto debe ser medido en una escala continua (Eastman, 1993, citado por Gómez y Barredo, 2006).

Las limitantes delimitan la disponibilidad de opciones en función del estudio evaluado, además de que se descartan algunas de las categorías para ser evaluadas, es decir se generan como binarias (0 y 1), por lo que un código que

Representa opciones dispuestas para el estudio, y por otro lado la que no tiene disponibilidad para el estudio.

1.8.- Regla de decisión

Son el paso subsecuente una vez que los criterios han sido generados, y consisten en un procedimiento a través del cual se obtiene una evaluación particular, a partir de un método lógico y / o matemático que permite comparar las alternativas entre sí, con el objetivo de lograr su ordenación de acuerdo con la capacidad mostrada para cumplir el propósito; asimismo, puede proporcionar la manera de comparar las alternativas utilizando un índice. Estas reglas de decisión pueden realizarse por dos tipos de funciones: las de selección y las heurísticas (Rivera, 2001, en, Pineda,

Se presenta a seleccionar las alternativas de las cuales se pueden mostrar cursos de acción, hipótesis, localizaciones u otros elementos. Por consiguiente, la regla de decisión es el procedimiento por el cual se obtiene una evaluación en específico.

“Una regla de decisión puede ser muy simple, cómo, cuándo únicamente se pretende aplicar un umbral en base un criterio simple” (Eastman, 1993, citado por Gómez & Barredo, 2006), cuando solo se quiere cierta parte de información especial.

1.9.- Funciones de selección

Intentan clasificar las alternativas con base en una característica medible, mientras que la de selección heurística persigue obtener una selección de solo algunas alternativas del conjunto global de ellas; una vez que la regla de decisión ha sido estructurada, el proceso de aplicarla sobre las capas – criterio se llama evaluación, que producirá finalmente el modelo de decisión (Pineda, 2013).

1.10.- La evaluación

El objetivo preliminar de la evaluación se puede desprender de objetivos específicos que indican cómo va a proceder la regla de decisión, por lo que, los

criterios están estructurados en medida de la función de los objetivos que se proponen, es decir, que cada objetivo logra ser definido por uno o varios criterios.

Es importante resaltar que después que la regla de decisión ha sido estructurada, el siguiente paso es aplicarlas sobre las capas –criterio esto se le da el nombre de evaluación por lo que con esto se creará el resultado del modelo final.

Esta evaluación se realizará en función de una serie de criterios, que caracterizarán una dimensión de las alternativas consideradas, realizando o detractando la adecuación/capacidad de cada una de ellas (factores) o restringiendo el uso de las determinadas alternativas (partes del territorio) para el objetivo propuesto (limitantes o restricciones). Los factores no tienen por qué incidir de la misma manera en la evaluación de las diferentes alternativas. Así, existen diferentes metodologías para asignar a cada uno de ellos un peso en función de su importancia en el problema planteado, siendo la matriz de comparaciones de Saaty una de las más utilizadas para este fin (Gómez Delgado y Barredo Cano, 2005).

La EMC basa su funcionamiento en la evaluación de alternativas, a partir de la definición de criterios (atributo u objetivo que se considera relevante para un determinado problema). Es importante destacar el rol que juega la asignación de valores de las alternativas, la que según los estudios de línea base realizada por parte de cada uno de los especialistas puede ser evaluada en forma cuantitativa (peso o ponderación (W_j), o en forma cualitativa u ordinal (jerarquía) (Limón, 2013).

1.11.- Organización de las EMC: las matrices.

La EMC se basa fundamentalmente en la evaluación de una serie de alternativas sobre la base de una serie de criterios. Un método de EMC “puede servir para inventariar, clasificar, analizar y ordenar convenientemente (Eastman, 1993, citado

por Gómez& Barredo, 2006), se basa a partir de los criterios que se consideraron pertinentes en cualquier tipo de evaluación. Ya que en cuanto a la organización para poder representar una relación con los criterios y las alternativas, que define la EMC, es la matriz. En una matriz de este tipo la columna principal la deben ocupar los criterios, por lo que la fila principal la deben ocupar las alternativas, dado esto se le da el nombre de matriz de evaluación.

1.12.- Normalización de los criterios

En la evaluación multicriterio como resulta fundamental desprender a una normalización de cada uno de los criterios que se consideraron. Cabe resaltar que en la mayor parte de los contextos las unidades en los que están medidos los criterios son la mayoría de las veces muy diferentes. Por lo que para realizar la normalización de cada uno de los criterios, se utilizó la siguiente formula:

$$\text{Normalización} = \frac{\text{Valor_del_criterio}}{(\text{Valor_mejor}-\text{valor_peor})}$$

1.13.- Ponderación de los criterios a asignar un valor a cada alternativa

Los criterios relevantes en un problema decisorial pueden tener diferente importancia para el centro decisor. Este hecho hace que en muchos problemas decisoriales resulte necesario obtener unos pesos o indicadores de las preferencias relativas del centro decisor por unos criterios con respecto a otros. La forma más sencilla de abordar esta tarea consiste en clasificar los criterios por orden de importancia. Es decir, si tenemos n criterios se asigna el número 1 al criterio que considere más importante, el número 2 al criterio siguiente en importancia hasta asignar el número n al criterio que considera menos importante (Limón, 2013).

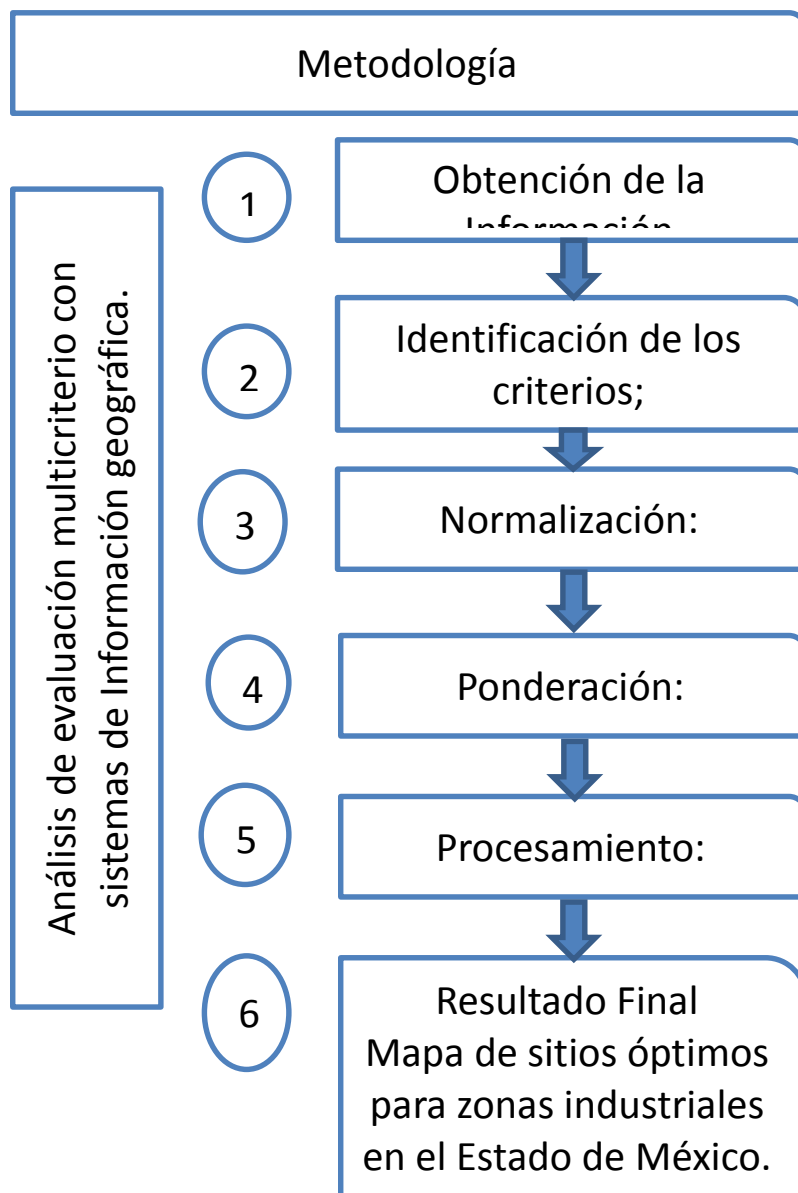
Los pesos compatibles con dicha información pueden obtenerse a partir de esta expresión:

$$W_j = \frac{1/r_j}{\sum_{i=1}^n 1/r_i}$$

Donde r_j es el lugar o posición que ocupa el criterio j -ésimo en la clasificación establecida por el centro decisor.

Capítulo II. Metodología

Para la determinación de zonas óptimas y no óptimas, para zonas industriales en el Estado de México, se llevó a cabo la siguiente metodología, en la cual se realizaron los siguientes pasos; (ver esquema 2).



Esquema 2 Esquema metodológico del trabajo de investigación.

2.1.-Obtención de Información; revisión, recopilación y análisis de la información.

La información que se utilizó para esta investigación está dividida en dos partes, la primera se basó en información documental y la segunda en información cartográfica. Dentro de la documental que consistió en la obtención de toda la información relacionada con el análisis multicriterio, dado que dentro de este estudio es su finalidad de la investigación que se basa en la zona de estudio y sus características geográficas, en este caso el Estado de México.

Mientras que para la parte cartográfica era obtener la información y la adquisición de la zona de estudio, en relación a los diferentes factores que se utilizaron para la investigación, estos datos fueron obtenidos del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), del año 2000. Se obtuvo la siguiente información cartográfica: el Modelo Digital de Elevación (DEM), la edafología, la hidrología (cuerpos de agua), vías de comunicación del Estado de México, también se obtuvo información del uso del suelo y de las áreas naturales protegidas, pendiente y litología.

2.1.1 Área de estudio

La investigación para el Modelo del Análisis Multicriterio será para el Estado de México. Siendo este de gran importancia dentro de factor industrial en todo el país.

2.1.1.1 Localización

El Estado de México se encuentra en el centro sur del país y se extiende por una superficie algo superior a 21 mil km². Su gentilicio es mexiquense, para distinguirse de los ciudadanos del país de México, llamados mexicanos. Fue el primer estado del país, aunque cuando se creó, comprendía los territorios del Distrito Federal, Morelos, Tlaxcala, Hidalgo y parte de Guerrero.

- La entidad mexiquense limita al norte con Querétaro e Hidalgo
- Al sur con Morelos y Guerrero
- Al oeste con Michoacán, al este con Tlaxcala y Puebla, y rodea al Distrito Federal.
- Con sus más de quince millones de habitantes es la entidad mexicana con mayor número de habitantes, de los cuales más de dos tercios se concentran en la Zona Metropolitana del Valle de México.
- La capital del estado es la ciudad de Toluca.



2.1.1.2 Condiciones Geográficas

2.1.1.2.1 Hidrografía

Podemos encontrar en su territorio las principales cuencas de ríos del país, como la del río Lerma que nace en los alrededores de Almoloya del Río y cuyo destino final es el océano Pacífico y el Tula-Moctezuma-Pánuco, alimentado por las corrientes de los ríos Cuautitlán, Salado, Taxhlmay y Rosas a los que se une también el canal artificial que da salida a las aguas negras de la cuenca de México, ambos ríos de una importancia mayúscula para la agricultura y la industria. También presenta corrientes al sur del estado como el río Temascaltepec, el Bejucos y el Tilostoc, este último es el origen del denominado sistema Cutzamala,

que aporta el 25% del agua que se consume en México y su zona metropolitana; estas últimas corrientes son parte de la cuenca del Río Balsas.

También hay lagos como la Laguna de Zumpango, el lago Brockman y el lago Nabor Carrillo; en cuanto a las presas están las de Villa Victoria, Valle de Bravo, Huapango, Taxhimay, Danxhó, Tepetitlán, entre otras.

Sin embargo, la entidad tienen un déficit de agua por sobreexplotación de mantos freáticos y aguas superficiales, por el deterioro de las cuencas alimentadores (deforestación, cambio de uso de suelo y erosión) y por la contaminación a ríos y arroyos por aguas residuales industriales y municipales no tratadas. Lo anterior compromete seriamente las posibilidades de abastecer de agua limpia a una población creciente, afectando también a la importante actividad pesquera del estado, que ocupa el primer lugar nacional en producción pesquera continental, alejando así las posibilidades de un sano desarrollo sustentable. Por lo tanto, es fundamental que la sociedad organizada ejecute acciones concretas de ahorro, reúso de agua y de no contaminación de arroyos evitando el depósito de basura en los cauces.

2.1.1.2.2 Geología

En el Estado se encuentran los tres tipos generales de rocas: ígneas, metamórficas y sedimentarias, así como una amplia cantidad de variantes por su composición química, mineral y escala temporal. De acuerdo con su edad, las rocas más antiguas son las de la era Paleozoica y corresponden a filitas y esquistos (colores azul oscuro y lila en el mapa) ubicados al sur del Estado, en la cuenca del Balsas, en no más del 5% de la superficie estatal. Las rocas

correspondientes a la era Mesozoica son las andesitas metamorfizadas y rocas calizas, con lutitas y areniscas (de color oscuro, verde seco a diferentes tonos de verde hasta verde limón), cuyos representantes se ubican también entremezcladas con las anteriores, en la parte sur del Estado, con un 10% de la superficie territorial. Las rocas de la era Cenozoica son las que ocupan alrededor del 85% de la superficie estatal, subdividida en un 30% para las rocas volcánicas del periodo terciario (color café, amarillo fuerte y naranja en el mapa) y un 55% para las rocas del periodo cuaternario (tonos de color amarillo y amarillo con líneas inclinadas en el mapa). Todos los tipos de roca generan importantes recursos minerales para la explotación minera y materiales de construcción.

2.1.1.2.3 Edafología

Los suelos predominantes se denominan técnicamente Andosoles, esto es, suelos jóvenes derivados de cenizas volcánicas. Se extienden en el 22% del estado; se consideran de baja calidad agrícola o para fines pecuarios. Le siguen los Feozem, que cubren el 21% del territorio estatal y se localizan en las partes intermedias y bajas de montañas (Piedemonte), de buena aptitud de uso ganadero. Los Vertisoles, suelos de zonas planas y los de mayor productividad agrícola ocupan un 14% del territorio estatal, siguiendo con un 11% los Regosoles o suelos poco desarrollados y con pedregosidad, ubicados mayormente en la Cuenca del Balsas. Su rendimiento agrícola es limitado y depende del grado de desarrollo que tenga, así como de su exposición a laderas y pendientes que provocan su erosión. Con un 8% le siguen los Cambisoles o suelos cambiantes con alto contenido de arcilla, que forman grietas en el suelo cuando se secan. Se encuentran los valles, siendo productivos para la agricultura si cuentan con riego. El 24% restante se distribuye en unidades menores de suelo como los Planosoles (7%), Litosoles (5%), Luvisoles (4%) y un 9% para Acrisoles, Histosoles, Fluvisoles, Gleysoles y Solonchak. Buena parte de los suelos, de buen rendimiento agrícola (Vertisoles y Feozem), son los que más rápidamente están pasando de uso de suelo agrícola a

urbano e industrial, con lo que se presiona a los suelos de vocación forestal, provocando así fuerte erosión y pérdida de la biodiversidad. Una estrategia sencilla, para recuperar suelos y mantener su productividad agrícola es construir terrazas agrícolas y aplicar mejoradores orgánicos de suelo, para restituirles sus propiedades físicas, químicas y microbiológicas.

2.1.1.2.4 Uso actual del suelo

En el oriente de la entidad existe viabilidad agrícola, para el cultivo de la calabaza, chile, ejote, frijol, jitomate, sorgo y soya entre otros; en el aspecto pecuario es factible la crianza de bovinos de carne, bovinos de leche, caprinos y ovinos de diferentes razas; por lo que respecta al uso forestal es factible la explotación industrial de recursos maderable y no maderables, así como la explotación forestal para uso doméstico. En el norte de la entidad existe viabilidad agrícola, para el cultivo de aguacate, ajo, berenjena, brócoli, calabacita, cebada, chícharo, durazno, pera, pata de gallo, higo, jitomate y avena entre otros; en el aspecto pecuario es factible criar mediante pastoreo extensivo a ganado caprino, bovino de carne y bovino de leche de diferentes razas; en el aspecto forestal sería posible en algunos casos lograr la explotación forestal industrial, comercial y para uso doméstico. En el área ocupada por la Subprovincia de los Lagos y Volcanes de Anáhuac existe viabilidad agrícola de temporal y riego para el cultivo de ajo, alcachofa, apio, cebada, centeno, garbanzo, ejote y perejil entre otros; por lo que respecta a lo pecuario sería factible criar bovinos, caprinos y ovinos; en cuanto a lo forestal sería posible aprovechar los recursos para explotación industrial, comercial y doméstica. En la porción sur del territorio estatal, Subprovincia de la Depresión del Balsas existe viabilidad agrícola, para el cultivo de sorgo, cebada, avena, soya, camote, chile y sandía entre otros; en el aspecto pecuario es factible la crianza de ovinos, bovinos y caprinos; en cuanto a los recursos forestales, resultaría factible primordialmente la explotación industrial y para consumo doméstico. En la porción del territorio ocupada por la Subprovincia de las Sierras y

Valles Guerrerenses existe viabilidad agrícola para el cultivo de apio, cártamo, ciruelo, garbanzo, girasol, durazno, manzana, chabacano y avena entre otros; resultaría igualmente factible criar ganado de diferentes razas así como

aprovechar los recursos maderables para consumo doméstico y explotación industrial.

2.1.1.2.5.- Orografía

La mayor parte del territorio mexiquense se localiza en la parte central de la meseta de Anáhuac, y comprende los valles de México, Toluca, parte del valle de Puebla y las cadenas montañosas de Sierra Nevada, Monte de las Cruces, Monte Alto y Cumbres Occidentales. Sobre esta misma meseta se localizan importantes elevaciones como el volcán Popocatepetl (que significa en náhuatl "popoca" humear y "tepetl" cerro), el Iztaccíhuatl (que significa en náhuatl "izta" blanca y "cihuatl" mujer), el Nevado de Toluca (cuyo significado en náhuatl es "señor desnudo") y los cerros Tláloc, Telapón y Jocotitlán (todos arriba de los 3.900 metros sobre el nivel medio del mar); La parte sur del territorio mexiquense se localiza dentro de la depresión del Balsas, misma que comparte con los estados de Guerrero, Michoacán, Puebla y Morelos.



Figura 1 Panorama d e los municipios del Estado de México.

2.1.1.2.6.- División política

El estado está dividido en 125 municipios, agrupados en 16 regiones (I. Amecameca, II. Atlacomulco, III. Chimalhuacán, IV. Cuautitlán Izcalli, V. Ecatepec, VI. Ixtapan de la Sal, VII. Lerma, VIII. Naucalpan, IX. Nezahualcóyotl, X. Tejupilco, XI. Texcoco, XII. Tlalnepantla, XIII. Toluca, XIV. Tultitlán, XV. Valle de Bravo, XVI. Zumpango). Algunos de los municipios más importantes son: Atizapán de Zaragoza, Atlacomulco, Coacalco de Berriozábal, Cuautitlán Izcalli, Ecatepec de Morelos, Huehuetoca, Huixquilucan, Ixtlahuaca, Melchor Ocampo, Metepec, Naucalpan de Juárez, Nezahualcóyotl, Nicolás Romero, Tepetzotlán, Texcoco, Tlalnepantla de Baz, Toluca de Lerdo y Zumpango de Ocampo,

El municipio de mayor extensión es Luvianos con 703.00 km cuadrados, y el más pequeño es Papalotla con solo 3.53 km cuadrados.

Las diez ciudades más importantes del estado son: Coacalco de Berriozábal, Ciudad Nezahualcóyotl, Naucalpan de Juárez, Tlalnepantla de Baz, Chimalhuacán, Cuautitlán Izcalli, Ecatepec de Morelos, Atizapán de Zaragoza y Texcoco (todas éstas pertenecientes a la llamada Zona Metropolitana de la Ciudad de México o ZMCM) y Toluca (la capital del estado).

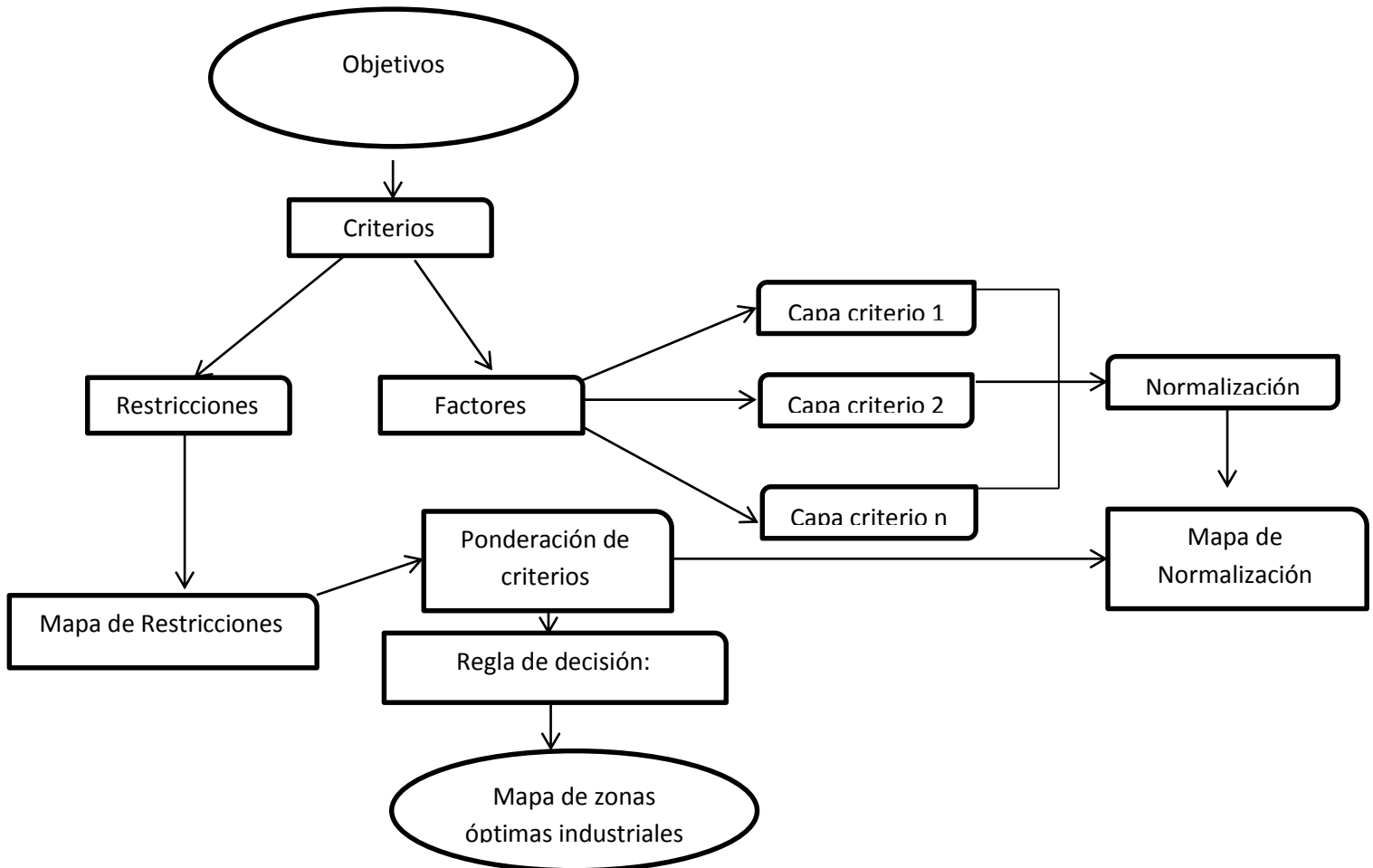
En el año 2007 se crea un programa denominado "Ciudades Bicentenario" para dar impulso a 6 municipios y detonar su desarrollo, para crear industria, vivienda y mejorar la infraestructura y así evitar que continúen siendo ciudades dormitorio, los municipios designados son: Almoloya de Juárez, Atlacomulco, Jilotepec, Huehuetoca, Tecámac y Zumpango.

Las actividades económicas más importantes del estado son la industria automotriz y textil. También se obtienen rentas considerables en materia de turismo. Antiguamente la actividad más relevante era la agricultura pero, debido al crecimiento de la ciudad de México y a la gran cantidad de población urbana, esta actividad ha sido desplazada por el sector manufacturero. La pesca, en cambio, es una actividad con poco peso, pues el estado no tiene costas.

La capital del estado es la ciudad de Toluca de Lerdo, sede de los poderes de la entidad.

2.2 Aplicación del análisis multicriterio

El método de análisis multicriterio, se desarrolló para poder identificar zonas aptas y no aptas para la industria en el Estado de México. El software SIG utilizado fue IDRISI, de acuerdo a que este permite hacer el procesamiento del análisis multicriterio, en cada una de las etapas. Ver (esquema 3).



Esquema 3 Etapas del análisis multicriterio.

2.2.1 Manejo de la información cartográfica

Como primer paso o para realizar los procedimientos requeridos en este análisis fue estandarizar toda la información con la que se iba a trabajar en el modelo. La estandarización consistió en tener toda la información cartográfica con ciertas características, por cada una de las capas que se obtuvieron y que se proponen para el modelo.

Los programas que se utilizaron son: ArcGIS 10 específicamente ArcMap 10 e IDRISI principalmente para poder realizar el modelo y obtener el mapa de las zonas óptimas y las que no son óptimas para la industria en el Estado de México.

2.2.2 Identificación de Factores y Restricciones

Los factores (criterios) y las restricciones estas dos están representados por unidades espaciales, ya que cada una de ellas representa un sitio individual y tienen características específicas, permitiendo a que se obtengan alternativas de selección.

2.2.3 Factores

Los factores que se aplicaron en esta investigación son los siguientes:

Tabla 1 Mención de criterios.

Criterios	
Factores Físicos	Pendiente
	Tipo de suelo
	Litología
Factores Ambientales	Uso de Suelo
	Hidrología
Factores de accesibilidad	Accesibilidad vial

Se muestran tres tipos de factores y en cada uno de ellos resaltan criterios diferentes que se tomaron en cuenta. El primer factor que se muestra aquí es el físico, que se manifiesta principalmente a las condiciones Físico- naturales de la zona de estudio dentro de los cuales se determinan las zonas optimas y no óptimas para zonas industriales, en este factor se tomaron tres criterios los cuales son:

Pendiente: se utilizó este criterio para definir, que las zonas industriales estén ubicadas en sitios topográficamente comunes, con la finalidad de no perjudicar las áreas protegidas o el deterioro del ambiente.

Tipo de suelo: los suelos tienen diferentes características, por lo que para este tipo de zonas no todos los suelos tienen la aptitud para la edificación ya que algunos de estos suelos son altamente fértiles.

Litología o Geología: este factor es uno de los más importantes, por lo que no en todos los espacios se pueden crear construcciones dado por las condiciones del subsuelo, ya que dadas las circunstancias no son aptos para resistir una construcción de este tipo y esto podría ocasionar un riesgo para la población.

En los factores ambientales que tienen incidencia medioambiental susceptibles a estudio del conocimiento para su estado o ya sea para su situación actual, donde se mencionan los siguientes:

Uso de suelo: se hizo una clasificación del uso del suelo para que se determinaran cuáles son los usos en donde se notar el cambio de su aptitud para ubicar nuevas zonas urbanizables.

Hidrología: fundamentalmente la lejanía que se tiene con los cuerpos de agua y de las redes hidrológicas, para que no haya deterioro al ambiente.

En los factores de accesibilidad, en estos principalmente destaca la lejanía o cercanía en donde se pueden encontrar los diferentes tipos de servicios de las nuevas zonas industriales. Dado que para esta investigación solo se tomó una la cual es:

Accesibilidad vial (vías): en este criterio lo que se observa es la lejanía o cercanía de las vías principales para las zonas industriales ya que principalmente se hace seto para obtener una accesibilidad rápida hacia las nuevas zonas industriales.

2.2.4 Restricciones

Las restricciones o limitantes son las que van a determinar áreas en donde no se deben establecer o dado el caso planear las nuevas zonas industriales, ya sea por protección de forme legal o quizá por algún factor de forma natural o artificial lo que puede impedir que este lugar pueda ser industrial, entre ellos encontramos los siguientes:

Tabla 2 Declaración de restricciones.

Restricciones	
Áreas de Protección	Nacional “Parque Nacional Nevado de Toluca”
Superficies artificiales y naturales existentes	Cuerpos de agua
	Vías de comunicación

En el Estado de México se encuentra un área de protección a nivel Nacional el cual es el “Parque Nacional Nevado de Toluca”, el cual tiene una altitud de 4600 metros sobre el nivel medio del mar, por lo esta es una de las áreas en donde no se podrá realizar un o proponer ningún tipo de zona industrial de consideración.

El resultado final del modelo siempre dependerá de los criterios que fueren seleccionados para este estudio así como la calidad de los mismos, la elección se fundamentó en el objetivo de esta investigación, tomando en cuenta las características geográficas del Estado de México.

2.3.- Normalización de Factores y restricciones

2.3.1 Normalización de los factores

Los factores seleccionados para esta investigación, se exportaron y se convirtieron a formato ráster, para después ser procesados en el software SIG- IDRISI. Estos factores se normalizaron a una escala byte (que va de 0a 255), por lo que para obtener este resultado se usó la herramienta Fuzzy de este software. Dado que este procedimiento facilito la evaluación para cada uno de los factores.

En lo siguiente se describe, como fue la normalización para cada uno de los factores que se utilizaron para realizar el modelo, así como la aplicación de la Evaluación Multicriterio (EMC).

A) Pendiente:

La pendiente se obtuvo a partir de una herramienta de superficie, en donde se utilizó el modelo digital del terreno, para posteriormente clasificarse de la siguiente manera: de 0° a 5° como pendientes más óptimas para zonas industriales, de 10 a 15° para las pendientes medias y más de 15° y son no aptas.

NORMALIZACION DE PENDIENTE

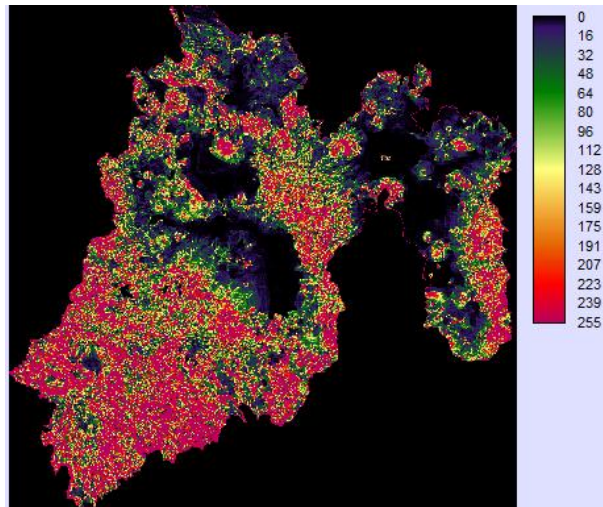


Figura 2 Normalización del Factor Pendiente

A) Tipo de suelo:

El tipo de suelo (edafología), es importante para determinar la aptitud del suelo en la que se basó la investigación de acuerdo a consultas sobre documentación en sitios web, ya que para este tipo de construcciones e hace mención de suelos como:

Suelo	Aptitud
Feozem	Optimo
Luvisol	Optimo
Andosol	Optimo
Verstisol	Media
Litosol	No apto

Tabla 3 Tabla de uso de suelo para ubicar zonas industriales.

NORMALIZACION DE EDAFOLOGIA

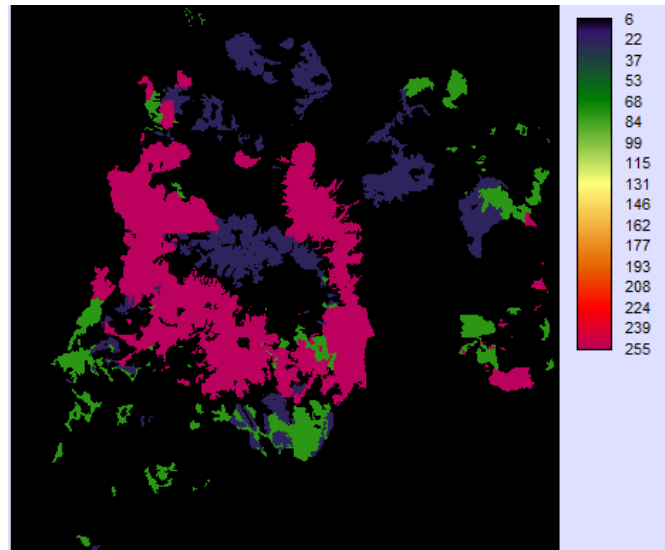


Figura 3 Normalización del Factor tipo de suelo.

B) Litología o geología:

La geología del Estado de México, es un factor importante para ubicar un cierto tipo de actividad del estado por lo que se opta por ver sus diferentes condiciones y unas de ellas son las condiciones litológicas, ya que aquí se depende de la dureza, para poder realizar un tipo de construcción como esta.

NORMALIZACION DE GEOLOGIA

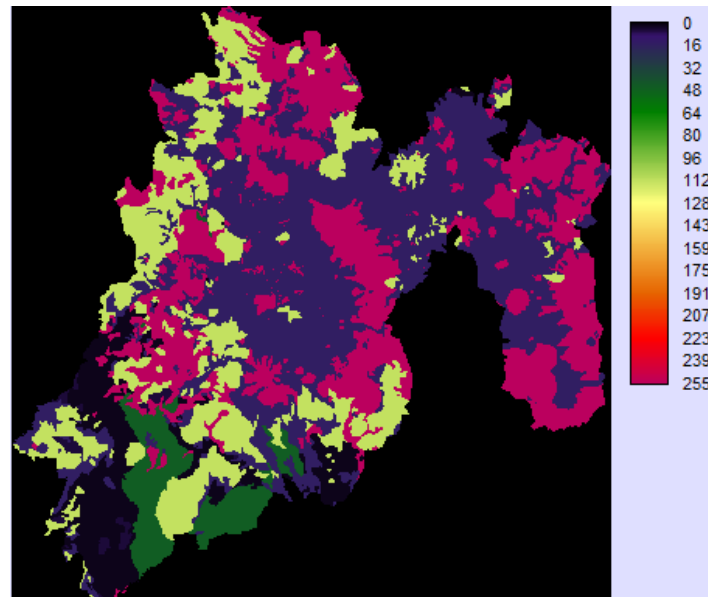


Figura 4 Figura Normalización del Factor geología.

C) Cobertura Urbana:

Este factor se eligió para observar las modificaciones de las zonas urbanas y trabajos de prospectiva territorial, además de que se ve las condiciones en las que influye la cobertura urbana en cuanto a la implementación de nuevas zonas industriales, para ver si hay acceso a este tipo de implementaciones y hacia donde se van a ubicar.

NORMALIZACION DE COBERTURA URBANA

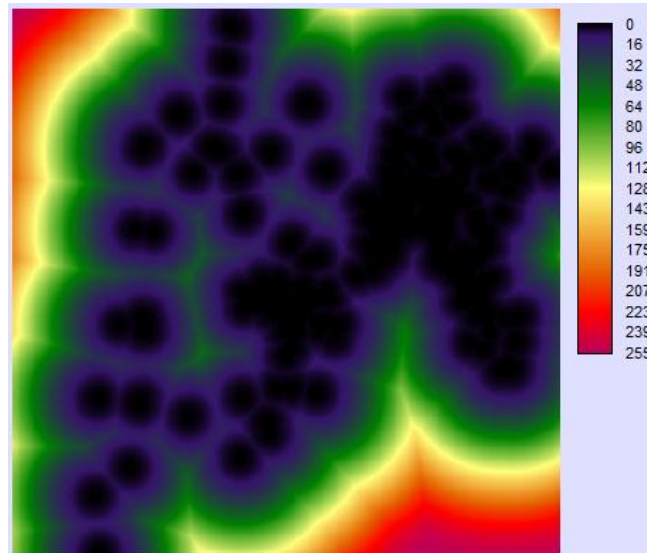


Figura 5 Normalización del factor Cobertura Urbana.

D) HIDROLOGIA:

Este factor se plantea para disminuir un impacto sobre los cauces de los ríos, por lo que también es necesario evitar los riesgos por los desechos de las industrias hacia sus cauces, lo que ahí se tomó como factor principal fue la distancia que hay de los cuerpos de agua hacia las zonas industriales.

NORMALIZACION DE CUERPOS DE AGUA

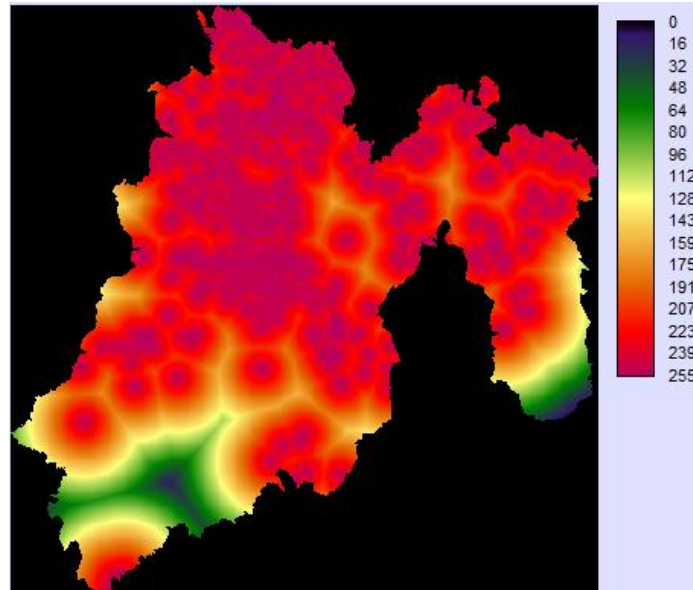


Figura 6 Normalización del factor Cuerpos de Agua.

E) Accesibilidad Vial:

En este factor se muestra la cercanía que tienen las vías de comunicación ya que es muy importante para las nuevas zonas industriales, por lo que de esto depende la accesibilidad rápida y con menor costo.

NORMALIZACION DE ACCESIBILIDAD VIAL

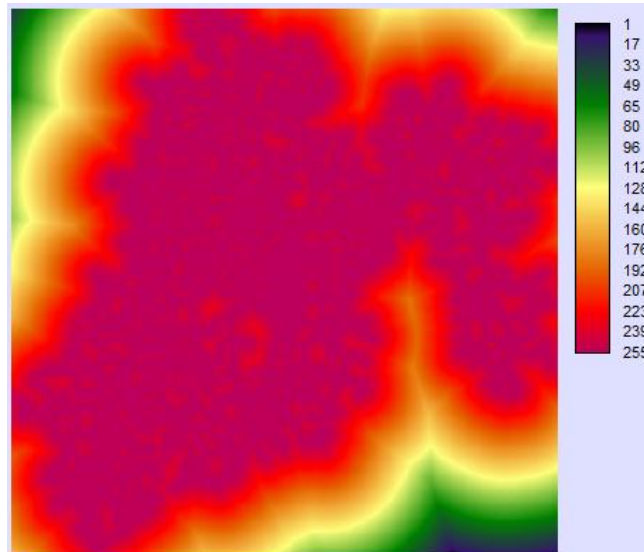


Figura 7 Normalización del factor accesibilidad Vial.

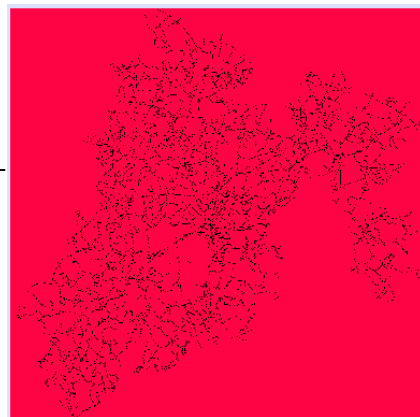
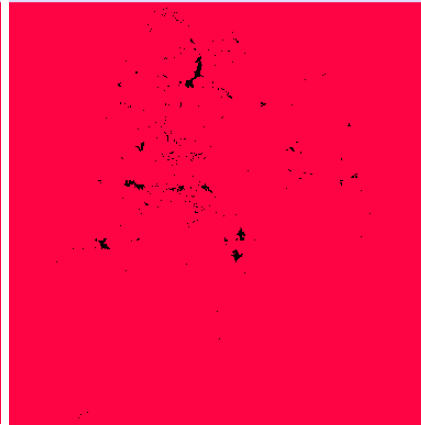
2.4.- Restricciones

Las restricciones se realizaron por medio de una numeración binaria, es decir valores de 0 y 1. Donde el valor 1 indica lugares que son aptos para nuevas zonas industriales, por lo que el valor 0 indica todos aquellos lugares que no son aptos o que simplemente no deben ser considerados. Las restricciones que se utilizaron son las siguientes: Áreas Protegidas, vías de comunicación, cuerpos de agua.

Áreas Protegidas



Cuerpos de Agua



Vías de comunicación



Mascara del estado de México.

2.5.- Ponderación o asignación de pesos de los factores

Consiste en clasificar cada uno de los criterios para la evaluación multicriterio ya que en este caso se le asigna un orden de importancia a cada uno de ellos. Por lo que si tenemos n criterios al que se le considere el más importante se le da el valor a de 1 por que es el más importante, el número 2 se le asignara al criterio que sigue de acuerdo a la importancia has que sea asignado en número n para el criterio que sea considerado menos importante. Para el modelo se asignaron 6 criterios, dado que el más importante son las vías de comunicación y el que fue el menos importante, es la distancia a la cobertura urbana (ver tabla 4).

Tabla 4 Importancia de los criterios.

No de Importancia del criterio	
1	Vías de Comunicación
2	Edafología
3	Litología
4	Distancia a cuerpos de agua
5	Distancia a Cobertura Urbana
6	Pendiente

Es frecuente en estudios del territorio la necesidad de establecer jerarquías y pesos (w_j) a los factores que finalmente van a ser considerados en la regla de decisión. Podemos definir el objetivo de la ponderación como: “llegar a expresar,

en términos cuantitativos, la importancia de los distintos elementos para acoger o ser afectados por una determinada actuación” (CEOTOMA, 1991, citado por Gómez y Barredo, 2006). Si bien es frecuente la asignación de pesos a los factores de territorio, la especificación de los mismos es un aspecto en el que no existe un método generalmente aceptado para su determinación (Voog, 1983, citado por Gómez y Barredo, 2006), pudiéndose considerar que esto, puede causar en la asignación de los pesos (Limón, 2013). A partir de esto se atribuyeron los valores numéricos a las preferencias señaladas, obteniendo así una síntesis están mediante una regla de decisión de juicios de valor, lo que permitió adaptarlas a la misma escala cuantitativa posibilitando luego su combinación mediante una regla de decisión (Pineda, 2013).

Para asignar a los criterios un peso relativo según la importancia que cada uno de estos tiene es fundamental tener en cuenta el objetivo que se planteó para este estudio. Los pesos de cada uno de los criterios al realizar la sumatoria el resultado debe de ser (1), pero dado a que el software no permite enteros el valor será tonado para cada uno de los criterios como valores decimales. Existen formas para generar la ponderación, como las siguientes:

- Pesos iguales
- Pesos definidos por el usuario
- Proceso analítico jerárquico, que implica el uso del modelo WEIGHT (IDRISI), el cual realiza la comparación por pares de una manera automatizada.

Mientras que para el modelo se tomó la tercera opción, por medio de la realización en comparación por pares.

2.6.- Método de Comparación de Saaty.

El procedimiento parte de una base en que cada variable o factor temático a ponderar se estructura en una matriz cuadrada de filas y columnas, estableciendo una comparación por pares de factores para confrontar la importancia de cada uno sobre los demás (a_{ij}). El fundamento descansa en el hecho de asignar valores numéricos a juicios de valor dados por los especialistas, para medir como contribuye cada elemento de la jerarquía al nivel inmediatamente superior del cual se desprende. Para estas comparaciones se optó por una escala de razón en términos de preferencia, importancia o probabilidad, sobre la base de una escala numérica propuesta por el mismo Saaty, que va desde 1 /9 como valor mínimo hasta 9 como máximo (Gómez y Barredo, 2005, en, Pineda, 2013).

1/9	1/7	1/5	1/3	1	3	5	7	9
extremely	very strongly	strongly	moderately	equally	moderately	strongly	very strongly	extremely
Less Important				More Important				

Figura 8 Escala del valor de Saaty.

Se concentraron seis factores para la ubicación de zonas optimas, para un uso de tipo industrial, de acuerdo a la bibliografía y el criterio de expertos en la materia, consideran que las accesibilidad hacia las vías de comunicación deben de ser de preferencia para las nuevas zonas industriales, teniendo en cuenta que el uso del suelo también es muy importante, ya que en ocasiones ocurren cambios inesperados que en muchas ocasiones no son los mejores para el uso que se les da. Ya que también se debe de pensar en cuestiones como lo son el costo del suelo, para la construcción, por lo que un aspecto importante es que este tipo de zonas deben ser ubicadas por lo regular en pendientes bajas. Por consiguiente se debe de pensar en los riesgos que estas zonas traen como consecuencia, se

debe disminuir para que el daño no sea tan afectable, por lo que se establece una distancia considerable hacia los cuerpos de agua.

Tabla 5 Valores de Ponderación de los factores de condición.

Factores	1	2	3	4	5	6	Pesos
Vías	1						0.4791
Edafología	1/3	1					0.2048
Litología	1/5	1/2	1				0.1102
MDT	1/5	1/2	1	1			0.1102
Cuerpos de Agua	1/7	1/4	1/2	1/2	1		0.0637
Cobertura Urbana	1/9	1/6	1/4	1/4	1/3	1	0.0320
							1

Fuente: Elaboracion Propia.

Figura 9 Modulo para la definicion de pesos.

	Vias_dist_fuzzy	Edafologia_RE	Litologia_RE_N	MDT_pend_fuz	Cuerpos_de_ag	Cobertura_2000
Vias_dist_fuzzy	1					
Edafologia_RE	1/3	1				
Litologia_RE_N	1/5	1/2	1			
MDT_pend_fuz	1/5	1/2	1	1		
Cuerpos_de_ag	1/7	1/4	1/2	1/2	1	
Cobertura_2000	1/9	1/6	1/4	1/4	1/3	1

Fuente: Elaboracion Propia.

2.7.- Procesamiento de los factores y restricciones

Posteriormente al ser normalizados tanto los factores como las restricciones, así como de la asignación de los pesos para cada uno de estos factores, después se hizo el proceso para los factores y las restricciones en el módulo de IDRISI, para la evaluación multicriterio (EMC), mostrando el método de sumatoria lineal ponderada, en el cual se introducen las restricciones que en este caso son las limitantes, además de los seis factores que se utilizaron para la realización del modelo, así como la obtención de sus pesos para cada uno de los factores, dado que con esto se obtiene el resultado final y así demostrar que cumplió con el principal objetivo de este estudio.

2.8.- Método de EMC; Sumatoria Lineal Ponderada.

El siguiente paso, ya con las variables de factibilidad y restricciones definidas, fue llevar a cabo la Evaluación Multicriterio con el módulo MCE de IDRISI (ver figura 10), en el que fueron combinados los factores de condición y restricción, por un método estadístico en el que se maneja la regla compensatoria lineal ponderada, lo que consistió en valorar las zonas óptimas para el caso del Estado de México.

Sumatoria o combinación lineal ponderada (Weighted Linear Combination “WLC”): se trata de uno de los métodos más empleados en este tipo de evaluaciones por ser sencillo, intuitivo y fácil de implementar. La obtención del nivel de adecuación de cada alternativa se halla sumado el resultado de multiplicar el valor de cada criterio por su peso (Gómez, 2006, en Limón, 2013).

2.9.- Proceso Modulo MCE (IDRISI)

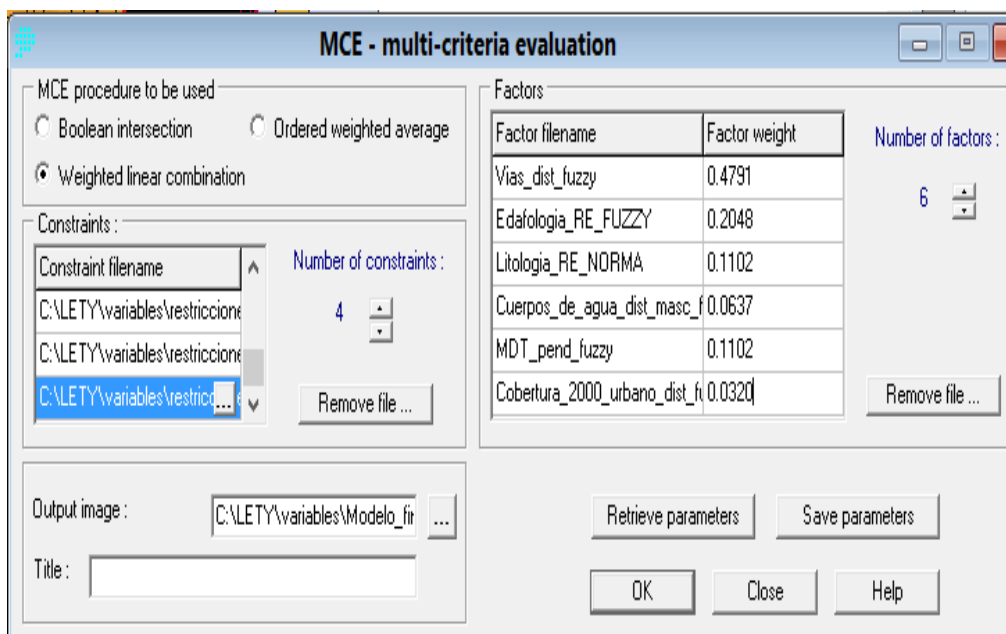


Figura 10 Modulo de MCE.

Después que el modulo ha sido ejecutado, se obtuvieron las sitios óptimos para zonas industriales en el Estado de México, que de acuerdo a su clasificación por medio del nivel de aptitud se clasifico en cuatro categorías, alta, media, baja, no apto.

Capítulo III. Resultados

El resultado que se obtuvo, con todos los procesos para el modelo de evaluación multicriterio se determinaron cuatro clases de dependiendo a la aptitud para las zonas industriales, estas fueron las siguientes: alta, media, baja y no apta.

Las zonas más aptas e encuentran en la parte este y sureste, con relación al Estado de México, siendo estas las zonas en donde debieran ubicarse las zonas industriales ya que como se observa son los sitios más aptos en el estado.

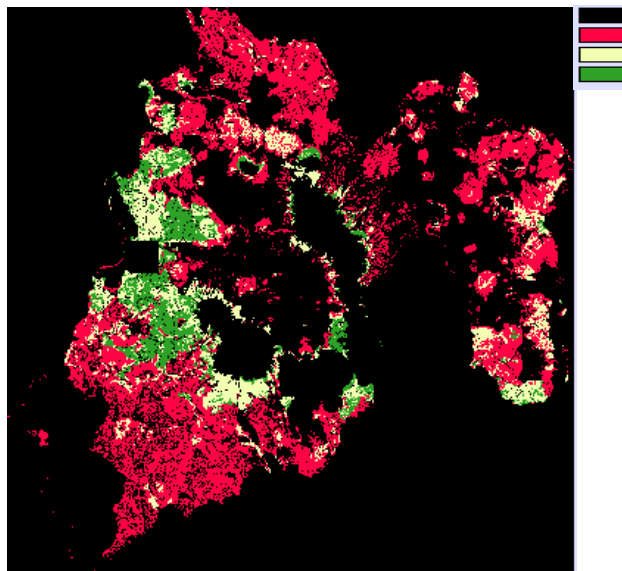


Figura 11 Resultado obtenido del modulo EMC (idrisi) .

En la barra que esta a lado derecho de la figura, el color verde representa la aptitud mas alta, el color amarillo muestra los sitios con aptitud media, el recuadro en color rojo muestra los sitios con aptitud baja para zonas industriales.

Gran parte del estado de México, no tiene las condiciones óptimas para las zonas industriales, quizá esto influyó por el tipo de restricciones que se asignaron, además de que existen también áreas naturales protegidas en parte del estado.

Las cuatro categorías se obtuvieron por medio del histograma y de la información que resultó de la imagen final (figura 12), siendo las partes bajas ocupando la mayoría de los rangos utilizados en las categorías.

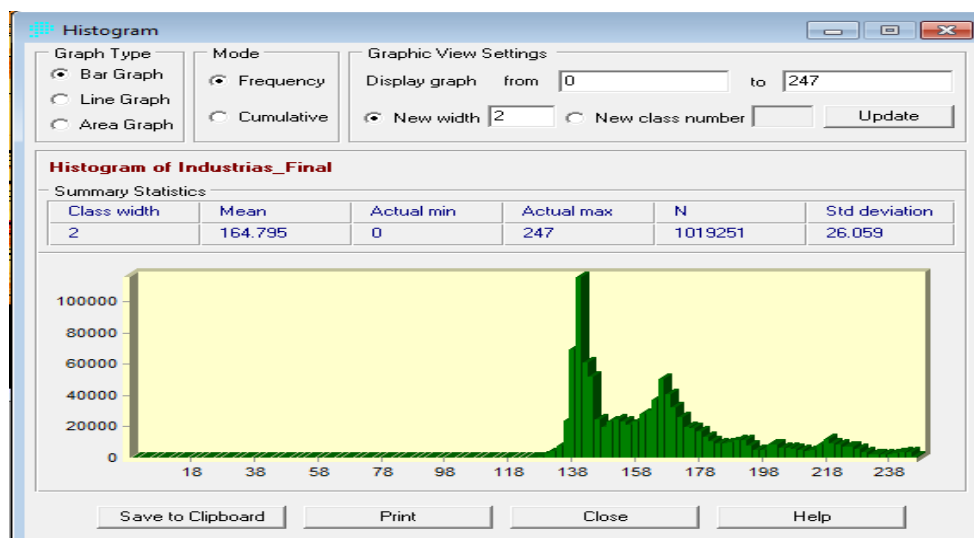


Figura 12 Histograma; para determinar los rangos de aptitud.

Se definieron cuatro categorías, de acuerdo a la aptitud para saber si son o no aptas para las zonas industriales y fueron las siguientes:

1. No Apta
2. Aptitud Bajo
3. Aptitud Media
4. Aptitud Alta u óptima.

Las zonas más óptimas para ser industriales son; la parte este y sureste, con respecto al Estado de México, la primera de ellas corresponde a los municipios de

“Determinación de zonas óptimas para suelo industrial, utilizando Evaluación Multicriterio, en el Estado de México”

ECATSIG 18^a

Valle de bravo, Ixtapan del Oro, Amanalco por mencionar algunos y la segunda que es la parte del sureste corresponde a los municipios de Ixtlahuaca, San Felipe del Progreso, San Jose del Rincon, también por mencionar algunos en donde se presenta mayor aptitud.

Tabla de aptitud por hectareas en los municipios del Estado de México.

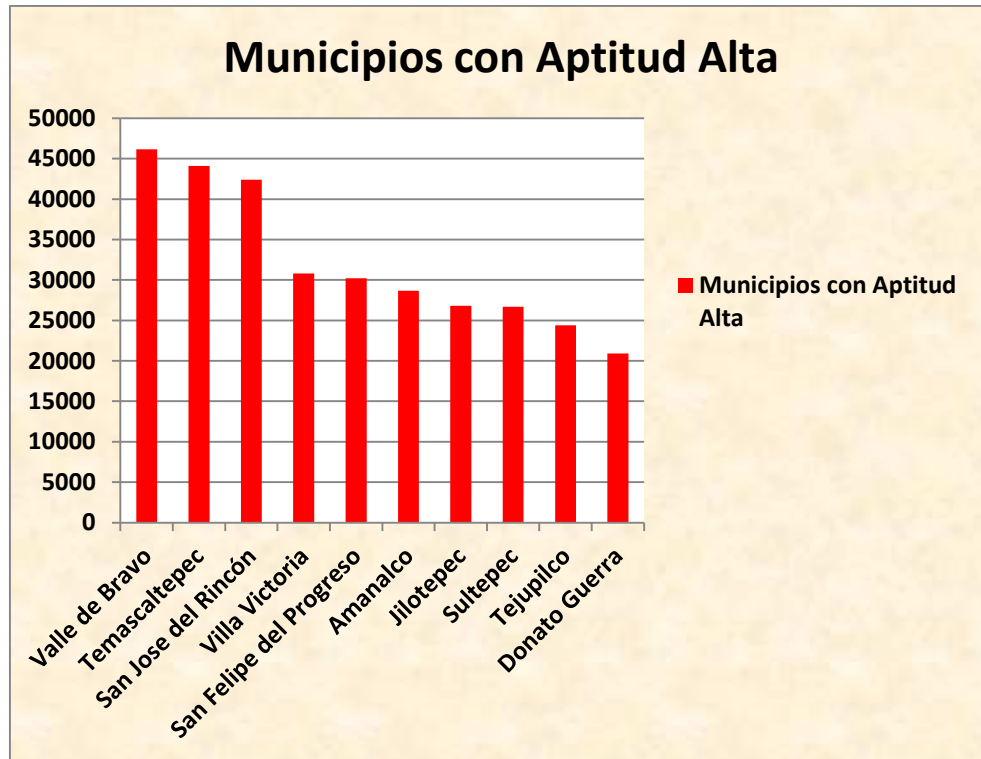
Municipio	Clave del Municipio	Aptitud (hectáreas).		
		Aptitud Alta	Aptitud Media	Aptitud Baja
Acambay de Ruiz Castañeda	1	16817	72136	39631
Aculco	2	10094	68914	38939
Almoloya de Alquisiras	3	9794	66269	32044
Almoloya de Juárez	4	9553	48114	25150
Almoloya de Río	5	9341	47184	19602
Amanalco	6	8650	44814	18441
Amatepec	7	6795	41877	18180
Atizapán	8	6670	41681	17864
Atzacmulco	9	5358	41388	17547
Calimaya	10	2997	38147	16927
Capulhuac	11	2931	32672	12650
Coatepec de Harinas	12	2798	31769	12145
Chapa de Mota	13	2227	31464	11778
Chapultepec	14	2086	30041	11152
Donato Guerra	15	1953	28297	11014
Isidro Fabela	16	1688	27106	10866
Ixtapan de la Sal	17	1664	26806	10038
Ixtapan del Oro	18	1305	26056	9558
Ixtlahuaca	19	1209	23961	9091
Xalatlaco	20	1208	20922	8775
Jilotepec	21	930	20638	8692
Jilotzingo	22	869	19875	8639
Jiquipilco	23	809	19733	8627
Jocotitlán	24	642	19673	8342
Joquicingo	25	631	18866	8267
Lerma	26	630	18431	8067
Malinalco	27	591	17666	7956
Metepec	28	567	17592	7558
Mexicaltzingo	29	550	17556	7364
Morelos	30	536	17066	7273
Nicolás Romero	31	450	15741	7255
Ocoyoacac	32	425	15398	7189
Ocuilán	33	408	15308	7114
El Oro	34	383	14923	6453
Otzoloapan	35	377	14459	6311
Otzolotepec	36	370	14203	5975
Polotitlán	37	355	13128	5856
Rayón	38	350	12422	5641
San Antonio la Isla	39	306	11830	5558
San Felipe del Progreso	40	302	11575	5284
San Mateo Atenco	41	239	11025	4944
San Simón de Guerrero	42	231	11016	4884
Santo Tomás	43	220	10752	4563
Soyaniquilpan de Juárez	44	175	10723	4384
Sultepec	45	148	10719	4192
Tejupilco	46	134	10641	4064
Temascalcingo	47	120	9722	3706
Temascaltepec	48	120	9192	3541
Temoaya	49	102	9120	3464
Tenancingo	50	95	8963	3352
Tenango del valle	51	88	8739	3292
Tepotzotlán	52	63	8514	3236
Texcaltitlán	53	61	8358	3203
Texcalyacac	54	58	7973	3184
Tiangustenco	55	45	7159	3106
Timilpan	56	39	7136	3038
Tlatlaya	57	38	7116	2967
Toluca	58	28	6798	2914
Tonatico	59	23	6638	2905
Valle de Bravo	60	9	6461	2852
Villa de Allende	61	8	6419	2847
Villa del Carbón	62	3	6223	2725

“Determinación de zonas óptimas para suelo industrial, utilizando Evaluación Multicriterio, en el Estado de México”

Villa Guerrero	63	3	6019	2645
Villa Victoria	64	0	5708	2611
Xonactlán	65	0	5280	2608
Zacazonapan	66	0	5264	2572
Zacualpan	67	0	5169	2559
Zinacantan	68	0	5031	2311
Zumpahuacán	69	0	4869	2152
Luvianos	70	0	4858	1914
San José del Rincón	71	0	4820	1889
Acolman	72	0	4784	1788
Amecameca	73	0	4708	1703
Apaxco	74	0	4114	1631
Atenco	75	0	3884	1617
Atizapan de Zaragoza	76	0	3792	1523
Atlatla	77	0	3711	1498
Axapusco	78	0	3584	1419
Ayapango	79	0	3567	1402
Coacalco de Berriozabal	80	0	3483	1263
Cocotitlán	81	0	3428	1119
Coyotepec	82	0	3119	1094
Cuautitlán	83	0	3058	1064
Chalco	84	0	2938	1008
Chiautla	85	0	2905	988
Chicoloapan	86	0	2891	827
Chinconcuc	87	0	2597	798
Chimalhuacán	88	0	2208	783
Ecatepec de Morelos	89	0	1705	777
Ecatzingo	90	0	1594	769
Huehuetoca	91	0	1566	767
Hueyoxtlá	92	0	1527	734
Huixquilucan	93	0	1447	609
Ixtapaluca	94	0	1378	600
Jaltenco	95	0	1213	541
Juchitepec	96	0	1100	531
Melchor Ocampo	97	0	1097	442
Naucalpan de Juárez	98	0	991	425
Nezahualcóyotl	99	0	875	417
Nextlalpan	100	0	867	397
Nopaltepec	101	0	839	278
Otumba	102	0	827	267
Ozumba	103	0	822	245
Papalotla	104	0	816	231
La Paz	105	0	767	200
San Martín de las Pirámides	106	0	630	181
Tecámac	107	0	584	172
Temamatla	108	0	442	163
Temascalapa	109	0	417	155
Tenango del Aire	110	0	286	123
Teoloyucan	111	0	231	109
Teotihuacán	112	0	200	67
Tepetlaoxtoc	113	0	188	64
Tepetlaxpa	114	0	155	56
Tequixquiac	115	0	148	41
Texcoco	116	0	138	31
Tezoyuca	117	0	123	30
Tlalmanalco	118	0	67	27
Tlanepantla de Baz	119	0	41	11
Tultepec	120	0	31	8
Zumpango	121	0	30	0
Cuautitlán Izcalli	122	0	0	0
Valle de Chalco Solidaridad	123	0	0	0
Tonátlita	124	0	0	0
Tultitlán	125	0	0	0

Tabla 6 Aptitud por hectáreas de los municipios del Estado de México.

Se determinó la aptitud por hectárea de acuerdo al proceso del extrac en el software de Idrisi para cada uno de los municipios del estado dentro de las cuales se encuentran la aptitud alta, media y baja estas tres se emplearon para los 125 municipios, como se observa en los resultados de la tabla. De la cual se elaboraron tres gráficos en donde se representan las tres aptitudes clasificadas para estos municipios.



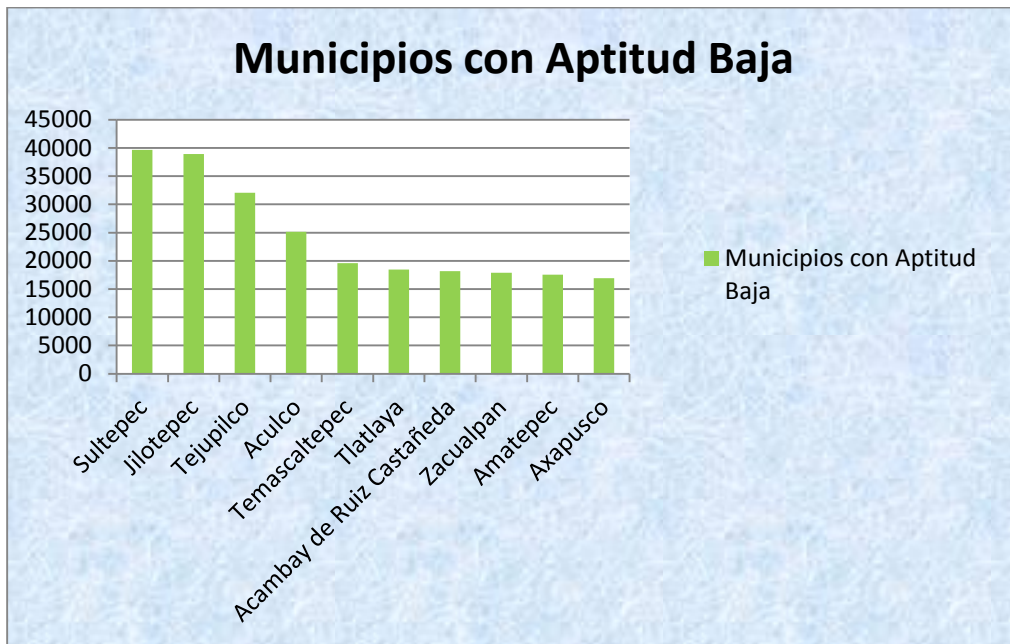
Gráfica 1 Municipios con aptitud alta para zonas industriales.

En esta gráfica se muestran a los diez primeros municipios con una aptitud alta por hectáreas para la localización de sitios óptimos en el estado de México, los cuales son destacados; Valle de Bravo, Temascaltepec, San Jose del Rincón, Villa Victoria, San Felipe del Progreso, Amanalco, Jilotepec, Sultepec, Tejupilco y Donato Guerra ya que son los que tienen mayor aptitud de los 125 municipios. Cabe destacar que el municipio que tiene la mayor aptitud para los sitios óptimos de zonas industriales es el municipio de Valle de Bravo con una superficie en hectáreas de 46167.



Gráfica 2 Municipios con aptitud media para zonas industriales.

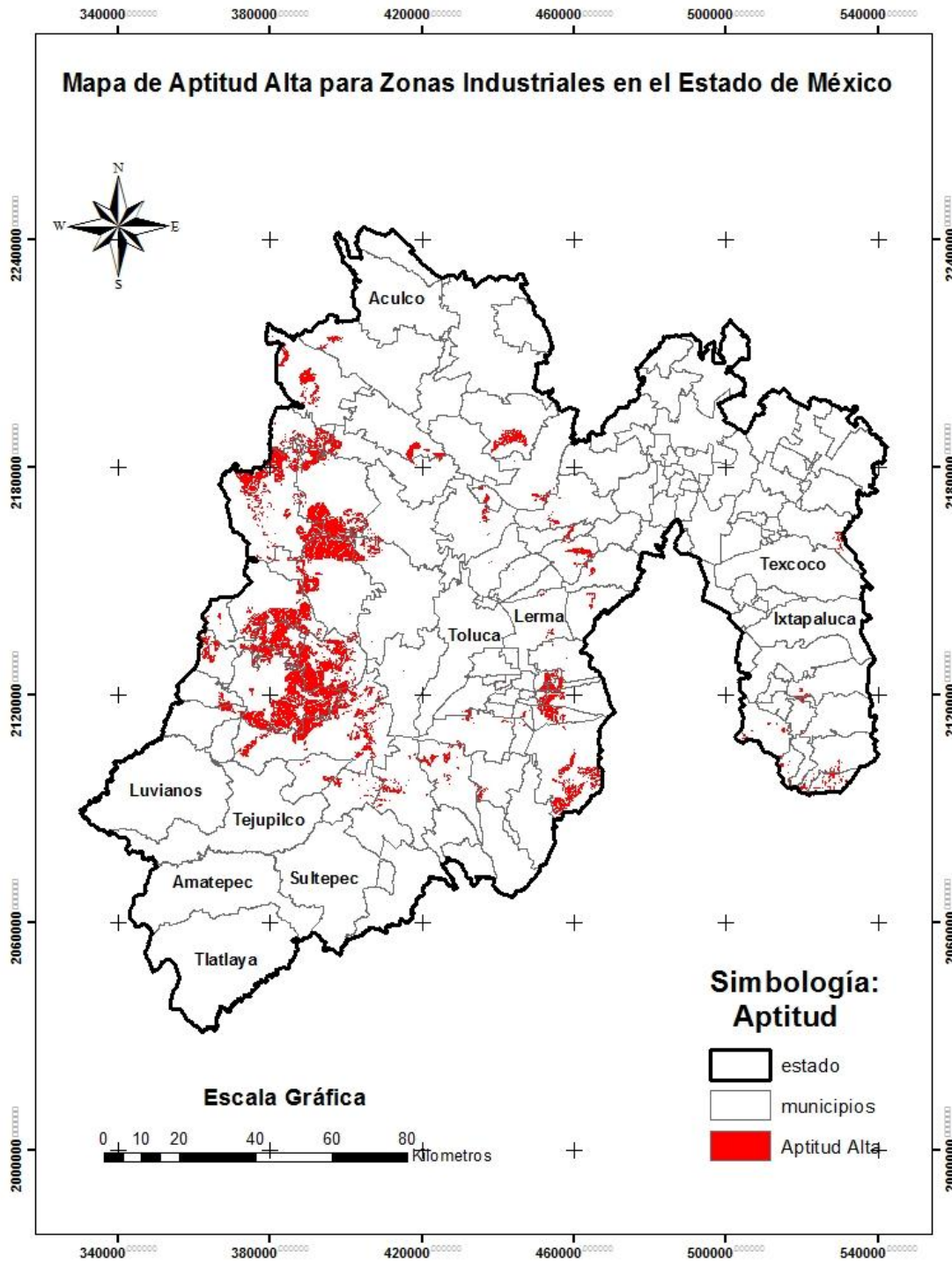
En esta grafica se reperesentó a los diez primeros municipios con una aptitud media para sitios industriales en el estado, dentro de los cuales destacan los municipios de; Villa de Allende, Temoaya, Acolman, Xonacatlán, San Mateo Atenco, Amatepec, Jilotzingo, Tejupilco, Acambay y Temascalcingo. De los diez municipios principales que se tomaron como base resalta que el que tiene la aptitud media es el municipio de Villa de Allende que cuenta con una superficie 19226 has.



Gráfica 3 Municipios con aptitud baja para zonas industriales.

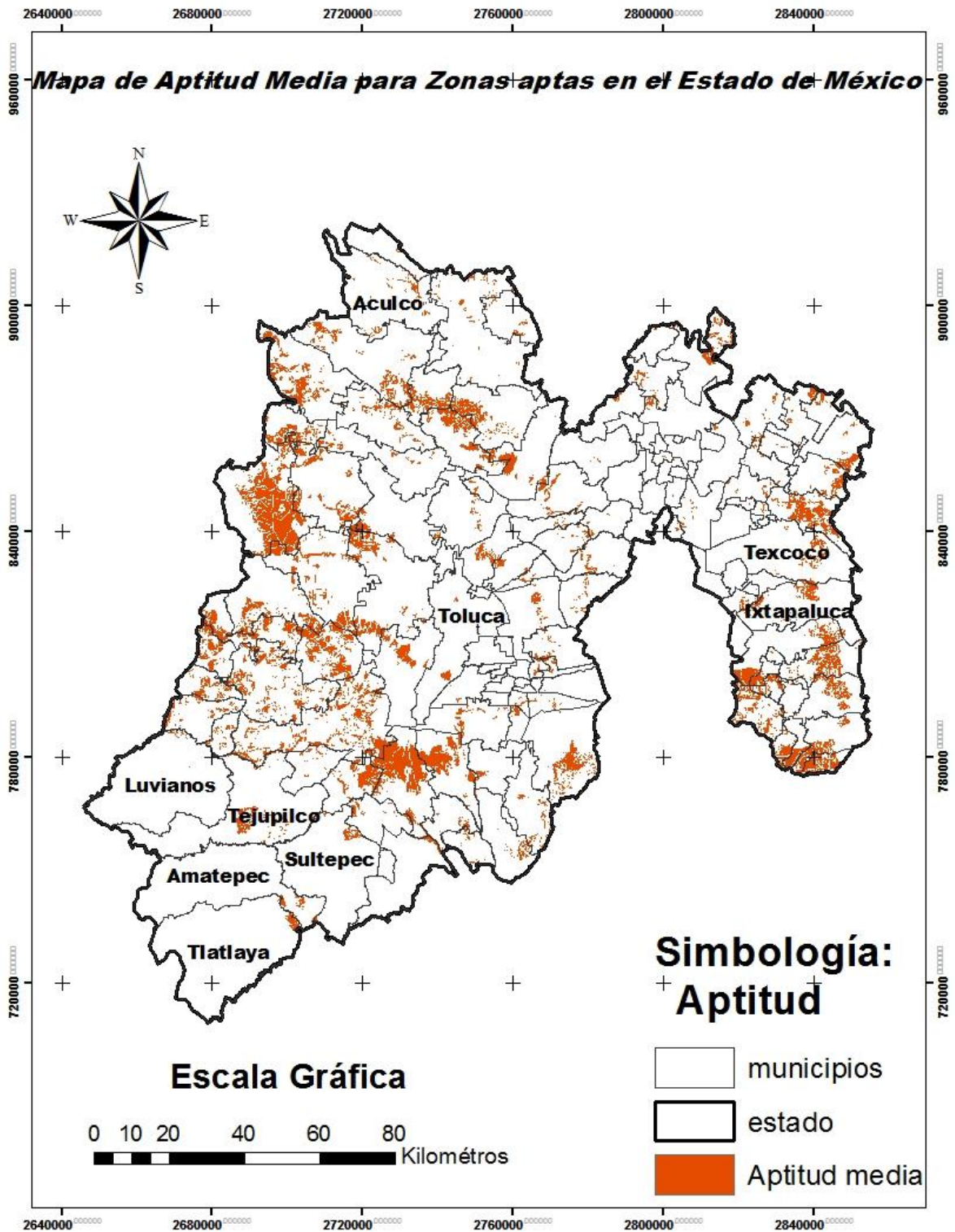
En esta gráfica se representan a los diez primeros municipios que tienen una baja aptitud para ubicar zonas industriales, se tomaron diez municipios como ejemplo, los cuales son; Sultepec, Jilotepec, Tejupilco, Aculco, Temascaltepec, Tlatlaya, Zacualpan, Amatepec y Axapusco. Siendo el municipio de Sultepec el que tiene menor aptitud para los sitios óptimos de zonas industriales ya que este municipio cuenta con una superficie de 25364 hectareas.

Las zonas mas óptimas con características industriales ; se encuentran en la parte este, con respecto al Estado de México, lo cual corresponde a los municipios de Temascalzingo, El Oro, San José del Rincón, San Felipe del Progreso, Villa Victotia, Villa de Allende, Donato Guerra, Amanalco, Valle de Bravo, Temascaltepec, Capulhuac, Xalatlaco, Ocuilán y Atlacomulco, siendo Valle de Bravo el municipio que tiene la aptitud mas alta con una superficie de 46167 has. Se puede observar que son areas muy cercanas a las areas naturales protegidas que ya estan establecidas en el estado.

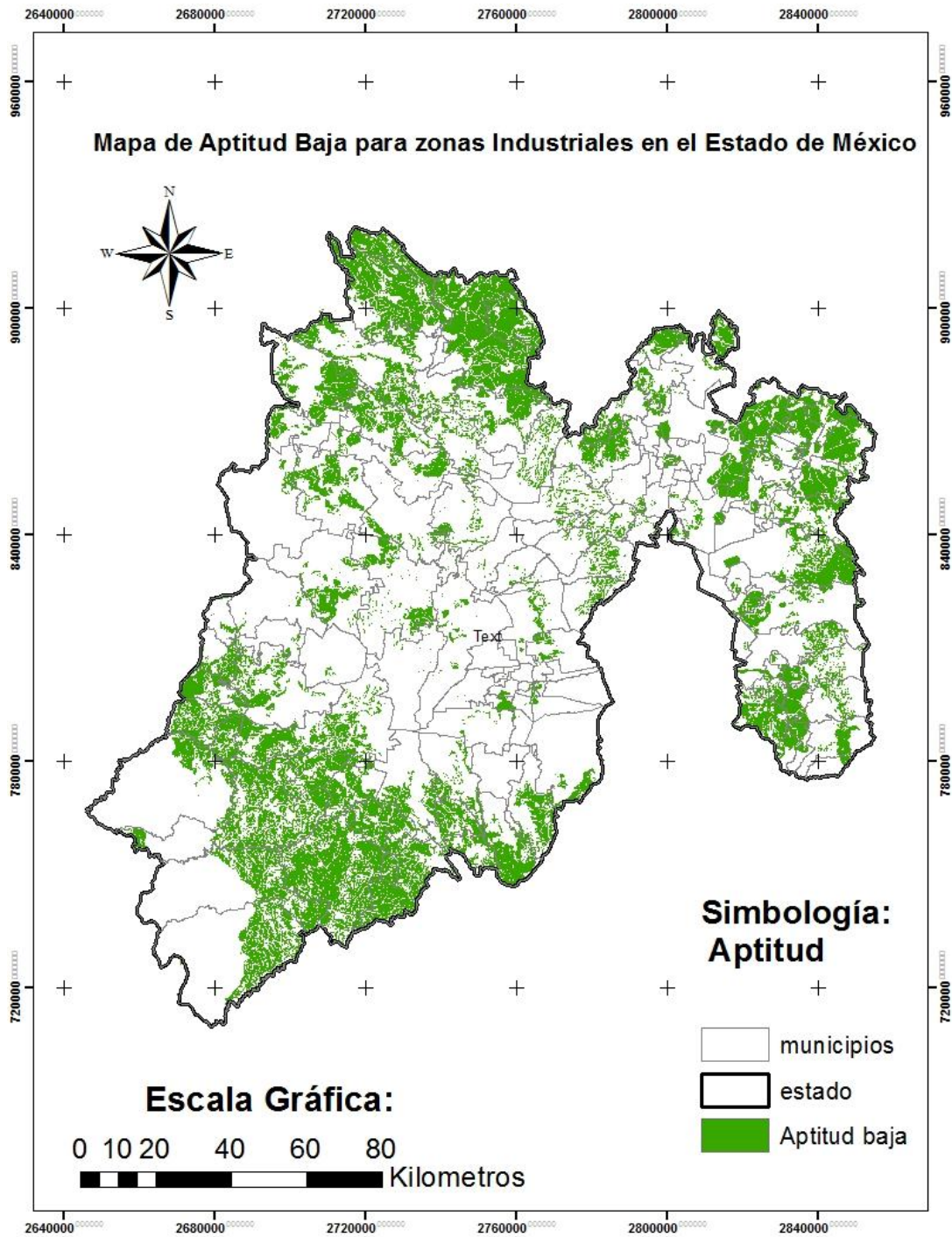


Mapa 1 Localización de los municipios con aptitud alta .

Las zonas con una aptitud media son considerables en el mapa, en la porción del estado, su predominancia se encuentra en la parte sur, este y oeste del estado y una porción en la parte Norte, los municipios que predominan con una aptitud media son los siguientes; Tejupilco, Texcaltitlán, Coatepec Harinas, Tenancingo, Malinalco, Morelos, Otumba, Axapusco, Ecatingo, Amecameca, Tlalmanalco y Ozumba, Aculco, Acambay, que de acuerdo a los resultados que se observan en el mapa de aptitud media para zonas industriales en el Estado de México (ver mapa 2).



Mapa 2 Localización de los municipios con aptitud media .

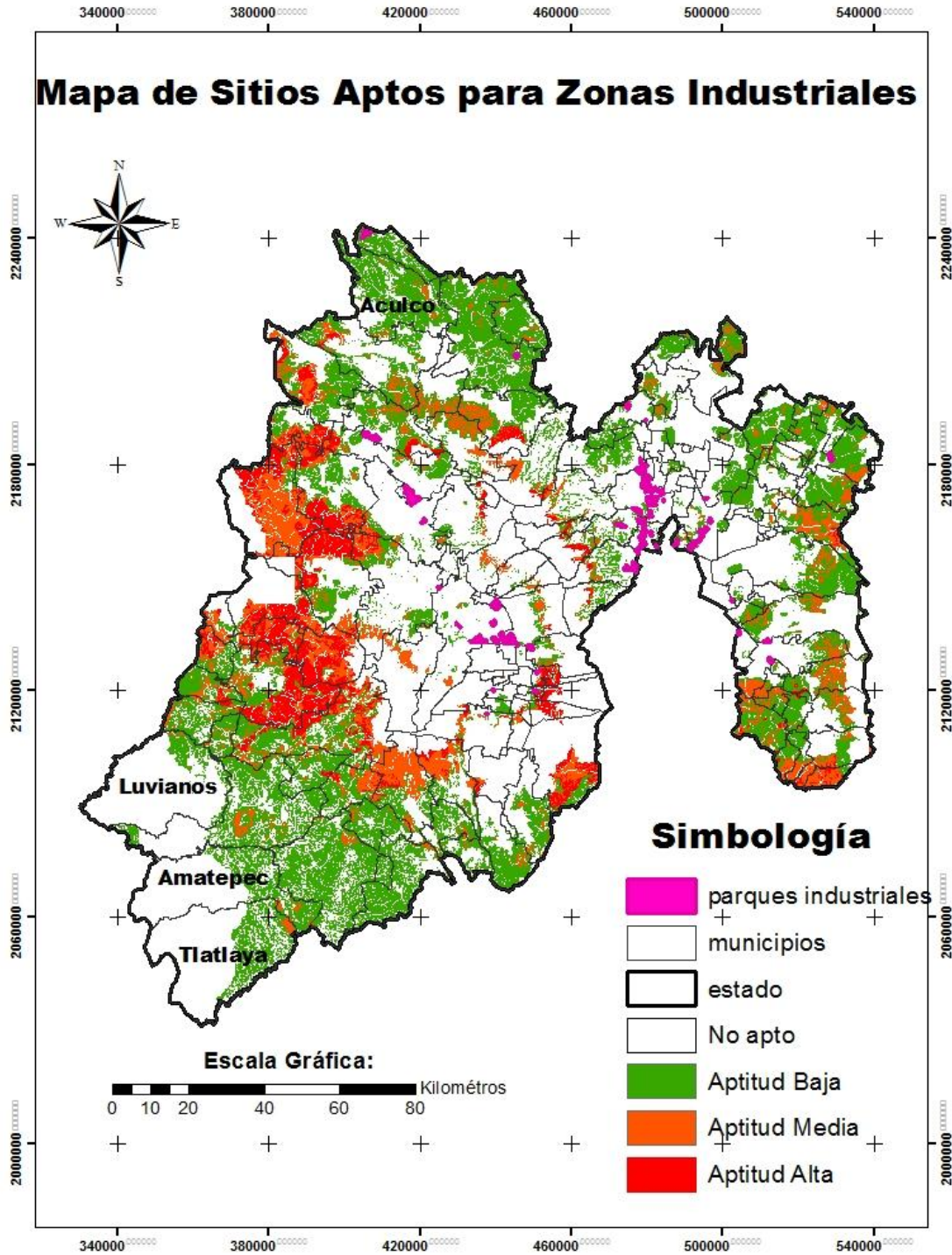


Mapa 3 Localización de los municipios con aptitud Baja .

Los municipios que tienen menor aptitud dentro del estado de México se debe a las pendientes por que no permiten que existan zonas industriales quizá porque son zonas protegidas o por la riqueza del paisaje y de sus recursos naturales (en lo que corresponde al Estado de México), así como de los diferentes servicios ambientales que existen. Dentro del estado los municipios que cuentan con una aptitud baja son los municipios de; Sultepec, Jilotepec, Tejupilco, Aculco, Temascaltepec, Tlatlaya, Acambay, Zacualpan, Amatepec y Axapuxco, por mencionar algunos, teniendo al municipio de Sultepec como de aptitud más baja con una superficie territorial de 23364 has. Es importante señalar que dentro de estos resultados en cuanto aptitud baja para estos municipios quizá por el crecimiento urbano y por las condiciones naturales (ver mapa 3).

En el mapa de localización de sitios óptimos para zonas industriales muestra cuales son los municipios que tienen una aptitud alta representada con el color rojo, mientras que para los municipios que tienen el color naranja representan la aptitud media y por ultimo el color verde que aparece en el mapa representa a los municipios con una baja aptitud para sitios óptimos en el Estado de México.

El mapa final también muestra una comparación entre los sitios que pueden ser aptos para ubicar zonas industriales, además de que refleja los parques industriales que ya están ubicados especialmente en la realidad, estos se muestran en color rosa fiusha, esto se ve reflejado así quizá por la falta de variables o restricciones que se deben de asignar para este tipo de estudios, ya que por la escases de esta el resultado del modelo fue el mapa que aparece abajo (ver mapa 4).



Mapa 4 Localización de sitios óptimos para zonas urbanizables .

Conclusiones.

El análisis multicriterio y la incorporación de los factores, permitieron la localización de sitios óptimos para zonas industriales, en el Estado de México.

La aplicación de la evaluación multicriterio, permitió comprobar que puede ser una herramienta muy útil para cualquier estudio y determinar zonas óptimas de localización.

La normalización de los factores se maneja en formato byte (0-255).

La asignación de los factores se maneja de acuerdo a la importancia de estos para determinar cual era el más importante y el menos importante en esta evaluación.

Lo más complicado fue la ponderación de los factores, ya que se consultó bibliografía principalmente para determinar la importancia de los factores, así como la asesoría del asesor para este estudio. Los pesos se obtuvieron de manera sencilla, esto se realizó por la automatización que se realizó en Idrisi para asignar los pesos. Utilizando el método de regresión, para obtener un mapa final.

El mapa obtenido como resultado permitió hacer una reclasificación ubicando las áreas más adecuadas para sitios óptimos en el estado.

Las zonas más aptas se encuentran en la parte este y sur del estado de México, siendo estas las zonas más aptas para ubicar zonas industriales.

Gran parte del estado de México, no tiene las condiciones para ser industriales, por las restricciones o limitaciones que se tienen, principalmente por las áreas naturales protegidas, con las que cuenta a nivel nacional y estatal. Es notable resaltar que, la superficie, con características industriales con mayor superficie son las de aptitud baja.

Otro aspecto fue la dificultad para recopilar la información sobre zonas industriales ya que es muy general lo que se tiene y a nivel estado la información es escasa ya que en ocasiones es confidencial y no se tiene la libertad para acceder a ella.

El peso de los factores se determinó de acuerdo a decisión propia y la de un experto ya que en ningún documento dice cuál debería de ser primero y cuál al final, es por eso que se tomó la decisión propia.

Aunque los modelos son muy subjetivos, la base matemática que llevan, sortan el peso para determinar que son aceptables para tomarlos en cuenta ya que con este tipo de análisis se puede realizar cualquier estudio y definir zonas óptimas de este tipo, siempre y cuando saldrán mejor si se tiene libre acceso a toda la información que sea requerida para empezar a tomar decisiones.

El uso de las técnicas de evaluación multicriterio, se opta por tener el manejo de la información en SIG ya que se realizan de una manera lo más objetiva posible. No obstante, cabe resaltar que también se debe contar con el apoyo de expertos en el tema de interés ya que ellos apoyan en los juicios a fin de que sean lo más sólidos posibles.

En el mapa se ve el resultado final de las zonas aptas que arrojó el modelo para este estudio, así como también muestra los parques industriales que ya están ubicados espacialmente en la realidad en el caso del Estado de México.

Bibliografía

- Antonio Némiga, X., y Hernández Zetina, S.L. (2011). La innovación Geo tecnológica como soporte para la toma de decisiones en el desarrollo territorial.
- Bosque Sendra, J., Gómez Delgado, M., & Palm Rojas, F. (2006). Un nuevo Modelo para localizar instalaciones no deseables: ventajas derivadas de la integración de modelos de localización-asignación y SIG. Granada; Universidad de Granada.
- Limón Acosta, F. (2013). Determinación de zonas óptimas para suelo urbanizable utilizando evaluación multicriterio y sistemas de información geográfica, en el municipio de Ocoyoacac, Estado de México.
- Fallas Gamboa, J. (1996). Sistemas de Información Geográfica: Una visión integral. Revista Geográfica de América Central, 27- 39.
- Domínguez Bravo, J. Breve Introducción a la Cartografía y a los Sistemas de Información Geográfica SIG). Madrid, España: Ciemat.
- Huerta José, (2012), El universal; consultado en: <http://www.eluniversaledomex.mx/otros/nota29603.html>, el día 18 de Diciembre.
- Gómez Delgado, M., y Barredo Cano, J. I. (2006). Sistemas de Información Geográfica y Evaluación Multicriterio en la ordenación del territorio. España: RA-MA
- Gómez Delgado, M. y Barredo Cano, J. I. (2005): Sistemas de Información Geográfica y evaluación multicriterio aplicados al ordenamiento del territorio. Ed. Ra-Ma, Madrid, 279 pp.
- Gómez Delgado, M. y Rodríguez Espinosa, V.M. (2012) Análisis de la Dinámica Urbana y Simulación de Escenarios de Desarrollo Futuro con Tecnologías de la Información Geográfica. Ra-Ma.

- Ordoñez Galán, C., y Martínez, R. (2003). Sistemas de Información Geográfica, Aplicaciones Y prácticas con Idrisi32 al análisis de riesgos naturales y problemáticas medioambientales. RA-MA.
- Monroy Gaytán, J.F., Campos Vargas, M.M, y Pineda Jaimes, N.B., (2013). Estudios Geográficos con Técnicas de Evaluación Multicriterio. 1^a. Edición.AM Editores.
- Plata Rocha, W. (2010). Descripción, Análisis y Simulación del Crecimiento Urbano Mediante Tecnologías de la información Geográfica. El caso de la Comunidad De Madrid. Alcalá de Henares: Universidad de Alcalá.
- - Reif, B. 1978. *Modelos en la planificación de ciudades y regiones*. Nuevo Urbanismo, Madrid.
- - Unwin, R. 1984. *La práctica del urbanismo*. Gustavo Gilli, Barcelona.