

# Métodos cuantitativos en Geografía Humana

Gustavo D. Buzai  
Marcela Virginia Santana Juárez  
(Compiladores)

12345678910111213141516171819202122232425262728  
 $Y=A+BX, R=0(P-C)-ORD, MX= SX/N, MY= SY/N, O=(X-ME)/(MA-ME)$   
1234567891011 12345 123 123456789101112131  
123456789101112 12 1 12345678910111213141516  
12345678910 12345678910303456141516  
123456489 12345678910111213141516  
123456 123 1 123456789101112 1  
123 12 1234567891 12 12345379  
12 12 12312345698 12 123  
12345 12345678910 12 12  
123456 1234567 1 123  
12345658 12345 1  
123456 1234 1  
1234 1234 1  
123 123  
12 12  
1  
12  
 $Z=(X-M)/D, P=(1/R)/S(1/R), I=S(X*P), F=(M1*M2)/D(1,2)$   
12345678910111213141516171819202122232425







# Métodos cuantitativos en Geografía Humana

Gustavo D. Buzai  
Marcela Virgina Santana Juárez  
*(compiladores)*

Métodos cuantitativos en geografía humana / Gustavo D. Buzai ... [et al.] ; compilado por

Gustavo D. Buzai ; Marcela Virginia Santana Juárez. - 1a ed. - Ciudad Autónoma de

Buenos Aires : Impresiones Buenos Aires Editorial, 2019.

Libro digital, PDF

Archivo Digital: descarga y online

ISBN 978-987-1548-98-9

1. Sistema de Información Geográfica. I. Buzai, Gustavo D. II. Buzai, Gustavo D., comp. III. Santana Juárez, Marcela Virginia, comp.

CDD 910.28

Fecha de Catalogación: 2019

Instituto de Investigaciones Geográficas (INIGEO)

Universidad Nacional de Luján

Ruta Nac. 5 y Av. Constitución

(6700) Luján, Buenos Aires, Argentina

Director: Dr. Gustavo Buzai

inigeo@unlu.edu.ar

RESIDIG ([www.redisig.org](http://www.redisig.org))

Red Iberoamericana de Sistemas de Información Geográfica

Presidente: Ing. Omar Delgado Inga

PRODISIG ([www.prodisig.unlu.edu.ar](http://www.prodisig.unlu.edu.ar))

Programa de Docencia e Investigación en Sistemas de Información Geográfica.

Director: Dr. Gustavo D. Buzai

Obra evaluada por pares académicos ciegos.

Hecho el depósito que marca la ley 11.723.

Prohibida su reproducción total o parcial sin permiso expreso del editor.

Primera edición

Editado en Argentina

© INIGEO.



Esta obra se encuentra bajo Licencia Creative Commons Reconocimiento-NoComercial 4.0. Internacional. Reconocimiento - Permite copiar, distribuir, exhibir y representar la obra y hacer obras derivadas siempre y cuando reconozca y cite al autor original. No Comercial – Esta obra no puede ser utilizada con fines comerciales, a menos que se obtenga el permiso.

## ÍNDICE

<b>INTRODUCCIÓN</b>	11
<b>Capítulo 1</b>	
<b>MÉTODO CENTROGRÁFICO</b>	
1.1. Aplicación a la localización de sitios arqueológicos en la cuenca del río Luján, Argentina	15
<i>Sonia L. Lanzelotti</i>	
<i>Noelia Principi</i>	
1.2. Aplicación al estudio de las actividades económicas en la ciudad de México	27
<i>Juan Campos Alanís</i>	
<i>Edel Cadena Vargas</i>	
<i>José Francisco Monroy Gaytán</i>	
<b>Capítulo 2</b>	
<b>MÉTODO PARA EL ANÁLISIS DE DISTRIBUCIÓN DE FRECUENCIAS</b>	
Aplicación al estudio agroecológico y sociocultural de los huertos familiares en tres localidades del Estado de México	47
<i>Jesús Gastón Gutiérrez Cedillo</i>	
<i>José Carmen García Flores</i>	
<i>Miguel Ángel Balderas Plata</i>	
<b>Capítulo 3</b>	
<b>MÉTODO PARA EL CÁLCULO DE CONCENTRACIÓN ESPACIAL</b>	
Aplicación a la población boliviana en los municipios de la cuenca del río Luján, Argentina	67
<i>Gustavo D. Buzai</i>	
<i>Claudia A. Baxendale</i>	
<b>Capítulo 4</b>	
<b>MÉTODO DE ESTANDARIZACIÓN DE TASAS</b>	
Aplicación a la mortalidad general en el Estado de México	81
<i>Jesús Emilio Hernández Bernal</i>	
<i>Marcela Virginia Santana Juárez</i>	
<b>Capítulo 5</b>	
<b>MÉTODO DE ESTIMACIÓN POR TELEDETECCIÓN</b>	
Aplicación a la calidad del agua superficial en el Estado de México	95
<i>Enrique Estrada Bastida</i>	
<i>Marivel Hernández Téllez</i>	
<i>Alejandro Tonatiuh Romero Contreras</i>	
<b>Capítulo 6</b>	
<b>MÉTODO PARA AUTOCORRELACIÓN ESPACIAL</b>	
Aplicación a la mortalidad por homicidios en el Estado de México	109
<i>Giovanna Santana Castañeda</i>	
<i>Adrián Guillermo Aguilar</i>	
<b>Capítulo 7</b>	
<b>MÉTODOS PARA LA CLASIFICACIÓN ESPACIAL</b>	
7.1 Clasificación: aplicación a la cuenca del río Luján	129
<i>Luis Humacata</i>	
<i>Eloy Montes Galbán</i>	

7.2 Métodos para el análisis de la respuesta sísmica a escala local. 143  
Aplicación al ordenamiento territorial en la ciudad de San Cristóbal,  
Cuba occidental

*Alexis Ordaz Hernández*

### **Capítulo 8**

#### **MÉTODOS PARA EL CÁLCULO DE INDICADORES**

8.1 Indicadores: aplicación a la microplaneación regional de la 161  
educación básica en el Estado de México

*Agustín Olmos Cruz*

*Carlos Reyes Torres*

*Fernando Carreto Bernal*

8.2 Método para la construcción de índices multidimensionales. 177  
Aplicación a la desigualdad social y comportamiento electoral en  
México

*Edel Cadena Vargas*

### **Capítulo 9**

#### **MÉTODO DE EVALUACIÓN MULTICRITERIO**

9.1 Aplicación a la gestión sostenible del agua en la cuenca del río 193  
Nenetzingo, México

*Luis Ricardo Manzano Solís*

*Noel Bonfilio Pineda Jaimes*

*Miguel Ángel Gómez-Albores*

9.2 Aplicación para la aptitud forestal del Área Natural Protegida 209  
"Parque estatal Oso Bueno", Municipio de Acambay, Estado de México

*Nancy Sierra López*

*Francisco Zepeda Mondragón*

*Marisol De la Cruz Jasso*

9.3 Método LUCIS (Land Use Conflict Identification Strategy): 221  
Aplicación a los usos del suelo en municipio de Luján, Argentina

*Gustavo D. Buzai*

*Claudia A. Baxendale*

### **Capítulo 10**

#### **MÉTODO DE INTERPOLACIÓN**

Aplicación para el análisis espacio temporal de la contaminación del 239  
aire en la Zona Metropolitana de la Ciudad de Toluca

*Jesús Gastón Gutiérrez Cedillo*

*Julio César Hernández Romero*

*Roberto Franco Plata*

### **Capítulo 11**

#### **MÉTODOS DE REGRESIÓN**

11.1 Regresión logística múltiple: aplicaciones para la tendencia del 255  
crecimiento urbano en el municipio de Nicolás Romero, Estado de  
México.

*Francisco Zepeda Mondragón*

*Marisol De la Cruz Jasso*

*Cristina Estrada Velázquez*

11.2 Método GWR (Geographically Weighted Regression): aplicación 267  
en el análisis de la conformación del valor catastral del suelo en el  
municipio de Zinacantepec, Estado de México.

*Nydia Lorena Campos Apodaca*

*Marcela Virginia Santana Juárez*

*Noel Bonfilio Pineda Jaimés*

### **Capítulo 12**

#### **MÉTODO PARA EL ESTUDIO DE FLUJOS REGIONALES**

Aplicación a las principales localidades del noroeste de la Provincia de 287  
Buenos Aires

*Noelia Principi*

### **Capítulo 13**

#### **MÉTODO DE LOCALIZACIÓN - ASIGNACIÓN.**

Aplicación a los consultorios anexos a farmacias del sector privado en 299  
el Municipio de Toluca

*Giovanna Santana Castañeda*

*José Antonio Álvarez Lobato*

### **Capítulo 14**

#### **MÉTODO PARA EL USO DE PARÁMETROS ESTADÍSTICOS**

Aplicación para el estudio de sedimentos y dinámica geomorfológica 319  
en el delta del río Balsas, México

*Luis Miguel Espinosa Rodríguez*

*José de Jesús Fuentes Junco*

### **Capítulo 15**

#### **MÉTODO DE DINÁMICA DE SISTEMAS**

Aplicación al análisis de cambios en el uso del suelo en el Oeste del 337  
Gran Buenos Aires

*Luis Humacata*

## LOS AUTORES

**Gustavo D. Buzai** [*Prof. Lic. Dr. PosDr.*], UNLu, CONICET, Argentina

**Marcela Virginia Santana Juárez** [*Lic. Mtra. Dra.*], UAEM, México  
(*Compiladores*)

**Adrián Guillermo Aguilar** [*Lic. Mtro. Dr.*], UNAM, México

**José Antonio Álvarez Lobato** [*Lic. Mtra. Dr.*], Colegio Mexiquense A.C. México

**Miguel Ángel Balderas Plata** [*Lic. Mtro. Dr.*], UAEM, México

**Claudia A. Baxendale** [*Lic. Esp.*], UBA- UNLu., Argentina

**Nydia Lorena Campos Apodaca** [*Ing. Mtra.*], UAEM, México

**Edel Gilberto Cadena Vargas** [*Lic. Mtro. Dr.*], UAEM, México

**Juan Campos Alanís** [*Lic. Mtro. Dr.*], UAEM, México

**Marisol De la Cruz Jasso** [*Lic. Mtra.*], UAEM, México

**Enrique Estrada Bastida** [*Ing. Mtro.*], UAEM, México

**Fernando Carreto Bernal** [*Lic. Mtro. Dr.*], UAEM, México

**Luis Miguel Espinosa Rodríguez** [*Lic. Mtro. Dr.*], UAEM, México

**Cristina Estrada Velázquez** [*Lic. Mtra. Dra.*], UAEM, México

**Roberto Franco Plata** [*Lic. Mtro. Dr.*], UAEM, México

**José de Jesús Fuentes Junco** [*Lic. Mtro. Dr.*], UNAM, México

**José Carmen García Flores** [*Lic. Mtra.*], UAEM, México

**Miguel Ángel Gómez Albores** [*Lic. Mtro. Dr.*], UAEM, México

**Jesús Gastón Gutiérrez Cedillo** [*Lic. Mtro. Dr.*], UAEM, México

**Jesús Emilio Hernández Bernal** [*Lic. Mtra.*], UAEM, México

**Julio César Hernández Romero** [*Lic. Mtra.*], UAEM, México

**Marivel Hernández Téllez** [*Lic. Mtra. Dra.*], UAEM, México

**Luis Humacata** [*Prof. Lic. Esp. Mg.*], UNLu, CIC, Argentina

**Sonia L. Lanzelotti** [*Lic. Dra.*], UBA, UNLu, CONICET, Argentina

**Luis Ricardo Manzano Solís** [*Lic. Mtro. Dr.*], UAEM, México

**José Francisco Monroy Gaytán** [*Lic. Mtro. Dr.*], UAEM, México

**Eloy Montes Galbán** [*Lic. Mg.*], UNLu, CONICET, Argentina

**Agustín Olmos Cruz** [*Lic. Mtro. Dr.*], UAEM, México

**Alexis Ordaz Hernández** [*Lic. Mtro. Dr.*], UAEM, México

**Noel B. Pineda Jaimes** [*Lic. ECA. Mtro. Dr.*], UAEM, México

**Noelia Principi** [*Prof. Lic. Esp. Mg.*], UNLu, Argentina

**Nancy Sierra López** [*Lic. Mtra.*], UAEM, México

**Carlos Reyes Torres** [*Lic. Mtro. Dr.*], UAEM, México

**Alejandro Tonatiah Romero Contreras** [*Lic. Mtra. Dr.*], UAEM, México

**Giovanna Santana Castañeda** [*Lic. Mtra. Dra.*], UAEM, México

**Francisco Zepeda Mondragón** [*Lic. Mtro. Dr.*], UAEM, México

## INTRODUCCIÓN

Estamos transitando una nueva etapa de la Geografía Aplicada, la cual se centra en el análisis espacial cuantitativo realizado mediante tecnologías digitales, de las cuales sobresalen los Sistemas de Información Geográfica como núcleo de las aplicaciones geoinformáticas.

Es en esta instancia en la que aparece el libro Métodos cuantitativos en Geografía Humana como resultado del vínculo de cooperación académica entre colegas del Instituto de Investigaciones Geográficas de la Universidad Nacional de Luján y de la Facultad de Geografía de la Universidad Autónoma del Estado de México, enmarcado en las actividades de la Red Iberoamericana de Sistemas de Información Geográfica (REDISIG: [www.redisig.org](http://www.redisig.org)).

El objetivo de los coordinadores fue avanzar en la sistematización didáctica de contenidos a partir de la experiencia, tanto en el campo de la investigación como la docencia universitaria, de los integrantes de ambas instituciones académicas y, de esta forma, acercar a los lectores una actualización de la cuantificación en Geografía y su uso en cuestiones específicas del análisis espacial.

La Geografía como ciencia está transitando una etapa científica excepcional. Hoy, más que nunca, los geógrafos disponen de instrumentos con bases sólidas teórico-metodológicas para actuar en la resolución de problemáticas que nos propone la realidad y a partir de ellos, en un nivel espacial, combinar aspectos de diferentes perspectivas paradigmáticas.

La perspectiva sistémica, en su teoría de los sistemas complejos, brinda pautas epistemológicas para comprender estas situaciones realizando un claro criterio demarcatorio que permite conceptualizar estas relaciones con conexiones que surgen desde una perspectiva objetivista en la cual se considera la necesidad de actuar sobre una realidad material que es independiente de la percepción individual en diferentes niveles de análisis, desde el mundo al sitio, conteniendo una gran cantidad de abordajes como el

ordenamiento territorial, planeación integral, riesgo, vulnerabilidades y resiliencia en un nivel socioespacial.

Por su parte, el avance tecnológico logrado por los Sistemas de Información Geográfica y los procedimientos cuantitativos asociados a ellos permea de forma transversal a todos los enfoques de la Geografía ofreciendo amplias posibilidades para la utilización del mapa y sus nuevas potencialidades para la realización de un análisis espacial objetivo con procedimientos automatizados cada vez más sencillos y precisos en la investigación aplicada.

Todas estas cuestiones también resultan de importancia en la práctica profesional ante el apoyo al proceso de toma de decisiones por parte de los gestores políticos que necesitan información confiable tanto para actuar en intervenciones coyunturales como para conocer el nivel socioespacial estructural. Se destaca aquí el papel de la Neogeografía en el acercamiento de los procedimientos geográficos computacionales a la sociedad.

La incorporación de procedimientos del análisis espacial cuantitativo en el ámbito de los Sistemas de Información Geográfica resultan cada vez de mayor interés para la Geografía y diversas ciencias sociales que se encuentran ante la necesidad de tener que incorporar la dimensión espacial en sus estudios. Asimismo la modelización espacial no solamente permite analizar temáticas del presente, de las configuraciones espaciales actuales, sino que permite dirigirse hacia el pasado y hacia el futuro en visiones prospectivas para la planificación.

El presente libro contempla los aspectos señalados brindando un panorama amplio en la aplicación actual de los métodos cuantitativos utilizados en el análisis geográfico a través de los Sistemas de Información Geográfica con experiencias realizadas en el campo de la investigación científica en la Argentina y México.

El libro Métodos cuantitativos en Geografía Humana incorpora 15 métodos de central importancia para la investigación a través de explicaciones sencillas y estudios de caso que las ejemplifican. Los métodos cuantitativos que se desarrollan a lo largo

del texto son: centrografía, distribuciones de frecuencias, cálculo de concentración espacial, estandarización de datos, estimaciones por teledetección, autocorrelación espacial, clasificación espacial, cálculo de indicadores, evaluación multicriterio, interpolación, regresión, cálculo de flujos regionales, modelos de localización-asignación, parámetros estadísticos y análisis temporal por tabulación cruzada.

Los temas incluidos prestan particular interés a la diferenciación espacial de los fenómenos y, a través de la abstracción racional, permiten ser aplicados a variadas temáticas y contextos. Sirven de guía para abordar cuestiones físico-naturales (respuesta sísmica, sedimentos y dinámica geomorfológica), humanos (sitios arqueológicos, actividades económicas, agroecología, población, salud humana, planeación de la educación, desigualdad social, comportamiento electoral, crecimiento urbano) y ambientales (calidad del agua superficial, gestión sostenible del agua, aptitud forestal, uso del suelo, contaminación del aire). El hilo conductor lo provee la Geografía Aplicada a través del análisis espacial cuantitativo con Sistemas de Información Geográfica.

Por último, agradecemos las valiosas contribuciones de los autores de capítulos, porque debido al entusiasmo y seriedad profesional con la que nos acompañaron fue posible coordinar esta primera obra que llega como material didáctico destinado a todos los estudiosos del análisis espacial en todo nivel de enseñanza y la práctica profesional. Esperamos que este libro acompañe a muchos jóvenes geógrafos en este momento excepcional de la Geografía.

Dr. Gustavo D. Buzai  
Universidad Nacional de Luján

Dra. Marcela Virginia Santana Juárez  
Universidad Autónoma del Estado de México



## 9.2 Aplicación para la aptitud forestal del Área Natural Protegida Parque estatal “El Oso Bueno”, Municipio de Acambay, Estado de México.

*Nancy Sierra López  
Francisco Zepeda Mondragón  
Marisol de la Cruz Jasso*

### **SÍNTESIS**

Hablar de aptitud forestal implica el conocer cuáles son los sitios geográficamente ubicados con mayor posibilidad para desarrollar el incremento de la cobertura forestal en aquellos lugares que han sido sobreexplotados por las diversas actividades que desarrolla el hombre, así como por los diversos daños ocasionados por los procesos naturales, para poder facilitar dicha evaluación hoy en día el manejo de los procesos estadísticos a través del método de análisis multicriterio apoyados con las herramientas geotecnológicas han permitido visualizar mediante el uso de modelos cartográficos una aproximación hacia la realidad de cuáles son los espacios geográficos que cuentan con alguna aptitud y factibilidad de uso, dichos resultados han sido una poderosa herramienta para los tomadores de decisiones.

### **INTRODUCCIÓN**

Las Áreas Naturales Protegidas constituyen uno de los instrumentos más importantes de la política ambiental mexicana, por lo que la identificación de sitios aptos para el desarrollo de actividades apropiadas al uso del territorio, en función de las características del lugar y de una serie de criterios físicos, sociales, económicos, políticos e incluso culturales, permiten clasificar los suelos como aptos o no aptos para determinado fin.

Las funciones del sector forestal en términos biológicos, ambientales, socioeconómicos, recreativos, de protección y restauración, son elementos suficientes para llevar a cabo la identificación de las zonas mayores aptitudes forestales, a fin de promover en éstas una zonificación basada en la protección y conservación de los recursos, la producción forestal o la restauración de ecosistemas forestales.

Esta investigación tomo como caso de estudio el ANP Parque Estatal “Oso Bueno”, localizada en los municipios de Acambay y Aculco del Estado de México, y tiene como objetivo identificar las zonas con que cuenten con un grado de aptitud forestal muy alto, alto, medio y no apto. Los procedimientos metodológicos utilizados se enmarcan en la Evaluación Multicriterio (EMC) y los Sistemas de Información Geográfica (SIG).

### **Análisis del método de evaluación multicriterio**

El ordenamiento ambiental considera la asignación de sitios aptos para un determinado fin como una de sus prioridades y está en función de las características de un lugar y de una serie de atributos físicos, sociales, culturales, políticos o económicos que influyen en la clasificación de un suelo como apto o no apto. En el caso del sector forestal, éste ha adquirido creciente importancia tanto socioeconómica como ambiental, e incluye aquellos espacios aptos para el cultivo y la producción de especies forestales, los cuales habrán de seguir acciones de conservación, protección y/o uso racional de los mismos.

La evaluación multicriterio (EMC) es un conjunto de técnicas utilizadas en la decisión multidimensional y los modelos de evaluación, dentro del campo de la toma de decisiones (Barredo, 1996), es de gran ayuda para los centros decisores pues permite describir, evaluar, ordenar, jerarquizar, seleccionar o rechazar objetos, en base a una evaluación (expresada por puntuaciones, valores o intensidades de preferencia) de acuerdo a varios criterios (Colson y de Bruin, 1989). Los análisis multicriterio ofrecen la oportunidad de obtener un análisis equilibrado de todas las facetas de los problemas desde el punto de vista de la planificación,

particularmente debido a que varios efectos intangibles, como los sociales y las repercusiones ambientales pueden ser considerados cabalmente (Nijkamp y Van Delft, 1977).

De acuerdo con diversos autores, un proceso de decisión implica, necesariamente, la comparación entre las alternativas, el hecho de comparar elementos se traduce en la necesidad de realizar mediciones que permitan aplicar los criterios de comparación de modo de establecer preferencias entre ellos, sin embargo, los elementos que participan en un proceso de decisión por lo general se miden en escalas diferentes (peso, distancia o tiempo) por lo que se requiere transformar estas unidades en una unidad abstracta que sea válida para todas las escalas.

Los pasos que se siguieron para la realización del modelo de aptitud forestal fueron los siguientes:

- 1) Definición del objetivo. Se entiende como función objetivo aquella que satisfaga unas determinadas aspiraciones del centro decisor dentro de los criterios previamente establecidos.
- 2) Definición de los criterios. Los elementos primarios para realizar un estudio mediante técnicas de EMC se denominan criterios y son considerados como un punto de referencia para tomar una decisión. Los criterios se clasifican a su vez en factores y restricciones, los primeros son aquellos criterios que permiten definirse a favor de una alternativa, mientras que las restricciones limitan la posibilidad de considerar alguna alternativa, excluyéndola de forma definitiva.
- 3) Clasificación de los factores según su grado de aptitud. En este punto es posible utilizar diversas técnicas entre las que destacan la escala de siete puntos, la tasación simple, la ordenación simple, el método de las puntuaciones, el método de la colocación en una escala ordinal, el método de comparación por pares de criterios y el método Delphi

que está basado en la consulta de expertos en un área. (Pineda, 2013)

En este caso de estudio se utilizó la consulta de expertos y mediante reuniones, consensos o puntos de vista de los expertos se ponderaron los criterios que, a través de su experiencia, perciben como particularmente importante en el desarrollo de un proyecto. De esta forma los factores definidos en el modelo se clasificaron según su aptitud en tres categorías y se les asignó un valor numérico: aptitud alta (1), aptitud media (2) y aptitud baja (3). En cuanto a las restricciones, éstas asumieron la categoría de no apto (0).

4) Obtención de la primera versión del modelo de aptitud. Una vez clasificados los factores (de acuerdo con su aptitud) e identificadas las restricciones, se aplicó el álgebra de mapas para obtener un mapa de aptitud general.

5) Obtención del mapa final del modelo de aptitud. Con los valores obtenidos mediante la técnica de álgebra de mapas, se reclasifican por cuartiles, en cuatro categorías: aptitud muy alta, aptitud alta, aptitud media y no apto.

## **Aptitud forestal en la zona de estudio**

El Parque Estatal denominado “El Oso Bueno” se localiza entre la zona montañosa de los municipios de Acambay y Aculco del Estado de México, cuenta con aproximadamente 15,288 hectáreas, el tipo de vegetación que prevalece corresponde al bosque de encino, pino, mixto de encino-pino, inducido con reforestación de cedro y pino, pastizal natural e introducido y matorral xerófilo. En cuanto a la fauna, se considera que se puede encontrar: tlacuache, armadillo, ardilla, conejo, liebre, zorra, tejón, ratón de campo, comadreja, lechuga, búho, gorrión, zorzal, calandria, gavilán, cernícalo, zopilote, cuervo, zanate, correcaminos, iguana, lagartija, camaleón, escorpión, sapo y víbora.

En lo que respecta al municipio de Acambay cuenta con 9,370.38 hectáreas y se localiza en la porción central y norte,

actualmente también conocido como “Parque La Mesita”. Siendo la cota mínima de 2680 msnm al norte de la localidad de Tixmadeje Barrio Dos llegando hasta los 3330 msnm en Cerro Pelón de Ñado en los límites con el municipio de Aculco y el Estado de Querétaro (Figura 1).

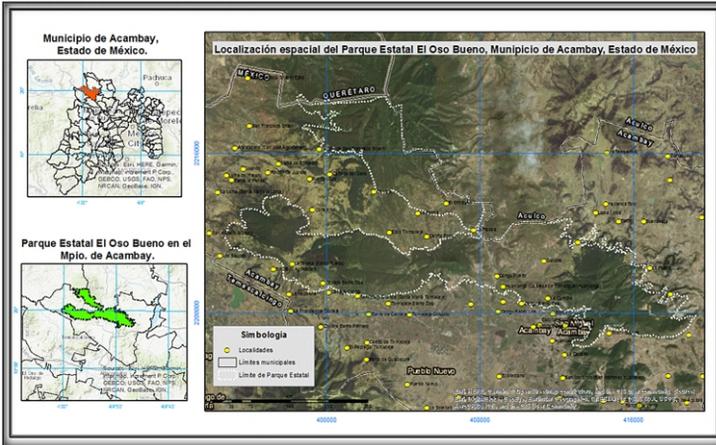


Figura 1. Localización espacial del Parque Estatal “El Oso Bueno”, Municipio de Acambay, Estado de México.

Fuente: Elaboración propia.

La estimación de la aptitud forestal para el Parque Estatal “Oso Bueno” se calculó a partir de los siguientes factores: suelo, pendiente, uso de suelo, cercanía a vías de comunicación y riesgo de degradación por erosión. En cuanto a las restricciones, fueron considerados los usos de suelo correspondientes a zona urbana, cueros de agua, zonas de extracción de material, suelo desprovisto de vegetación y roca. Se delimitaron también los valores o características óptimos para cada variable considerada (Cuadro 1).

**Cuadro 1. Variables, criterios y restricciones para determinar la aptitud Forestal**

Factor	Aptitud Alta (1)	Aptitud Media (2)	Aptitud Baja (3)	No Apto Restricción (0)
Suelo	Andosol, Luvisol y Cambisol	Feozem y Litosol	Planosol y Vertisol	No Aplica
Pendiente	15°- 90°	9-15°	0-9°	No Aplica
Uso de Suelo	Bosque	Pastizal	Agrícola de temporal, Agrícola de riego	Zona Urbana, Cuerpos de agua, Extracción de material, Suelo desprovisto de vegetación y Roca
Cercanía a Vías de comunicación	0-2 km	2-4 km	4-6 km	No Aplica
Riesgo de degradación por erosión	Bajo	Medio y Alto	Extremo	No Aplica

Fuente: Elaboración propia con base al juicio de expertos.

De acuerdo con los valores óptimos obtenidos para cada variable, se realizó una reclasificación desde el software ArcMap 10.2.2, asignándole un número de acuerdo a su grado de aptitud, en el caso de la aptitud alta se le asignó el número 1; en el caso de la aptitud media se le asignó el número 2, en el caso de la aptitud baja se le asignó el número 3 y en el caso de las restricciones se les asignó el número cero, como se muestra en las figuras 2 a la 6.

Old values	New values
Feozem	2
Cuerpo de Agua	0
Luvisol	1
Vertisol	3
Planosol	3
S/D	0
Andosol	1
Cambisol	1
Litosol	2
Regosol	1
Fluvisol	3
NoData	NoData

Figura 2. Reclasificación de los valores para la variable edafología.

Old values	New values
Agricultura de riego	3
Agricultura de temporal	3
Bosque	1
Cuerpo de agua	0
Extracción de material	0
Pastizal	2
Suelo desprovisto de vege	0
Zona urbana	0
Roca	0
Vegetación secundaria co	2
Vegetación de páramos de	0
Área verde urbana	1
Lirio acuático	0
NoData	NoData

Figura 3. Reclasificación de los valores para la variable uso de suelo y vegetación.

Old values	New values
0 - 9	3
9 - 15	2
15 - 90	1
NoData	NoData

Figura 4. Reclasificación de los valores para la variable de pendiente.

Old values	New values
2000	1
2000 - 4000	2
4000 - 6000	3
NoData	NoData

Figura 5. Reclasificación de los valores para la variable cercanía a vías de comunicación.

Old values	New values
Bajo	1
Medio	2
Alto	2
Muy Alto	3
NoData	NoData

Figura 6. Reclasificación de los valores para la variable riesgo de degradación por erosión.

Una vez transformadas las variables en una escala única, se hizo posible comparar los elementos y establecer ordenes de prioridad, para llegar a la elaboración de la primera versión del modelo de aptitud forestal, se utilizó el método de algebra de mapas, se sumaron aptitudes obtenidas en cada variable, para luego multiplicarla por la restricción correspondiente obteniendo como resultado para cada una de las variables una capa de información como se muestra en las figuras 7 a la 11.

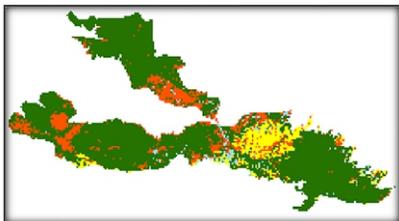


Figura 7. Imagen resultante del proceso de reclasificación de la capa uso de suelo y vegetación.

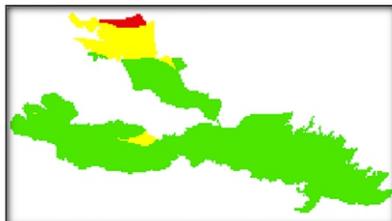


Figura 8. Imagen resultante del proceso de reclasificación de la capa vías de comunicación.

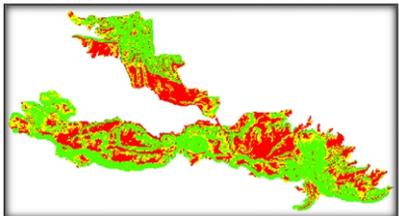


Figura 9. Imagen resultante del proceso de reclasificación de la capa pendientes.

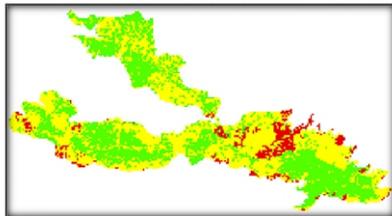


Figura 10. Imagen resultante del proceso de reclasificación de la capa erosión potencial.

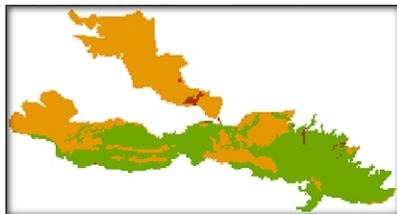


Figura 11. Imagen resultante del proceso de reclasificación de la capa edafología.

Para obtener el mapa final del modelo de aptitud forestal para el Parque Estatal “Oso Bueno”, se realizó una nueva clasificación, mediante cuartiles, obteniendo como resultado que el 97.6% de la superficie del parque presenta una aptitud forestal de media a muy alta, desglosándose de la siguiente manera: 2.8% presenta una aptitud forestal muy alta, el 85% cuenta con una aptitud forestal alta y el 9.6% presenta una aptitud media. Resalta solamente el 2% de la superficie identificada como no apta para cuestiones forestales como se observa en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Resultados de la aptitud forestal del Parque Estatal “El Oso Bueno”.

Aptitud	Superficie en Ha.	%
No Apto	223.143	2.38
Media	903.769	9.64
Alta	7975.469	85.11
Muy Alta	267.998	2.86
Total:	9370.379	100

Fuente: Elaboración propia.

Las zonas con aptitud alta y muy alta corresponden a zonas en donde el uso de suelo es forestal y eso indica que en estas zonas puede proponer y llevar a cabo programas de reforestación con plantaciones idóneas a las zonas, mientras que las zonas con aptitud no aptas son en aquellas donde se extrae material o bien el suelo se encuentra en procesos erosivos, sin embargo, la distribución espacial de estas áreas las podemos observar en el mapa de la figura 12.

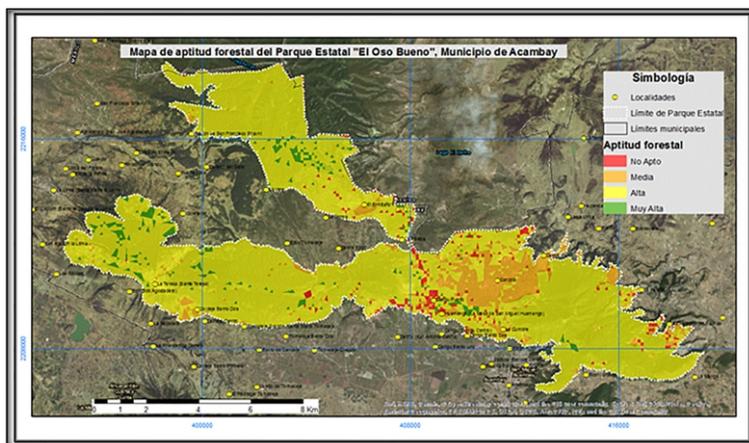


Figura 12. Mapa de aptitud forestal del Parque Estatal "El Oso Bueno", Municipio de Acambay.

Fuente: Elaboración propia.

## Consideraciones finales

El uso del análisis multicriterio como parte de los procesos estadísticos espaciales han permitido fortalecer el uso de las herramientas geotecnológicas para la implementación de diversos modelos cartográficos orientados a la toma de decisiones, como se observa en el presente capítulo en la identificación de sitios con mayor aptitud para la actividad forestal.

El análisis multicriterio es un método estadístico que permitió ponderar las variables cartográficas bajo un enfoque de análisis experto que conjuga las diversas opiniones y puntos de vista de la importancia de cada una de ellas tomando como consideración principal las características de la zona de estudio.

Es importante resaltar que estos datos y opiniones vertidas por cada uno de los expertos involucrados en el presente estudio se reflejaron mediante la representación cartográfica de la información a través de la aplicación de un modelo cartográfico que arrojó como resultado un mapa síntesis en el cual se visualizan los sitios con alta, media, baja y no aptos para la actividad forestal. Es

importante mencionar que el resultado es una representación de lo más aproximado a la realidad, siendo así los tomadores de decisiones y los implicados en un proyecto de estas dimensiones los responsables del uso, interpretación y aplicación que se le den al resultado de los procesos de análisis multicriterio.

## **BIBLIOGRAFIA**

Barredo C. 1996. Sistemas de Información Geográfica y Evaluación Multicriterio, en la ordenación del territorio, RA-MA Editorial, España, 250 pp. ISBN 84-7897-230-7.

Colson, G. y De Bruin, C. 1989. Models and Methods in Multiple Objective Decision Making. In G. Colson; C. De Bruin (Eds.): Models and Methods in Multiple Criteria Decision Making. Pergamo, London.

Nidjkam, P. y Van Delft, A. 1977. Multicriteria Analysis and Regional Decicion Making. Martinus Nijhoff, Leiden.

Pineda, N., Bosque J., et. al. 2013. "Modelos de simulación para localizar zonas adecuadas para repoblaciones forestales mediante técnicas de Evaluación Multicriterio y SIG. El caso del Estado de México" en: Monroy. F. (coord.), Estudios geográficos con Técnicas de Evaluación Multicriterio. México, Editores.

Esta obra se terminó de editar  
en la Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina.  
Mayo de 2019.



ISBN 978-987-1548-98-9

