

**TENDENCIAS Y RETOS DE  
LA GEOGRAFÍA EN  
AMÉRICA LATINA EN EL  
SIGLO XXI:  
UNA PERSPECTIVA DESDE EL VII CGAL**

*Agustín Olmos Cruz  
Fernando Carreto Bernal  
Carlos Reyes Torres  
Bonifacio D. Pérez Alcántara  
Coordinadores*



Universidad Autónoma  
Del Estado de México



Facultad de  
Geografía

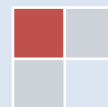
**CAIE**

Cuerpo Académico en  
Investigación Educativa

ISBN: 978-607-422-918-9



9 786074 229189



Tendencias y Retos de la Geografía en América Latina en el siglo XXI. Una perspectiva desde el VII CGAL

La presente publicación contó con dictámenes de expertos, de acuerdo con las normas editoriales de la UAEM y de la Facultad de Geografía.

Edición general:

Agustín Olmos Cruz

Fernando Carreto Bernal

Bonifacio Doroteo Pérez Alcántara

Carlos Reyes Torres



ISBN: 978-607-422-918-9

D. R. © Universidad Autónoma del Estado de México

[Instituto Literario núm. 100](#) Ote.,

Centro, C.P. 50000,

Toluca, Estado de México

<http://www.uaemex.mx>

**DIRECTORIO**  
**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO**

**Dr. en Ed. Alfredo Barrera Baca**  
**Rector**

**M. SP María Estela Delgado Maya**  
**Secretaria de Docencia**

**Dr. En C.I. Carlos Eduardo Barrera Díaz**  
**Secretaria de Investigación y Estudios Avanzados**

**Dr. en C.S. Luis Raúl Ortiz Ramírez**  
**Secretario de Rectoría**

**Dr. en A. José Edgar Miranda Ortíz**  
**Secretaria de Difusión Cultural**

**M. en C. Jannet Valero Vilchis**  
**Secretaria de Extensión y Vinculación**

**M. en E. Javier González Martínez**  
**Secretario de Administración**

**M. en L.A. María del Pilar Ampudia García**  
**Secretaria de Cooperación Internacional**

**M. en E.U.R Héctor Campos Alanís**  
**Secretario de Planeación y Desarrollo Institucional**

**Dra. En D. Luz María Zarza Delgado**  
**Abogada General**

**Lic. en Com. Gastón Pedraza Muñoz**  
**Director General de Comunicación Universitaria**

**M en R.I. Jorge Bernáldez García**  
**Secretario Técnico de la Rectoría**

**M. en A.P. Guadalupe Santamaría González**  
**Director General de Centros Universitarios y Unidades Académicas Profesionales**

**M. en A. Ignacio Gutiérrez Padilla**  
**Contralor Universitario**

**DIRECTORIO**  
**FACULTAD DE GEOGRAFÍA**

**Dr. en C. A. Francisco Zepeda Mondragón**  
**Director**

**M. A. E. G. Arturo Barreto Estrada**  
**Subdirector Académico**

**L. C. I. Rubén Ochoa Mora**  
**Subdirector Administrativo**

**M. en C. Amb. Nancy Sierra López**  
**Coordinadora de Planeación**

**Dra. Marcela Virginia Santana Juárez**  
**Coordinadora de Investigación y Posgrado**

**M. en G. Lidia Alejandra González Becerril**  
**Coordinadora de Extensión y Vinculación**

**Mtra. Cristina Estrada Velázquez**  
**Coordinadora de Difusión Cultural**

**Dra. en C. Patricia Flores Olvera**  
**Coordinadora de la Licenciatura en Geografía**

**Lic. Miguel Eduardo García Reyna**  
**Coordinador de la Licenciatura en Geoinformática**

**Dr. en E. Agustín Olmos Cruz**  
**Coordinador de la Licenciatura en Geología Ambiental y Recursos Hídricos**

## **Presentación**

El presente libro intitulado Tendencias y retos de la geografía en América Latina en el siglo XXI: una perspectiva desde el VII CGAL, es un producto derivado del 7° Coloquio Geográfico sobre América Latina, celebrado en desde hace ya dos décadas en la Facultad de Geografía de la Universidad Autónoma del Estado de México, convocando con el eje temático sobre “Las Tendencias y retos de la Geografía en América Latina en el siglo XXI”

El propósito de dicho evento, fue contribuir al fortalecimiento del gremio geográfico latinoamericano, a través de redimensionar la participación inter- disciplinaria e interinstitucional para la solución de las problemáticas territoriales a escala regional de América Latina.

A través de la reflexión y análisis de las profundas transformaciones que se están generando en la región, los ponentes participantes de México, Cuba y Brasil, ofrecieron diversos estudios sistematizados desde sus respectivas visiones disciplinarias y enfoques metodológicos, con una mirada inclusiva, participativa de los saberes, fomentando el diálogo y propiciando la vinculación de redes de colaboración, buscando en el eco y contraste de opiniones, la orientación más conveniente.

Sin lugar a dudas eventos como este, contribuyen a fortalecer la producción científica, que implica discutir alternativas se solución a problemáticas existentes de la sociedad actual, todas sus dimensiones, significando un verdadero reto para el siglo XXI.

Dr. en C. A. Francisco Zepeda Mondragón  
**Director de la Facultad de Geografía, UAEM**

## **Introducción**

El propósito del presente libro es el difundir los aportes de los investigadores que participaron en el VII Coloquio Geográfico de América Latina, evento que forma parte de la tradición académica de la Facultad Geografía de la Universidad Autónoma del Estado de México.

Su estructura contempla siete capítulos: en el primero denominado Origen y devenir histórico del Coloquio Geográfico sobre América Latina de la Facultad de Geografía de la UAEM de los autores Carlos Reyes Torres, Agustín Olmos Cruz y Fernando Carreto Bernal, integrantes del Cuerpo Académico en Educación y Enseñanza de la Geografía, da cuenta del origen de los Coloquios Geográficos de AL, estableciendo sus etapas de desarrollo desde 1993 al 2014, caracterizando sus comités organizadores, ejes temáticos, así como la representación de los ponentes de las instituciones y países participantes. La relevancia de estos estudios radica en la recuperación de la historia de los eventos para fomentar la identidad y sentido de pertenencia con la disciplina y con la institución.

En el segundo capítulo “Estudio de los Procesos de Hundimientos en el Noreste del Municipio de Toluca, Estado de México” de Luis Miguel Espinosa Rodríguez y Ana Karen Rivera Alfaro, desarrollan una caracterización de los procesos de hundimiento relacionados con la extracción de agua en el sector Noreste del municipio de Toluca en el Estado de México. De manera particular se centra la atención en la localidad de San Pedro Totoltepec de la cual se tienen evidencias de procesos de esta tipología desde el año 1999 cuando se comenzó a sistematizar la información referente a esta zona.

El tercer capítulo “Análisis Espacial de la Distribución Biogeográfica, de Árboles y Arbustos Medicinales en el Valle de Malinalco, México” de Jesús Gastón Gutiérrez Cedillo, José Isabel Juan Pérez María Cristina Chávez Mejía<sup>3</sup> y Erik Villarreal Hernández. La investigación se enfocó al análisis espacial de la distribución de árboles y arbustos medicinales en el Valle de Malinalco, Estado de México; evaluando la problemática ambiental relacionada con la extracción de las especies, que realizan los habitantes.

Para el cuarto capítulo “Evaluación del Peligro de Contaminación del Agua Subterránea. Acuífero del Valle de Toluca, México” de José Luis Expósito Castillo, Ma. Vicenta Esteller Alberich., Carolina Massiel Medina Rivas, Juan Manuel Esquivel Martínez y José Emilio Baró Suárez., la investigación se centró en la fue evaluación del peligro de contaminación

del agua subterránea del acuífero del Valle de Toluca para ofrecer una herramienta que favorezca el manejo sostenible del acuífero, a través de la cartografía de la vulnerabilidad del sistema empleando una modificación del método de vulnerabilidad WATER diseñado para acuíferos multicasas.

El quinto capítulo “Aplicación de los SIG y Análisis Multicriterio para el Diseño Óptimo de Redes de Monitoreo del Nivel Piezométrico. Acuífero del Valle de Toluca, México” de Juan Manuel Esquivel Martínez, José Luis Expósito Castillo y María Vicenta Esteller Alberich. El resultado principal de la investigación se centró en desarrollar un método para el diseño óptimo de la red de monitoreo del nivel piezométrico (cantidad) con base en el SIG y el análisis multicriterio, considerando como estudio de caso el acuífero del Valle de Toluca (AVT).

En el sexto capítulo “Cultura, Historia y Construcción de Paisaje. Diferencias en las Formas de Apropiación del Espacio entre Menonitas y Mestizos de Chihuahua, México”. de Luis Carlos Bravo Peña, Lara C. Wiebe, María Elena Torres Olave y Cicilian Löwen Sahr.

El séptimo capítulo “Aplicación de la Teoría Fundamentada a los Principios y Aprendizaje de la Geografía” de Carlos Constantino Morales Méndez

El octavo y último capítulo “Propuesta para la Articulación del Área Socioeconómica del Plan de Estudios “E” de la Licenciatura en Geografía de la UAEM” de Bonifacio Pérez Alcántara, Fernando Carreto Bernal y Carlos Reyes Torres

## Índice

Capítulos	Paginas
<b>Capítulo I.</b> Origen y devenir histórico del Coloquio Geográfico sobre América Latina de la Facultad de Geografía de la UAEM. <i>Carlos Reyes Torres, Agustín Olmos Cruz y Fernando Carreto Bernal</i>	9
<b>Capítulo II.</b> Estudio de los Procesos de Hundimientos en el Noreste del Municipio de Toluca, Estado de México. <i>Luis Miguel Espinosa Rodríguez y Ana Karen Rivera Alfaro</i>	21
<b>Capítulo III.</b> Análisis Espacial de la Distribución Biogeográfica, de Árboles y Arbustos Medicinales en el Valle de Malinalco, México. <i>Jesús Gastón Gutiérrez Cedillo, José Isabel Juan Pérez María Cristina Chávez Mejía y Erik Villarreal Hernández.</i>	37
<b>Capítulo IV.</b> Evaluación del Peligro de Contaminación del Agua Subterránea. Acuífero del Valle de Toluca, México. <i>José Luis Expósito Castillo, Ma. Vicenta Esteller Alberich., Carolina Massiel Medina Rivas, Juan Manuel Esquivel Martínez y José Emilio Baró Suárez.</i>	64
<b>Capítulo V.</b> Aplicación de los SIG y Análisis Multicriterio para el Diseño Óptimo de Redes de Monitoreo del Nivel Piezométrico. Acuífero del Valle de Toluca, México. <i>Juan Manuel Esquivel Martínez, José Luis Expósito Castillo y María Vicenta Esteller Alberich</i>	80
<b>Capítulo VI.</b> Cultura, Historia y Construcción de Paisaje. Diferencias en las Formas de Apropiación del Espacio entre Menonitas y Mestizos de Chihuahua, México. <i>Luis Carlos Bravo Peña, Lara C. Wiebe María Elena Torres Olave y Cicilian Löwen Sahr.</i>	97
<b>Capítulo VII.</b> Aplicación de la Teoría Fundamentada a los Principios y Aprendizaje de la Geografía. <i>Carlos Constantino Morales Méndez</i>	114
<b>Capítulo VIII.</b> Propuesta para la Articulación del Área Socioeconómica del Plan de Estudios “E” de la Licenciatura en Geografía de la UAEM. <i>Bonifacio Pérez Alcántara, Fernando Carreto Bernal y Carlos Reyes Torres</i>	134



## Capítulo I

### Origen y devenir histórico del Coloquio Geográfico sobre América Latina de la Facultad de Geografía de la UAEM

*Carlos Reyes Torres,  
Agustín Olmos Cruz,  
Fernando Carreto Bernal*  
Facultad de Geografía UAEM.

#### El Origen

Con la novena edición del Simposio Mexicano–Polaco celebrada en 1993, la Facultad de Geografía de la Universidad Autónoma del Estado de México (UAEM) organiza el **“Primer Coloquio Geográfico sobre América latina”**, como una respuesta a las demandas que estudiosos de la geografía habían venido vertiendo en el sentido de contar con espacios que dieran cabida a los investigadores que deseaban mostrar sus inquietudes y puntos de vista dentro del campo geográfico y para discutir problemáticas de Latinoamérica y la visualización de soluciones para las mismas. Hay que hacer notar que “este [encuentro para debatir sobre alguna temática específica de la ciencia geográfica] ha enriquecido notablemente el intercambio y las posibilidades de colaboración y de discusión, entre investigadores interesados en la problemática latinoamericana, sean estos americanos o europeos, sobre todo en lo que se refiere a los grandes cambios ambientales y socio-económicos que aquejan y modifican el panorama geográfico del planeta y en especial de América Latina” (UAEM, 1993).

El Coloquio Geográfico es un evento académico internacional que se realiza desde hace 21 años y que tiene como misión ser un espacio de reflexión y análisis en cuestiones vinculadas a América Latina, referidas a la organización espacial de las actividades humanas, la planeación ambiental, el conocimiento del territorio -de sus recursos, la toma de decisiones y gestión de los mismos; la resolución a problemas relacionados con la planeación geográfica integral, la ordenación del territorio y la evaluación de riesgos e impacto ambiental, así como el planteamiento de alternativas de solución a problemas como la pobreza, la marginación, la desigualdad social y territorial y el uso irracional del suelo, entre otros.

---

\* Profesores investigadores de la Facultad de Geografía de la UAEM.

El Coloquio Geográfico se realiza en busca de soluciones a problemas en común que presentan los diferentes territorios de América Latina y que se reflejan en la contaminación ambiental, la pérdida de la capa vegetal, la erosión, la pobreza de millones de personas, las carencias de salud y educación, la pérdida del potencial de autosuficiencia material y alimentaria. Todos ellos fenómenos deliberados o inconscientemente inducidos para lograr una eficiencia económica estrechamente concebida y acelerada por la competitividad internacional, por el consumismo y por la modernización como fines en sí mismos. Ante estos escenarios es necesario identificar, caracterizar y analizar las causas del crecimiento desequilibrado que han sufrido los territorios a diferentes niveles, escalas y procesos, buscar solos o en colectividad, los trazos, las pistas, los símbolos, que nos lleven a la construcción de un mundo, a veces vivido, a veces soñado, donde confluyan la equidad con la vida cotidiana, la ciencia y la tecnología con el consumo responsable, la moral con la política, la historia con la formación de una nueva cultura cívica ambiental. Debemos hallar la necesaria alianza, la suma de esfuerzos y voluntades de profesionistas confiables y comprometidos, de organismos civiles que actúen con ética, de grupos de productores responsables y de personas sensibles de la industria y el gobierno, para buscar alternativas de solución a los problemas actuales que enfrenta la sociedad Latinoamérica, hasta alcanzar su desarrollo con equidad, sin pretender la formación de nuevos dogmas u ortodoxias (UAEM, 2010).

### **Desarrollo del Coloquio Geográfico sobre América Latina**

El Coloquio Geográfico sobre América Latina se ha realizado en la Ciudad de Toluca México, teniendo como sede la Facultad de Geografía de la UAEM. Desde 1993 hasta el 2014 se han efectuado 7 Coloquios, caracterizados por la celebración de conferencias magistrales, mesas de discusión, sesión de carteles y presentaciones de libros. Lo significativo de este acontecimiento, es que a partir del primer Coloquio Geográfico se ha llevado una continuidad de dos eventos al mismo tiempo, el Simposio Mexicano–Polaco y el Coloquio Geográfico sobre América Latina, con una tradición que se ha vuelto esencial para nuestra institución en el sentido de poder entablar relaciones con países de América y Europa interesados en la realización de estudios aplicados a la problemática territorial latinoamericana desde las diferentes orientaciones disciplinarias y sus enfoques metodológicos. Es importante señalar que ambos eventos han venido adquiriendo un verdadero prestigio y una aceptación entre la comunidad científica internacional.

La importancia que tiene este evento académico es que reúne a la comunidad geográfica de estas regiones del mundo, así como a profesionales de disciplinas relacionadas e interesadas. En marzo de 2012 el Coloquio Geográfico sobre América Latina fue consumado en Paraná, Provincia de Entre Ríos de la República Argentina, por la carrera de Geografía de la Facultad de Humanidades, Artes y Ciencias Sociales de la Universidad Autónoma de Entre Ríos (UADER).

### **Propósitos y finalidades del Coloquio**

El propósito del Coloquio Geográfico es reunir especialistas del campo de la Geografía y ciencias afines, para discutir los desafíos que enfrenta América Latina en la globalización desde una mirada inclusora, participativa y democratizadora de los saberes, fomentando el diálogo y el establecimiento de redes de colaboración académica.

La finalidad del Coloquio Geográfico es constituir un espacio de reflexión en el cual se participe en el compromiso de sostener una agenda de debate y difusión de saberes que aporten críticamente en la transformación de la realidad latinoamericana; propiciar la consolidación y el establecimiento de redes de colaboración académica para difundir actividades de investigación, docencia y extensión en el campo de la Geografía; promover un ámbito para el debate acercando las nuevas miradas teóricas de Geografía sobre temas que ocupan y preocupan a la Geografía en el marco de América Latina; reconocer los avances teóricos y metodológicos de la Geografía como alternativa para enfrentar los graves problemas en América Latina, así como, contribuir al fortalecimiento de la ciencia geográfica.

El Primer Coloquio Geográfico sobre América Latina se tituló “Cambios en los Espacios Rurales y Urbanos de América Latina en el Contexto de la Globalización”, el Comité organizador estuvo constituido por una Comisión Coordinadora General, encargada de garantizar el espacio para el diálogo, la discusión y la reflexión sobre las temáticas del Coloquio, estuvo conformada por catedráticos, autoridades y estudiantes de la Facultad de Geografía de la UAEM (Cuadro 1)

**Cuadro 1.** Comité organizador del Primer Coloquio Geográfico de América Latina

<b>Comisión Coordinadora General.</b>	<b>Coordinador y Secretario General</b>	<b>Editores</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Orlando Chacón López</li> <li>▪ Mercedes Cárdenas Boyasbeck</li> <li>▪ Inocencia Cadena Rivera</li> <li>▪ Camilo Cámara Uscanga</li> <li>▪ Jaime H. Graniel Graniel</li> <li>▪ Ma. Arcelia González Trapaga</li> <li>▪ Gerardo Jiménez Bueno</li> <li>▪ Carlos Morales Méndez</li> <li>▪ Efraín Peña Villada</li> <li>▪ Carlos Reyes Torres</li> <li>▪ Virginia Santana Juárez</li> <li>▪ Georgina Sierra Domínguez</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Delfino Madrigal Uribe</li> <li>▪ Vicente Peña Manjarrez</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Antonio Iturbe Posadas</li> <li>▪ Leonardo Mendoza Reyna</li> <li>▪ Francisco Reyna Sáenz.</li> <li>▪ Gloria Trejo Dzib.</li> </ul> <p><b>Coordinador de la edición</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Sergio Franco Mass.</li> </ul> <p><b>Colaboradores</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Homey Rojas de Vertiz</li> <li>▪ Marina Vázquez Guadarrama</li> <li>▪ Olga Sedano Valdez</li> <li>▪ Rosa Ma. Sandoval Beltrán.</li> </ul>

Fuente: MEMORIA del Primer Coloquio Geográfico sobre América Latina y IX Simposio Mexicano –Polaco.

### **Ejes temáticos**

El Coloquio Geográfico sobre América Latina aborda varios ejes temáticos, entre ellos: Nuevos paradigmas de la Geografía; Orientaciones disciplinarias y enfoques metodológicos en la ciencia geográfica; Geografía física y medio ambiente; Evaluación y gestión de riesgo; Procesos geográficos, socioeconómicos y espaciales; Ordenación y gestión sustentable del territorio; Desarrollo urbano y regional; Población y economía; Impacto ambiental en las ciudades; Equipamiento e infraestructura urbana; Políticas de desarrollo urbano y regional; Modelos innovadores en la enseñanza de la geografía y análisis geográfico del ámbito educativo; Aplicaciones geotecnológicas ambientales; Riesgos naturales e impacto ambiental; Pobreza, exclusión y vulnerabilidad socio territorial; Desarrollo humano y salud; Nuevos desafíos para la Geografía política; Áreas protegidas y servicios ambientales; Cultura y territorio; Seguridad alimentaria; Desarrollo y aplicaciones de la ciencia y tecnología geográfica; Geografía industrial, de la innovación y el conocimiento; Procesos urbanos y rurales; Geografía ambiental y desarrollo sustentable; Geografía de los servicios; Geografía cultural; Geografía política; Geografía económica; Geografía urbana; Geografía rural; Teoría y metodología de la Geografía; Geografía social, temas libres entre otros.

Los temas de estudio han versado sobre el uso de suelo, las dinámicas demográficas, el análisis de procesos de gobernanza y desarrollo local de las ciudades latinoamericanas; el

papel de la Geografía como ciencia "puente" en el contexto de crisis ecológica global; el estado teórico y conceptual de la disciplina en Latinoamérica; la geografía ambiental; las tendencias innovadoras en la enseñanza de la geografía; los procesos socioeconómicos y culturales en el desarrollo territorial; el ordenamientos territorial en el desarrollo sustentable del siglo XXI; territorio y salud; estudios sociodemográficos territoriales; procesos urbano metropolitanos, en América Latina; nuevas tecnologías en la investigación geográfica del siglo XXI, entre otros.

### **Instituciones internacionales y nacionales que han participado en el Coloquio Geográfico sobre América Latina**

El Coloquio Geográfico sobre América Latina ha contado con la presencia de destacados especialistas procedentes de diversas latitudes de América y Europa: Cuba, Chile, Brasil, Argentina, Uruguay, Venezuela, Ecuador, Chile, Costa Rica, Argentina, Venezuela, Colombia, Puerto Rico y México, así como de Polonia, Israel, España: El idioma oficial del evento es el español, portugués e inglés. Entre las instituciones internacionales y nacionales participantes están (Cuadros 2 y 3):

**Cuadro 2.** Instituciones internacionales que han participado en el Coloquio Geográfico sobre América Latina

<b>País</b>	<b>Institución</b>
<b>Argentina</b>	Departamento de Geografía de la Universidad Nacional de Comahue. Departamento de Geografía de la Universidad Nacional de Catamarca. Centro de Estudios Ambientales de la Universidad Nacional del Centro. Universidad Provincial de la Rioja. Facultad de Ciencias Sociales y Humanas, UNICEN. Facultad de Cs Humanas, Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires Argentina. CONICET. Universidad Nacional de Río Cuarto. Universidad Nacional del Litoral, FHUC. Santa Fe. Universidad Católica de Santa Fe, FCTyA. Santa Fe. Universidad Nacional de Luján (UNLu). Provincia de Buenos Aires. Universidad Nacional de La Plata. Universidad Autónoma de Entre Ríos”. UADER. Universidad Nacional de Córdoba. Universidad Nacional de la Patagonia Austral – Unidad Académica Río Gallegos. Universidad Nacional del Comahue. Neuquén. Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco. Facultad de Humanidades Artes y Ciencias Sociales. UADER. Facultad de Ciencias Humanas. Universidad Nacional de Río Cuarto. Facultad de Agronomía y Veterinaria. Universidad Nacional de Río Cuarto. Facultad de Ciencias Económicas, Universidad de Buenos Aires. Facultad de Humanidades y Ciencias de la Educación (FaHCE). Universidad Nacional de La Plata (UNLP).

	<p>Facultad de Agronomía/ CIISAS .  Facultad de Ciencias Humanas/CESAL/Nodo CONICET.  Centro de Investigaciones Geográficas / Instituto de Investigaciones en Humanidades y Centro de Investigaciones Ambientales, FAUD, UNMDP – CONICET.  Ciencias Sociales (UNLP-CONICET).  Departamento de Geografía – Universidad Nacional de Tucumán.  Departamento de Geografía y Turismo, Universidad Nacional del Sur, Bahía Blanca-Pcia. Buenos Aires.  Departamento de Geografía. Facultad de Filosofía y Humanidades. Universidad Nacional de Córdoba.  Departamento de Geografía. Centro de Estudios de Integración Regional CEIR.  Departamento de Geografía. Facultad de Ciencias Humanas.  Departamento de Geografía, Universidad Nacional de Río Cuarto.  Departamento de Geografía, Facultad de Humanidades y Ciencias de la Educación, Departamento de Geografía de la FHA y CS. – UADER.  Instituto de Investigaciones Geo-históricas- CONICET-UNNE.  Instituto de Investigaciones Geográficas de la Patagonia (IGEOPAT).  Instituto de Geografía - Facultad de Humanidades- Universidad Nacional del Nordeste (UNNE).  Instituto de Geografía, Facultad de Filosofía y Letras, UBA.  Instituto de estudios de Geografía Universidad Nacional de Tucuman.  Escuela Normal Superior N° 32 “José de San Martín” Santa Fe- Argentina.  Escuela Enseñanza Media N° 440 “Simón de Iriondo” Santa Fe- Argentina.  Licenciatura en Geografía Facultad de Humanidades, Artes y Ciencias Sociales. UADER Universidad Nacional del Nordeste.  Grupo de Estudios Geográficos de la Cuenca del Río Luján (GECLU) Universidad Nacional de Luján.  Grupo de Trabajo sobre Cuestiones Territoriales de San A. de Giles.  Grupo de Estudios sobre Población y Territorio (GESPyT). Facultad de Humanidades. Universidad Nacional de Mar del Plata.  Grupo de Trabajo sobre Cuestiones Territoriales de San A. de Giles.  Programa de Estudios Geográficos (PROEG) Universidad Nacional de Luján.</p>
<b>Cuba</b>	<p>Instituto de Geografía de la Academia de Ciencias.  Instituto de Planificación Física.  Sociedad de Espeleología.  Centro de Investigaciones de Ecosistemas Costeros.  Instituto de Geografía Tropical de la Habana  Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente.  Centro de Estudios Demográficos, Universidad de La Habana.</p>
<b>Brasil</b>	<p>Facultad de Ciencias e Tecnología, UNESP.  Instituto de Geociencias y Ciencias Exactas de la universidad Estatal Paulista.  Departamento de Fitotecnia, Ec. de Sociología Rural, UNESP  Aluna de doutorado do Programa de Pós-Graduação em Geografia Humana da Universidade de São Paulo.  Departamento de Geografia -Cidade Universitária. CEP 05508-000 São Paulo.  Departamento de Planejamento Territorial e Geoprocessamento da Universida de Estadual Paulista, Unesp/Campus de Rio Claro.  Facultad de Educação da Universidade de São Paulo.  Dep. de Geografía de la Facultad de Filosofía, Letras y Ciências Humanas de la Fundacao Universidade Regional de Blumenea Brasil.  Depto de Geografía - FFLCH-USP –Brasil.  Depto de Geociências – UFSM.  Universidade do Estado do Rio de Janeino.  Universidade Federal do Amapá. Brasil.  Universidade Estadual de Maringá/Paraná/Brasil (Bolsista da CAPS).  Universidad de Federal de Bahia, Brasil.</p>

	<p>Universidade Federal do Triângulo Mineiro – UFTM.  Universidade Federal de Uberlândia- UFU.  Universidade Estadual de Montes Claros – UNIMONTES.  Universidade Federal de Goiás (UFG).  Universidade Federal de Pernambuco – UFPE Campus Garanhuns.  Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN) – Brasil.  Universidade Estadual de Ponta Grossa-PR.  Universidade de Brasília Engenharia Agrônoma.  Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC.  Universidade Federal da Paraíba-Brasil.  Universidade Federal do Amazonas (UFAM) e Núcleo de Estudos e Pesquisas das Cidades na Amazônia Brasileira (NEPECAB).  Instituto de Economia Agrícola (Iea) do Governo do Estado de São Paulo.  Instituto Privado D-189 Don Tomás de Rocamora.  Instituto San José D-48”.  Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Sergipe – IFS – Campus São.  Centro de Investigaciones Geográficas (CIG). Facultad de Ciencias Humanas UNCPBA.  Departamento de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal de Santa Catarina.  Programa de Pós-Graduação em Planejamento Energético (PPE/COPPE) - Universidade Federal do Rio de Janeiro.  Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Urbano da Universidade Federal de Pernambuco e Coordenadora do Observatório de Políticas Públicas e Práticas Socioambientais.  Programa de Pós-Graduação e Pesquisa em Geografia da Universidade Federal do Rio Grande do Norte (PPGe/UFRN). O presente trabalho foi realizado com o apoio do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq.  Programa de Pós—Graduacao em Geografia – Gestao do Território, na linha de pesquisa Dinamicas Regionais e Urbanas da Uiversidade Estadual de Ponta Grossa – PR.  Nucleo de estudos e Pesquisas das Cidades na Amazonia Brasileira (NEPECAB).  Cristovão, doutoranda do Núcleo de Pós-Graduação em Geografia - NPGeo/UFS – Universidade Federal de Sergipe – Brasil.  Grupo de Pesquisa em Planejamento e Gestão do Território na Amazônia Mestrando em Geografia - UFAM Manaus.  Instituto de Geografia Universidade do Estado do Rio de Janeiro.  Laboratorio de Análise Territorial e Urbana – LATUR – Universidade Federal de Juiz de Fora.</p>
<b>Chile</b>	<p>Departamento de Igra. Geográfica de la Universidad de Santiago.  Universidad de Chile.  Departamento de Ingeniería Geográfica, Universidad de Santiago de Chile.  Instituto de Geociencias, Universidad Austral de Chile.  Universidade do Estado do Rio de Janeiro.  Instituto Superior del Profesorado N° 16. "Dr. Bernardo A. Houssay.</p>
<b>Ecuador</b>	<p>Universidad de Ecuador.  Universidad París I Panthéon-Sorbonne</p>
<b>Venezuela</b>	<p>Núcleo Universitario “Rafael Rangel Universidad de los Andes, Venezuela.  Dpto. de Física y Matemáticas, Villa Universitaria - La Concepción – Trujillo Venezuela.  Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales, Escuela de Geografía, Mérida.</p>
<b>Polonia</b>	<p>Centro de Estudios sobre América Latina Universidad de Varsovia, Polonia.</p>
<b>Colombia</b>	<p>Pontificia Universidad Javerina de Bogotá.</p>
<b>Venezuela</b>	<p>Universidad Central de Venezuela.  Centro de Estudios para el Desarrollo Caracas.  Centro de Estudios Integrales del Ambiente Caracas.</p>
<b>Uruguay</b>	<p>Facultad de Ciencias de la Salud, Universidad Nacional de Entre Ríos. Concepción del Uruguay (Entre Ríos).</p>

	Facultad de Humanidades, Artes y Ciencias Sociales Universidad Autónoma de Entre Ríos. Facultad de Ciencias de la Salud, Universidad Nacional de Entre Ríos. Concepción del Uruguay (Entre Ríos).
<b>Colombia</b>	Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Universidad de los Andes. Institución Educativa Técnico Industrial Antonio José Camacho de Cali Colombia. Lic. en Ciencias Sociales de la Universidad Pedagógica Nacional de Bogotá Grupo de Investigación en Didáctica de la Educación Superior DIDES. Facultad de Educación. Universidad de Antioquia. Medellín, Colombia. Universidad de la Salle Bogotá y de la ESAP. Departamento de Geografía, Universidad Nacional de Colombia. Universidad de la Salle.
<b>Costa Rica</b>	Escuela de Ciencias Geográficas Universidad Nacional.

Fuente: Memoria del Primer Coloquio Geográfico sobre América Latina y IX Simposio Mexicano –Polaco, Memoria del 4º Coloquio Geográfico sobre América Latina y XV Simposio Mexicano –Polaco, Memoria del 5º Coloquio Geográfico sobre América Latina, Memoria del 6º Coloquio Geográfico sobre América Latina

**Cuadro 3.** Instituciones Nacionales que han participado en el Coloquio Geográfico sobre América Latina

<b>INSTITUCIÓN</b>	<b>CENTRO O FACULTAD</b>
Universidad Autónoma del Estado de México	Facultad de Geografía. Facultad de Planeación Urbana y Regional. Facultad de Arquitectura y Diseño. Facultad de Enfermería y Obstetricia. Facultad de Ciencias Agrícolas. Facultad de Antropología. Centro de Investigaciones en Ciencias Agropecuarias (CICA). Facultad de Ciencias. Facultad de Ciencias Políticas y Administración Pública. Facultad de Economía. Unidad Académica Profesional Nezahualcóyotl. Licenciatura de Medicina Veterinaria y Zootecnia Centro Universitario Amecameca. Facultad de Contaduría y Administración. Centro Universitario Amecameca. Cuerpo Académico de Nutrición; Licenciatura de Medicina Veterinaria y Zootecnia Centro de Investigación y Estudios Avanzados de la Población. Unidad Académica Profesional de Temascaltepec: Cuerpo Académico: Factores sociales, psicológicos y educativos de la educación. Plantel Lic. Adolfo López Mateos.
Instituto Nacional de Estadística y Geografía.	Departamento de Evaluación de Planes y Programas, México. Dirección Regional Centro Sur.
Universidad Nacional Autónoma de México	Facultad de Ciencias Políticas y Sociales. Instituto de Geografía. Alumnos del Programa de Posgrado en Geografía. Instituto de Investigaciones Sociales. Colegio de Geografía, F Fy L Instituto de Geofísica Escuela Nacional Preparatoria Plantel 1 “Gabino Barreda”.



	Escuela Nacional Preparatoria Plantel 9 “Pedro de Alba”. Escuela Nacional Preparatoria Num. 2 —Erasmus Castellanos Quinto. Escuela Nacional Preparatoria, Plantel 5 —José Vasconcelos Escuela Nacional Preparatoria, Plantel N° 7 —Ezequiel A. Chávez. Plantel N°9 —Pedro de Alba. Escuela Nacional Preparatoria.
Colegio de México	El Colegio de México.
Universidad de Autónoma de Guadalajara	Facultad de Geografía y Ordenamiento Territorial. Departamento de Geografía y Ordenación Territorial.
Instituto Mexicano de Tecnología del Agua	Instituto Mexicano de Tecnología del Agua
CENTROGEO	Centro de Investigación en Geografía y Geomática “Ing. Jorge L. Tamayo.
	Instituto Electoral de Quintana Roo
	Departamento de Mercadotecnia y Negocios Internacionales.
	Universidad Autónoma de Ciudad Juárez
	Universidad Autónoma de Baja California.
	Departamento de Estudios Culturales Universidad de Guanajuato
Universidad de Guadalajara.	Centro Universitario de Ciencias Económico Administrativas. Departamento de Geografía y Ord. Territorial CUCSH Centro Universitario de la Ciénega. Departamento de Mercadotecnia y Negocios Internacionales Centro Universitario de Ciencias Económicas Administrativas.
Instituto Politécnico Nacional	Escuela Superior de Ingeniería y Arquitectura. Centro Interdisciplinario de Investigación y Estudios sobre el Medio Ambiente y Desarrollo.
Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares.	ININ
Universidad de Quintana Roo	Universidad de Quintana Roo.
Universidad de Guanajuato.	Centro de Investigación en Ciencias Sociales.
Universidad Autónoma del Estado de Tlaxcala.	Universidad Autónoma del Estado de Tlaxcala.
Universidad Autónoma Metropolitana	Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Iztapalapa. Departamento de Política y Cultura, Universidad Autónoma Metropolitana- Xochimilco.
	DEPI del Instituto Tecnológico de Torreón.
Universidad Veracruzana	Facultad de Economía.
	División de Ciencias Sociales y Humanidades, Departamento de Gestión Pública y Desarrollo, en la ciudad de León, Guanajuato.
Universidad Autónoma de Guerrero.	Unidad Académica de Ecología Marina.
	Biosistemas y Tecnología Aplicada, S.A. de C.V.
	Docentes de la Universidad Marista. Universidad de Colima. Facultad de Turismo.
Colegio de Michoacán	Centro de estudios de Geografía Humana.
Universidad Autónoma de Baja California	CIC—Museo Departamento de Ecología, CICESE, Ensenada, B.C. Universidad Autónoma de Baja California – Ensenada.
	Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). Centro de Investigación en Geografía y Geomática (Centro Geo). Universidad Intercultural del Estado de México. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. División Académica de Ciencias Biológicas. Instituto Tecnológico de la Zona Olmeca.

	Facultad de Arquitectura Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Facultad de Agricultura y Zootecnia (UJED). Instituto Tecnológico de Torreón (ITT). Colegio del Estado de Hidalgo. Colegio Madrid Institución de enseñanza española.
--	--

Fuente: Elaboración propia

### **Cronología de los Coloquios Geográficos sobre América Latina**

La Geografía como disciplina encargada del estudio de los procesos socioespaciales y territoriales, cobra importancia ante la complejidad de la realidad que se vive en el mundo y, en particular, en América Latina. Por ello, no dudamos en afirmar que nos encontramos ante un parteaguas histórico, cuya característica principal es la revalorización y recuperación del análisis territorial, como manifestación concreta del complejo entramado de las relaciones naturaleza-naturaleza; naturaleza-sociedad y sociedad-naturaleza, aspectos que son abordados por múltiples instituciones y especialistas en el campo de la ciencia geográfica y ciencias afines. El objetivo del Coloquio Geográfico sobre América Latina es ofrecer un marco propicio para el intercambio de experiencias entre académicos, profesionales, técnicos, estudiantes de posgrado, instituciones públicas y privadas y organizaciones sociales vinculadas al análisis territorial, sobre el estado del conocimiento teórico y metodológico, los aspectos prácticos, los avances y resultados alcanzados, y los problemas, retos y desafíos a enfrentar en el ámbito del análisis territorial en sus diversas modalidades, enfoques y escalas geográficas.

Además, siendo la Facultad de Geografía de la UAEM un espacio de educación y cultura, así como de libre pensamiento y universalidad, se convierte en un lugar idóneo para aglutinar, bajo una óptica interdisciplinaria y multidisciplinaria, a una serie de instituciones e investigadores reconocidos para dialogar sobre investigaciones referidas a problemáticas socio-territoriales de índole latinoamericano bajo la convocatoria del Coloquio Geográfico sobre América Latina. En el cuadro 4, se pretende mostrar los Coloquios Geográficos sobre América Latina que se han desarrollado desde 1993 hasta el 2014.

**Cuadro 4.** Cronología de los Coloquios Geográficos sobre América Latina

	<b>Temática</b>	<b>Fecha de realización</b>	<b>Observaciones</b>
<i>1er</i>	<i>“Cambios en los espacios rurales y urbanos de América Latina en el contexto de la Globalización”</i>	6 al 10 de septiembre de 1993.	Reunió a más de 63 investigadores de 10 países.  Se publicaron las Memorias del Primer Coloquio con 51 ponencias de autores de América Latina, 8 de ellas (15.7%) fueron de investigadores y profesores de esta Facultad de Geografía de la UAEM.
<i>2°</i>	<i>“Problemas y perspectivas de las ciudades medias, en el contexto de los procesos metropolitanos”.</i>	30 de octubre al 8 de noviembre 1998.	Evento que aglutino la presencia de 81 investigadores, pertenecientes a 24 instituciones académicas y gubernamentales de seis países. (Se editaron las memorias)
<i>3er</i>	<i>“Problemática de los nuevos paradigmas teóricos y metodológicos de la geografía latinoamericana en el marco del siglo XXI, como las nuevas tecnologías de la información, el ordenamiento territorial, los cambios en la educación de la geografía y la globalización”.</i>	27-29 de junio 2001.	Se presentaron 81 trabajos, de los cuales 24 fueron expuestos por la Facultad de Geografía de la UAEM.
<i>4°</i>	<i>“La geografía ante los desafíos del desarrollo territorial en el siglo XXI”.</i>	5-6 de septiembre, 2005.	Evento que aglutino la presencia de 115 investigadores, pertenecientes a 14 instituciones académicas y gubernamentales de seis países.  Se editaron las memorias en CD.
<i>5</i>	<i>“Desafíos que enfrenta América Latina en la globalización: una visión humanista y ambiental del espacio”</i>	17 al 19 de marzo, 2010	Se presentaron 194 trabajos, y cerca de 12 posters. Se editaron las memorias en CD.
<i>6°</i>	<i>“Las nuevas configuraciones territoriales latinoamericanas desde una perspectiva geográfica”</i>	14 al 17 de marzo de 2012	El evento fue organizado por la carrera de Geografía de la Facultad de Humanidades, Artes y Ciencias Sociales de la Universidad Autónoma de Entre Ríos (UADER), perteneciente a Paraná, Provincia de Entre Ríos, República de Argentina.  Se editaron las memorias. ISBN:978-987_1808-18-2
<i>7°</i>	<i>“Tendencias y retos de la Geografía en América Latina en el Siglo XXI</i>	Del 10 al 12 de septiembre 2014.	Se presentaron 62 ponencias.

Fuente: Elaboración propia.

## **Consideraciones finales**

Dentro de sus objetivos específicos el Coloquio Geográfico sobre América Latina pretende promover el desarrollo de una geografía moderna; colaborar con Instituciones Geográficas tanto del país e internacionales en programas académicos, de acuerdo con las políticas de desarrollo de cada universidad; intercambiar experiencias en investigación y docencia a través de reuniones académico-científicas; promover la divulgación de los resultados de la investigación geográfica.

Tiene como finalidad establecer relaciones y convenios de colaboración con universidades de América Latina (de carácter oficial o privado) donde se formen geógrafos y se desarrolle investigación geográfica, con la finalidad de instaurar bases para realizar acciones conjuntas encaminadas a la superación académica, la formación y capacitación profesional, el desarrollo de la ciencia, la tecnología y la divulgación del conocimiento geográfico en todas las áreas de interés institucional; participar en el desarrollo de proyectos de investigación conjunta de acuerdo con las políticas de investigación y desarrollo de cada universidad; fomentar la difusión del conocimiento científico, tecnológico, humanístico y cultural a través de publicaciones conjuntas; el desarrollo de seminarios, de ciclos de conferencias; intercambio de becarios con fines de entrenamiento en áreas específicas y participación en trabajo de campo y el desarrollo de visitas y estancias.

## ***Referencias bibliográficas***

UAEM, Facultad de Geografía. (1993). MEMORIA del Primer Coloquio Geográfico sobre América Latina y IX Simposio Mexicano -Polaco, “Cambios en los Espacios Rurales y Urbanos de América Latina en el contexto de la Globalización, del 6 al 10 de septiembre de 1993, Toluca, México.

UAEM, Facultad de Geografía. (2005). MEMORIA del 4º Coloquio Geográfico sobre América Latina y XV Simposio Mexicano -Polaco, “Los elementos culturales en el desarrollo y la planificación regional”, del 7 al 9 de septiembre de 2005, Toluca, México.

UAEM, Sociedad Mexicana de Geografía y Estadística del Estado de México, Universidad Intercultural del Estado de México. (2010). 5º COLOQUIO GEOGRAFICO SOBRE AMERICA LATINA 2010 “Desafíos que enfrenta América Latina en la Globalización: una visión Humanista y Ambiental del Espacio”. Del 17 al 19 de marzo de 2010, Toluca, México.

## Capítulo II

### Estudio de los Procesos de Hundimientos en el Noreste del Municipio de Toluca, Estado de México

*Luis Miguel Espinosa Rodríguez,  
Facultad de Geografía UAEM.  
Ana Karen Rivera Alfaro*

#### Resumen

Este documento presenta la caracterización de los procesos de hundimiento relacionados con la extracción de agua en el sector Noreste del municipio de Toluca en el Estado de México. De manera particular se centra la atención en la localidad de San Pedro Totoltepec de la cual se tienen evidencias de procesos de esta tipología desde el año 1999 cuando se comenzó a sistematizar la información referente a esta zona. El objetivo central de la investigación se centró en el análisis general de las condiciones de riesgo obteniéndose como resultado cartografía actualizada de la localidad en cuestión.

Palabras clave: Hundimiento, extracción de agua, riesgo y San Pedro Totoltepec.

#### Abstract

This document shows the characterization of collapse processes related the extraction of water in the Northeast of Toluca in State of Mexico. The focus is in San Pedro Totoltepec town which has evidence since 1999 when it began ti systematize the information about this area. The objective in this research was the analysis of the risks obtained as result a mapping updated of the locality.

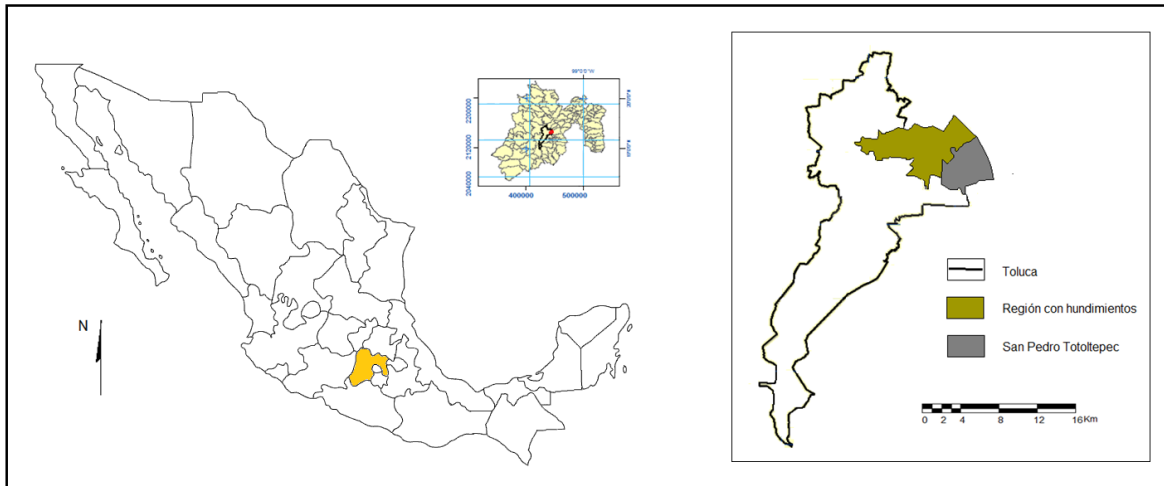
Key words: Collapse, water extraction, risk San Pedro Totoltepec.

#### Introducción

En los últimos 40 años, la extracción de agua subterránea en el estado de México ha ocasionado un impacto relacionado con una extracción que supera a la recarga anual de los mantos freáticos. De manera particular la cuenca de Toluca se encuentra afectada debido a la diferencia entre los parámetros establecidos encontrándose en ella sobre-explotación de los acuíferos y la consecuente compactación de los estratos geológicos conformados por secuencias de rocas dacíticas y depósitos lacustres, los cuales al comprimir el espesor por la

dinámica subsuperficial afectan la infraestructura urbana y vivienda a través de hundimientos y agrietamientos, así como a los campos de cultivo.

Las colonias en dónde se ha observado el proceso y se ha llevado algún tipo del registro histórico del mismo son: San Francisco Totoltepec, Guadalupe Totoltepec, La Constitución, San Miguel Totoltepec, San Pedro Totoltepec y Santa María Totoltepec y Cerrillo Vista Hermosa (Figura 1).



**Figura 1.** Localización de Toluca y zona con presencia de hundimientos reiterados. Fuente: Modificado de INEGI, 2014.

### **Planteamiento del problema de investigación**

La investigación está centrada en conocer las zonas con mayor riesgo a hundimiento, a partir de la caracterización de las condiciones geológico- geomorfológicas y edáficas, así como del uso y utilización del suelo, con la finalidad de obtener cartografía que permita identificar las características del proceso.

Con ello se determinan las principales zonas de riesgo y se determina la evolución de la peligrosidad del lugar. Para dar cuenta de ello ha sido necesario fundamentar la metodología y la explicación de los resultados a través de la Teoría General de Sistema y las ecuaciones de riesgo propuestas por Espinosa (2010) y Espinosa y Hernández, (2014).

### **Objetivos**

Conforme con lo planteado en el problema de investigación el objetivo central del este trabajo es el estudio de los procesos de hundimiento en el noreste del municipio de Toluca, de forma

particular en la localidad de San Pedro Totoltepec, en donde se integran tres apartados específicos.

La investigación se llevó a cabo en tres etapas, la primera de ellas fue determinar el proceso del geo-sistema perturbador relacionado con los hundimientos de terreno, el segundo refiere al análisis de vulnerabilidad espacial y global que comprenden a la función del territorio y por último, a investigar los factores que propician el desarrollo de riesgo en la localidad referida.

### **Metodología**

Con la finalidad de cumplir con los objetivos de la investigación, se llevaron a cabo varios procedimientos. El primer paso consistió en el acopio y revisión de información bibliográfica y hemerográfica con el propósito de establecer la base teórica del proceso de hundimiento y encontrar antecedentes referentes a la zona de estudio.

Para determinar el nivel de riesgo se empleó una parte de la fórmula propuesta por Espinosa (2010) que integra variables concernientes al geosistema perturbador, la vulnerabilidad espacial, la vulnerabilidad global, así como la capacidad de respuesta para cada una de las variables expuestas.

En campo se realizó un levantamiento detallado del sistema de fracturas recorriéndose con GPS la traza urbana y rural de la localidad. Con los datos obtenidos se compararon los resultados y la tendencia de cambio con la cartografía generada en el año de 1999. Para obtener información acerca de las características y dinámica del suelo se realizó un levantamiento de suelo con dos perfiles de referencia, tomándose muestras a una profundidad de 30 cm y de 80 centímetros. Con ellas se determinó la textura del suelo por el procedimiento de Bouyoucos, a través del método AS-09.

La información obtenida en campo y gabinete fue concentrada en matrices de relación para asignar en ellas valores paramétricos y cualitativos en donde se otorgaron valores entre con rangos comprendidos entre 0.01 y 0.99 de acuerdo con la propuesta de CENAPRED (2004), que busca evaluar la vulnerabilidad.

Con la finalidad de conocer la composición geológica de los materiales que se localizan en el subsuelo se solicitó información a la Comisión del Agua del Estado de México (CAEM),

el Organismo Operador Agua y Saneamientos de Toluca (ODAPAS, Toluca) y a la Gerencia Estatal de la Comisión Nacional del Agua (CNA), de las que se compiló información, relacionada con perfiles estratigráficos de pozos de agua, profundidad de los horizontes de extracción, niveles estáticos, entre otros.

Para obtener parámetros de evaluación socioeconómica fue necesario emplear información oficial como fueron los indicadores de: Población absoluta, por sexo; Población por grupos de edad; Población por actividad; Población ocupada, por sectores de actividad; Población derechohabiente; Educación y grado de escolaridad; Lengua indígena; Hogares y Vivienda, información obtenida del Censo General de Población y Vivienda publicada por el INEGI para los años 2000 y 2010; así como del Conteo General de Población y Vivienda de 2005.

Asimismo se realizaron entrevistas para determinar los valores de vulnerabilidad global y la percepción del riesgo que tiene la población sobre este proceso. Éstas tuvieron como objetivo recopilar información significativa sobre la localidad; y por último, con el propósito de analizar el grupo de variables que propician el desarrollo de riesgo se generó sobreposición de cartas temáticas; y se integró información de los niveles piezométricos de los pozos de agua de la zona.

### **Resultados y discusión**

La generación y activación de fracturas de la localidad se ha incrementado en la última década, aunque a través de las entrevistas se sabe que el proceso de agrietamiento quizá tenga entre 30 o 40 años de estar presente en la zona; sin embargo los primeros reportes oficiales del proceso datan de 1999 y el año 2002; aunque la información oficial relacionada con el proceso se encuentra “perdida” y declarada “inexistente”. En la figura 2 se muestra un ejemplo de algunos daños encontrados en una casa de la localidad para dos periodos de tiempo.





**Figura 2.** Fotografías de una casa localizada en el Callejón de Las Delicias, las imágenes superiores corresponden al año de 1999 y las inferiores a 2014. Fuente: trabajo de campo de los autores.

Desde la perspectiva del origen de los agrietamientos y hundimientos existen las condiciones propicias para la generación de cada uno de estos procesos debido a la constitución litológica y edáfica de la zona de estudio. La comunidad se encuentra emplazada sobre depósitos lacustres interestratificados con cenizas y pómez que permiten con facilidad el flujo subsuperficial del agua (Tabla 1), toda vez que en el suelo se ha observado un proceso de lixiviación que hereda en los horizontes superficiales texturas arenosas de fácil drenaje y el tránsito de arcillas hacia niveles más profundos; ello implica por una parte la pérdida de resistencia a la carga y procesos internos de expansión y contracción provocado por la hidratación y deshidratación de las arcillas.

Pozo 4	
Profundidad en metros	Litología
0-40	Arenas
40-64	Conglomerados finos
64-72	Alternancia de gravillas y arenas
72-82	Tobas arenosas

Pozo 5	
Profundidad en metros	Litología
0-2	Rellenos (suelo vegetal)
2-18	Gravillas, con matriz arenosa
18-70	Gravas, gravillas con matriz arenosa
70-98	Conglomerado alterado con fragmentos de pómez

82-86	Arcillas	98-180	Gravas, gravillas con matriz arenosa y arcillas
86-124	Tobas brechoides	180-270	Toba brechoide con pequeños fragmentos de pómez
124-132	Conglomerados empaquetado en matriz arenosa	270-280	Conglomerado alterado con matriz areno arcillosa
132-168	Toba brechoide	280-300	Gravillas con matriz areno arcillosa y fragmentos de pómez
168-180	Brecha volcánica		
180-190	Toba brechoide		
190-244	Andesita basáltica		
244-256	Andesita alterada		
256-300	Andesita basáltica		

**Tabla 1.** Características estratigráficas de dos pozos. Fuente: Estudio Geológico-Geofísico, Facultad de Geografía, 1999, UAEMéx.

Es importante resaltar que en la litología de los pozos anteriores no se presentan horizontes masivos de arcillas en el intervalo de los 300 metros de profundidad en que están perforados, situación que conduce a interpretar que el acuífero presente en la zona es de tipo libre (Velázquez, 2006); asimismo, el tipo de estratigrafía combinada con el régimen de humedad que presenta la localidad provoca la compactación del suelo y ello aumenta la probabilidad de siniestros.

Por su parte, los estudios en laboratorio confirmaron que el suelo tiende a ser “colapsable”, debido a las pérdidas rápidas de volumen y de resistencia cuando absorbe o pierde cantidades importantes de agua, lo que provoca en consecuencia una pérdida de cohesión y estructura interna. En la Tabla 2 se muestran las características micromorfológicas del Perfil de suelo 1 realizado en la localidad:

**Perfil N°1**

Lugar: San Pedro Totoltepec  
 Fecha de descripción: 6 de Agosto de 2013  
 Altitud: 2630-2640 msnm  
 Pendiente: 0°-2°  
 Posición fisiográfica: Valle

Uso: Agrícola-urbano  
 Material parental: Piroclastos  
 Drenaje: Bien drenado  
 Erosión: No hay  
 Tipo de suelo: Feozem

Horizonte	Descripción Morfológica
0-28 cm	Migajón arenoso, en seco café (10YR 5/3), en húmedo negro (10YR 2/1), bloques angulares débilmente desarrollados, muy friable, abundantes microporos intersticiales, dentro y fuera de los agregados, 3.9% de gravillas subángulares, raíces abundantes de finas a medias, pH 6.0, transición a la siguiente capa tenue irregular.
28-44 cm	Migajón arenoso, en seco café grisáceo (10YR 5%2), en húmedo gris muy oscuro (10Yr3/1), bloques angulares desarrollados, friable, abundantes microporos intersticiales, dentro y fuera de los agregados, 9.6% de gravillas subángulares, raíces comunes de finas a medias, pH 7.0, transición a la siguiente capa marcada irregular.
44-137 cm	Migajón arenoso, en seco gris claro (10YR7/1), en húmedo café grisáceo (10YR5/2), bloques angulares bien desarrollados, friable, abundantes poros de medias a grandes, dentro y fuera de los agregados, intersticiales, 4.27% de gravas angulosas, raíces raras medias, pH 7.5, transición a la siguiente capa tenue ondulada.
137-150 cm	Areno migajón, en seco gris claro (10YR 6/1), en húmedo gris oscuro (10YR 4/1), poliédrica angular desarrollados, friable, abundantes poros de medias a grandes, dentro y fuera de los agregados, 44.07% de gravas redondas, pH7.0

**Tabla 2.** Descripción de perfil de suelo.

La composición principal del suelo es el migajón arenoso, muestra un alto contenido de humedad y la tendencia de expansión y contracción de arcillas, el color pardo de encontrado entre 40 a 70 cm, superficiales y de color gris en los horizontes subsuperficial, indica que se ha formado por sedimentos recientes a intervalos regulares en planicies aluviales en tierras húmedas, contiene materiales derivados de otros suelos con cantidades considerables de arena y pedregales; varias deposiciones no consolidadas presentan estratificación fina.

De acuerdo con lo anterior se establece que la localidad se encuentra constituida, en un 95%, en suelos Feozem de tipo calcárico, háplico y lúvico, con una textura fina en un terreno plano. En la porción nor-este, centro, existe una combinación de vertisol-pélico y crómico, ambos con textura fina y desarrollados sobre la planicie.

Los problemas de colapso ocurren en suelos que presentan dos características principales: por un lado tienen una estructura ligera manifestada por una relación de vacíos entre los poros alta y, por otro, el contenido de agua menor corresponde a la de saturación.

Para comprobar la composición del suelo se realizó un muestreo a 30 cm y 80 cm. de profundidad; y se realizó un examen de granulometría y porosidad.

Los datos obtenidos se observan en las Tablas 3 y 4.

Valores para la determinación de la textura del suelo			
Nombre de la muestra	Tiempo	Presión (L1)	Temperatura (T1)
63 a los 80 cm	40s	29	18°
62 a los 80 cm		28	17°

Nombre de la muestra	Tiempo	Presión (L2)	Temperatura (T2)
63 a los 80 cm	2 Hrs	13.5	17°
62 a los 80 cm		13	18°

**Tabla 3.** Valores encontrados para la determinación de la textura del suelo. Fuente: Elaboración propia con base en la NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-021-RECNAT-2001, en laboratorio de suelos, Facultad de Geografía, UAEMéx.

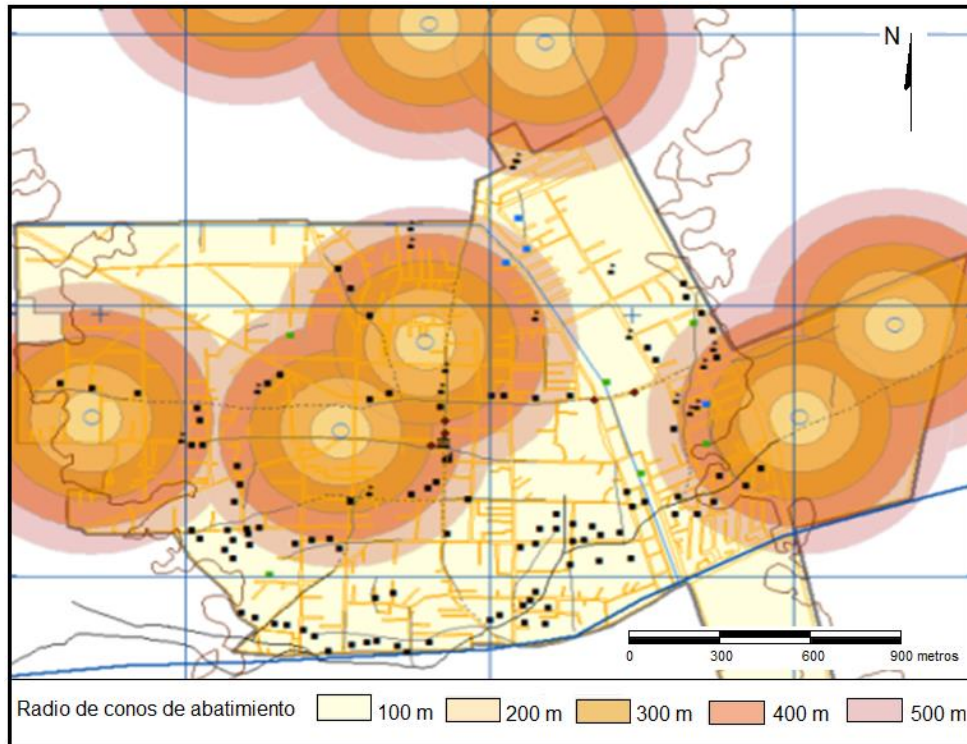
Los resultados obtenidos en el procedimiento fueron:

Determinación de la textura del suelo										
Nombre	L1	T1	Corregida	L2	T2	Corregida	Limos + arcillas	Arenas	Arcillas	Limos
63	29	18°	28.6	13.5	17°	12.9	57.2	42.8	25.8	31
62	28	17°	27.4	13	18°	12.6	54.8	45.2	25.2	30

**Tabla 4.** Determinación de la textura del suelo. Fuente: Elaboración propia con base en la NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-021-RECNAT-2001, en laboratorio de suelos, Facultad de Geografía, UAEMéx.

Las características litológicas y edáficas referidas integradas en un sistema en donde la extracción de agua a través de pozos tiende a ser intensa y hasta sobre explotada, genera conos de abatimiento con radios de afectación que alcanzan un promedio de hasta 500 metros. En este sentido, cabe resaltar que una condición común y particular encontrada en la región de estudio es que los conos referidos tienden a coalescer; encontrándose entre sí hasta áreas de encuentro entre cuatro conos diferentes (Figura 3).

Como lógica consecuencia, las zonas de confluencia son las que presentan afectaciones a través del hundimiento del suelo, en donde, a mayor número de intersecciones, mayor es el daño y/o la potencialidad de que éste se presente (Figura 3).



**Figura 3.** Radios de afectación y coalescencia de conos de abatimiento de los pozos. Fuente: Comisión del Agua del Estado de México (CAEM), el Organismo Operador Agua y Saneamientos de Toluca (ODAPAS, Toluca) y a la Gerencia Estatal de la Comisión Nacional del Agua (CNA).

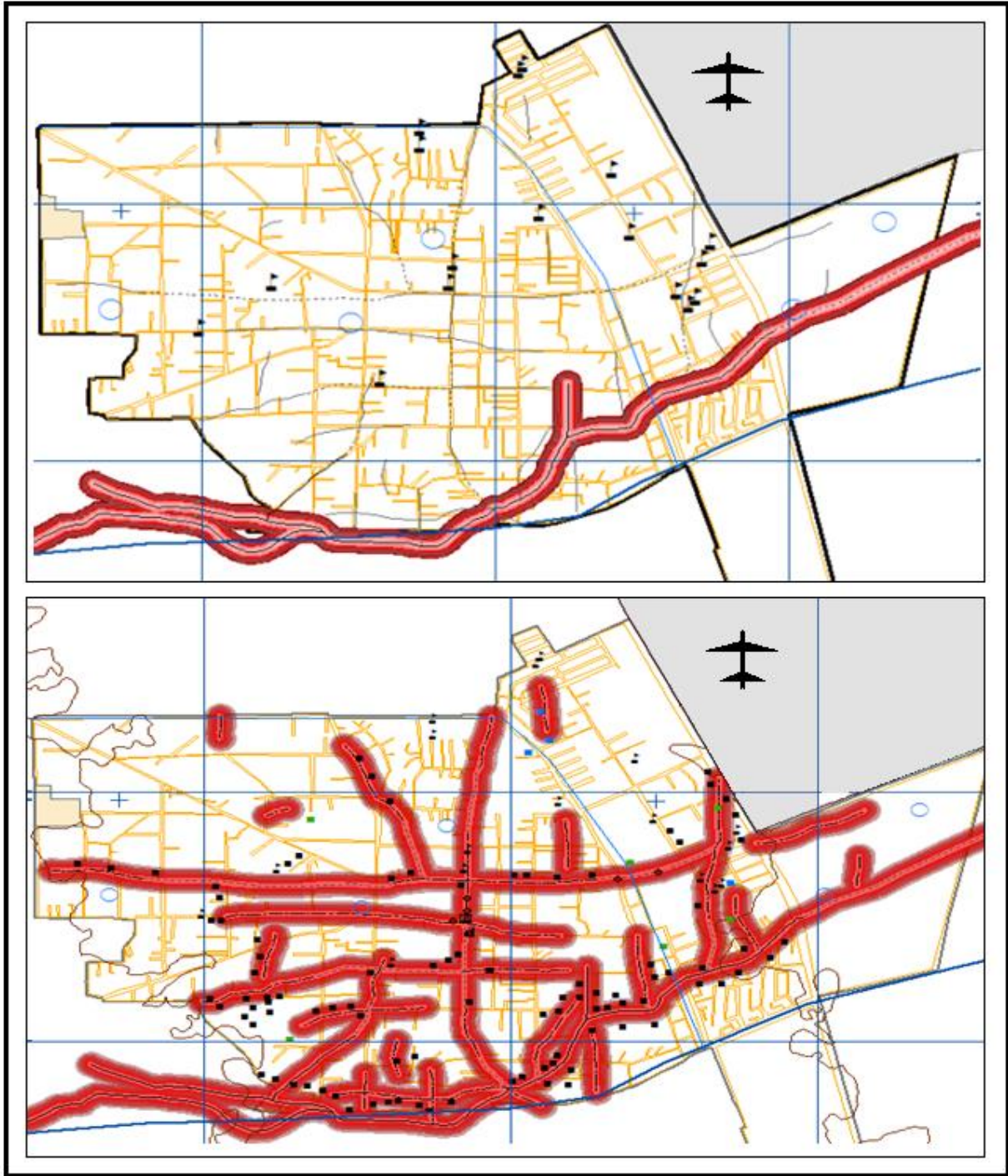
Como resultado de la interacción de las variables referidas: litología, suelo y explotación de agua se generan los procesos de hundimiento diferencial del suelo y con ello la conformación de un patrón de fracturas que encuentra una dirección predominante W-E en donde los cambios de dirección se relacionan con la presencia de los conos de abatimiento o con la presencia de algún elemento de infraestructura que genera presión al suelo debido al peso que posee.

Si a ello se le incrementan factores como en el número de casas habitación, escuelas, elementos urbanos como banquetas y sistemas de tubería. El proceso se ha observado con mayor frecuencia e intensidad; en general tiende a ser diferencial con distribución espacial

paralela que sigue la orientación general W-E definida en primer orden y en segundo término, representa una tendencia Norte –Sur como resultado del primer sistema (Figura 4).

En la parte superior de la figura se muestra la cartografía (reeditada) del mapa publicado por la Dirección de Protección Civil Municipal en 2002; en éste se advierte la tendencia del eje de fracturas referida, la cual sigue de cierta manera una dirección con variaciones de intensidad progresiva; es menor en el sector Oeste y aumenta hacia el Este conforme la fractura se aproxima al cauce del río Lerma, y es la relación entre la localización del sistema fluvial y el de fracturas en que permite observar la configuración referida.

Por su parte, al norte del sistema descrito, se ha desarrollado otra fractura principal y un grupo asociado en forma paralela que confirma la tendencia descrita y la influencia entre las variaciones piezométricas, los conos de abatimiento, los pozos y el Lerma.



**Figura 3.** Croquis comparativos de la localidad para los años 2002 (superior) y 2014 (inferior) en donde se muestran las fracturas registradas en cada periodo de tiempo referido. La escala aproximada de los croquis es 1:150.

Como se estableció, en 2014 el patrón general de fracturas se ha incrementado y tiende hacia la conformación de una retícula semiortogonal en el cual los sistemas de cruce entre fracturas determina en cierta medida el aumento de la peligrosidad del proceso (Figura 3).



**Figura 4.** Rosas de fractura para los mapas de 2002 (izquierda) y 2014 (derecha). Fuente: elaboración propia.

## **Vulnerabilidad**

La descripción de las características sociales, culturales, políticas, ideológicas, religiosas propias de una sociedad, permiten conocer que posibilidades de prevención y respuesta puede haber por parte de la misma ante una amenaza de desastre y de igual forma les permite a los tomadores de decisiones establecer estrategias de información y participación ciudadana compatibles con el desarrollo que el grupo social asume.

Cabe resaltar que en general la vulnerabilidad tiende a ser media debido a que el municipio cuenta con un departamento de Protección Civil, y un Plan de emergencia (que se aplica tan solo si las viviendas se encuentran muy dañadas y ello condujera al desalojo).

No obstante se encuentran algunos problemas básicos en la localidad, por ejemplo se conoce que desde el año 1999 existen algunas evidencias de la presencia de medidas de prevención" como es el caso de la instalación de avisos, no se cuenta con un sistema de monitoreo ni de alarma temprana; y en el caso de estos primeros, al no recibir mantenimiento ni atención alguna, se encuentran oxidados, grafiteados y hasta desplazados del sitio de localización original.

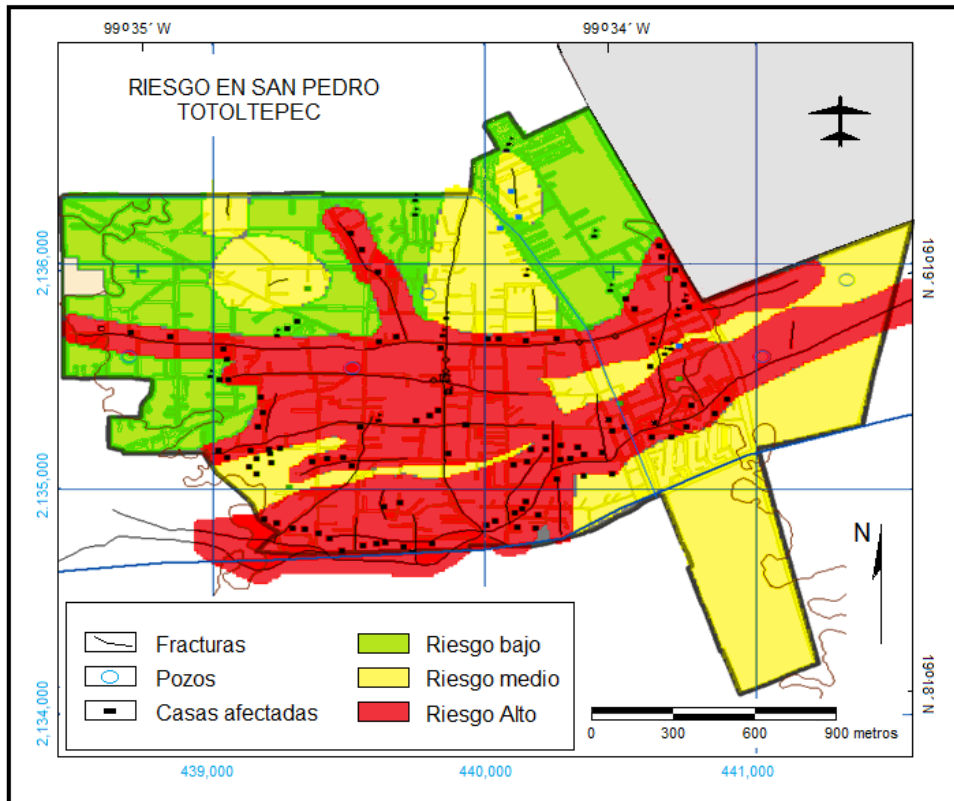
Se observó además que los delgados que se presupone asumen la responsabilidad de los pobladores y trabajan por el bienestar de ellos y las viviendas, desconocen la problemática o no la atienden.

En síntesis la vulnerabilidad se encuentra confirmada e instituida por variables como:



- El 60% de la localidad está consciente del peligro, conoce por lo menos algo relacionado con los hundimientos del terreno, las fracturas en las viviendas, las grietas y la debilidad de los suelos
- Este mismo grupo de pobladores considera que las afectaciones son “mínimas”, y establecen un proceso de “costumbre al convivir” con las fracturas.
- En el aspecto ideológico y de percepción de riesgo la comunidad los habitantes depositan en una divinidad la confianza versus el peligro.
- Por lo que se refiere a la condición económica se tiene que un 50.7% de la PEA, sin embargo los salarios oscilan entre 1 y 2 jornales mensuales por vivienda, lo que hace que los servicios por vivienda sean los básicos y estén limitados en cuenta un desarrollo local limitado, en donde las grietas y hundimientos pasan a segundo término.
- Desde la visión política se observa que la vulnerabilidad social aumenta en la medida en que los representantes sociales no cumplen la función para la que fueron electos.
- Se encontraron elementos de desorganización social que limitan la integración y el buen funcionamiento de la sociedad, ello se refleja en acciones poco concretas de una participación social.
- Existen conflictos y desconfianza partidista, se advierte que de forma externa solo existen apoyos económicos que respaldan fines electorales y toda vez que no se cuenta con programas de integración comunitaria y familiar que les permitan mejorar las relaciones internas.
- La infraestructura urbana se encuentra en mal estado.
- No se han presentado medidas o propuestas estructurales que reduzcan la vulnerabilidad.

De acuerdo con lo anterior, en la Figura 5 se presenta un croquis que representa las condiciones generales de riesgo de San Pedro Totoltepec.



**Figura 5.** Croquis de riesgo de la localidad de San Pedro Totoltepec. Fuente: elaboración propia.

## Conclusiones

Se obtiene como resultado una condición muy alta de peligrosidad en localidad de San Pedro Totoltepec debido a las condiciones del geosistema perturbador, indicando la alta probabilidad de afectación y capacidad de respuesta baja, mientras que en el caso de la vulnerabilidad espacial presenta una condición media y tendencia negativa al ser combinada con la situación socioeconómica general que muestra rezago y marginación.

Por su parte, la vulnerabilidad global se considera muy alta también en el sentido que los resultados encontrados se circunscriben a conflictos que aportan las variables necesarias para el desarrollo de procesos calamitosos.

A partir de los datos obtenidos se designó un valor de 0.01 a 0.99 para cada elemento representativo en la Ecuación general de riesgo referida al inicio de la investigación en dónde, se obtuvo la media ponderada de cada variable. Cabe recordar que el valor de 0.01 representa el límite inferior de cada variable, es decir, “la mejor condición posible” y en consecuencia, el parámetro que se representa como 0.99 manifiesta una condición inversa.

$$R = \frac{Gp}{Cr} + \frac{Ve}{Cr} + \frac{Vg}{Cr}$$

Dónde

R= Riesgo

Gp= Geosistema Perturbador

Ve= Vulnerabilidad Espacial

Vg= Vulnerabilidad Global

Cr= Capacidad de Respuesta

Los valores cuantitativos que se han obtenido a partir del análisis de resultados dentro de cada variable se manifiesta de forma cualitativa y cuantitativa en el cuadro siguiente, obteniendo el valor cuantitativo de estado de riesgo a partir de las operaciones aritméticas.

$$R = \frac{(Gp) \text{ Muy alta}}{(Cr) \text{ Baja}} + \frac{(Ve) \text{ Media}}{(Cr) \text{ Media}} + \frac{(Vg) \text{ Muy alta}}{(Cr) \text{ Media}}$$

$$R = \frac{(Gp) 0.99}{(Cr) 0.25} + \frac{(Ve) 0.50}{(Cr) 0.50} + \frac{(Vg) 0.99}{(Cr) 0.50}$$

$$R = (Gp)/(Cr) = 3.96 + (Ve)/(Cr) = 1.0 + (Vg)/(Cr) = 1.98$$

$$R = \frac{6.94}{\quad}$$

De esta forma el valor del riesgo que se presenta en la localidad de San Pedro Totoltepec corresponde a una suma de 6.94. Teniendo que el valor mínimo que se puede tener es de 0.01, el valor de equilibrio es de 3 y el valor de máximo riesgo es de 99.

Se interpreta el valor de 6.94, ello implica que el nivel del riesgo está por encima que el del nivel de equilibrio.

## Referencias bibliográficas

- Ayala F. y Olcina J. (2002) “Aspectos Generales” Ayala Francisco, Jorge Olcinas (Coordinadores): *Riesgos Naturales*, 54. España: Ariel Ciencia.
- Comisión Nacional del Agua del Estado de México (CONAGUA); Perfiles estratigráficos de 5 pozos de abastecimiento de agua en el Valle de Toluca, (inédito)
- Espinosa L., (2010) “Propuesta metodológica para la evaluación de riesgos desde la perspectiva del ordenamiento del territorio”. *Revista del CESLA*, 2,13, (643-664) Varsovia: CESLA.
- Instituto de Información e Investigación Geográfica, Estadística y Catastral del Estado de México IGCEM, (2013) Tabla de Valores Unitarios de construcciones. Gaceta de Gobierno publicada en el 2013.
- NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-021-RECNAT, (2001) Laboratorio de Suelos y aguas. “La determinación de la textura del suelo por el procedimiento de Bouyoucos se realizará a través de método AS-09. Facultad de Geografía.
- Schroeder A, Rodríguez R. y Silva T. (2008) “Control estructural en las fallas por subsidencia en Irapuato y Salamanca Gto” en Dora Carreón, Mariano Cerca, Efraín Ovado y Gabriel Auvinet (organizadores): *Estudios multidisciplinarios de fracturamiento y subsidencia y zonificación asociada en áreas urbanas*, 28, 2SE03-4, (237).
- Protección Civil, Ayuntamiento de Toluca, (2010), *Delegación San Pedro Totoltepec*, México: Disponible en [http://www.toluca.gob.mx/seguridad/proteccioncivil/datos/sir/1\\_Delegaciones/16\\_San%20Pedro%20Totoltepec\\_](http://www.toluca.gob.mx/seguridad/proteccioncivil/datos/sir/1_Delegaciones/16_San%20Pedro%20Totoltepec_) Consultada el 24 de Marzo de 2012.
- Toscana A. A. (2006). *Los paisajes del desastre*, México, Tesis, Doctorado en Geografía, Facultad de Filosofía y Letras. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Wilches-Chaux, (1993) “La Vulnerabilidad Global” en Andrew Maskrey (compilador), *Los desastres no son naturales*, Colombia: Tercer Mundo Editores.

### Capítulo III

## Análisis Espacial de la Distribución Biogeográfica, de Árboles y Arbustos Medicinales en el Valle de Malinalco, México.

*Jesús Gastón Gutiérrez Cedillo,*  
Facultad de Geografía UAEM.

*José Isabel Juan Pérez,*  
*María Cristina Chávez Mejía,*  
*Erik Villarreal Hernández*

### Resumen

La presente investigación está enfocada en realizar el análisis espacial de la distribución de árboles y arbustos medicinales en el Valle de Malinalco, Estado de México; y evaluar la problemática ambiental relacionada con la extracción de las especies, que realizan los habitantes. Con el uso de herramientas cartográficas digitales y técnicas de trabajo de campo, se determinaron las tendencias de distribución espacial y la abundancia de los especímenes. Con la aplicación de entrevistas y observación directa en campo, se determinaron los impactos ambientales y sociales; y la posible inestabilidad ecológica, para después sugerir estrategias y medidas de conservación de los recursos vegetales medicinales. El sustento teórico del estudio está basado en: la Geografía Ambiental conceptualizada por Bocco (2004) y Mateo (2002), la Geografía Espacial de Milton Santos (1996), los Estudios Etnobotánicos de Caballero (1987), la Geografía Cultural de Romero (2001) y Sauer (1925) y la Ecología Cultural (Stewart, 1977). Los resultados muestran a las especies identificadas con uso medicinal en el área de estudio; su distribución espacial desde un enfoque biogeográfico; y el análisis de las condiciones geográficas que determinaron la distribución de las especies vegetales en la zona. Las especies de árboles y arbustos medicinales abundantes actúan como indicadores de estabilidad ecológica.

**Palabras clave:** Análisis Espacial, Árboles y Arbustos Medicinales, Distribución Biogeográfica, Valle de Malinalco.

### Abstract

This research is focused to perform the spatial analysis about distribution of medicinal trees and shrubs at Malinalco Valley, State of Mexico; and evaluate environmental issues related to the extraction of the species, made by inhabitants. Using digital mapping tools and fieldwork trends techniques, tendencies about spatial distribution and abundance of the specimens were determined. With application of interviews and in field direct observation,

environmental and social impacts, and ecological possible instability were determined; then strategies and measures for medicinal plant resources conservation, were suggested. The study theoretical support is based on: Environmental Geography conceptualized by Bocco (2004) and Mateo (2002) , Spatial Geography of Milton Santos ( 1996), Ethnobotanical Studies by Caballero ( 1987), Cultural Geography from Romero ( 2001 ) and Sauer (1925 ) and Cultural Ecology (Stewart, 1977). The results show the identified species with medicinal use in the studied area; their spatial distribution from a biogeographic approach, and the analysis of geographical conditions that determined the distribution of plant species in the area. Abundant medicinal trees and shrubs species were acting as indicators of ecological stability.

<sup>1</sup> Facultad de Geografía, <sup>2</sup> Instituto de Estudios sobre la Universidad, <sup>3</sup> Instituto de Investigación en Ciencias Agropecuarias y Rurales <sup>4</sup> Programa de Maestría en Análisis Espacial y Geoinformática, Facultad de Geografía, Universidad Autónoma del Estado de México.

E-mail: [jggc1321@yahoo.com.mx](mailto:jggc1321@yahoo.com.mx)

## **Introducción**

La biodiversidad es de gran importancia tanto social como ecológica, por lo que es prioritario conservarla, como se establece en el Convenio sobre la Diversidad Biológica. La biodiversidad, es relevante y juega un papel para desarrollo económico de los países latinoamericanos, ya que actualmente los planes de desarrollo precisan la búsqueda de nuevos recursos vegetales, los cuales puedan contribuir a enfrentar las necesidades básicas de la población, así como obtener materias primas que permitan desarrollar sus industrias (Caballero, 1987; Jiménez *et al.*, 1999).

México dispone de más de cuatro mil especies vegetales con posibilidad de resolver algunos problemas primarios de salud de la humanidad y cerca del 99% de ellas son silvestres, arvenses o ruderales (Estrada *et al.*, 2000; Estrada, 1992; Osuna *et al.*, 2005). Debido a que la mayoría de las plantas usadas corresponden a organismos anuales o perennes, debe evitarse la depredación y pérdida de especies nativas y silvestres por la sobreexplotación, garantizando de esta manera, la existencia de los recursos medicinales y un control de calidad para los mismos, debiendo aplicarse desde su colecta, transporte, almacenamiento y venta al público (Hersch, 1996).

Esto hace que sea indispensable recopilar de manera sistemática y clara el conocimiento tradicional de los recursos vegetales sobre la medicina tradicional mexicana (Osuna *et al.*,

2005; Estrada y Quezada, 1994). La rápida pérdida hace apremiante la necesidad de recopilar la información cultural tradicional que los pueblos poseen sobre sus recursos y su medio ambiente (Escobar, 2002). Esto permitirá contribuir de manera importante a la conservación y uso sustentable de los recursos biológicos y a la permanencia de las culturas asociadas a ellos, con el fin de aportar conocimientos que serán útiles para el manejo sustentable de los ecosistemas.

Bates (1985) y Caballero (2001) afirman que los estudios etnobotánicos ayudan a las comunidades a registrar su información, proporcionándoles las herramientas y el apoyo adecuado para la recuperación y registro de sus conocimientos, respetando y reconociendo los contenidos filosóficos y espirituales de las comunidades, ya que sin las culturas y sin los conocimientos, estos recursos pierden valor y sin estos recursos los grupos humanos originarios de México y culturas desaparecen (Escobar, 2002).

### **Planteamiento del problema de Investigación**

La presente investigación está dirigida a determinar la distribución espacial y abundancia de árboles y arbustos medicinales que se encuentra en el Valle de Malinalco. Con el uso de herramientas cartográficas digitales y trabajo de campo se determinó si son escasas; con la aplicación de entrevistas y observación directa en campo se determinaron los impactos ambientales y la posible inestabilidad ecológica, y así sustentar medidas de conservación y estrategias para este recurso medicinal. Las especies de árboles y arbustos medicinales abundantes actúan como indicadores de una estabilidad ecológica.

Juan (2007) y Juan y Hernández (2008) señalan que Malinalco y las comunidades de la región aún mantienen una producción campesina simple, en el sentido de que ellos mismos controlan sus medios de producción, y los pocos excedentes que tienen los cambian o comercializan por otros productos en el mercado local. Esta dinámica es importante para los habitantes, ya que el mercado les brinda una oportunidad por trueque o mediante compra con dinero, productos y mercancías para su vida cotidiana y al mismo tiempo les permite cambiar o vender los excedentes de sus parcelas y huertos. Se verá también, que la vegetación natural de los entornos adyacentes de la comunidad provee de un número importante de especies de plantas, que ayudan a la población a satisfacer sus necesidades más apremiantes, sin embargo, se desconoce que especies son y cómo esta recolecta ha impactado en el medio y a la población.

El presente estudio se localiza en un área al sur del Estado de México en el municipio de Malinalco, localidad que por su ubicación y geología la sitúan entre dos regiones fitogeográficas, la boreal y la neotropical, en una zona de transición ecológica o ecotono, confiriéndole una vegetación que entrelaza elementos de ambas regiones, aunado al considerable número de malezas nativas arvenses y ruderales, con que cuenta el país, la zona de estudio es especialmente importante desde el punto de vista de su vegetación.

### **Objetivos**

El objetivo general es realizar el análisis espacial de la distribución de árboles y arbustos medicinales en el Valle de Malinalco Estado de México y evaluar la problemática ambiental relacionada con la extracción por los habitantes del Valle de Malinalco. Y con objetivos específicos a seguir los cuales son:

1. Identificar las especies de árboles y arbustos que son extraídas y aprovechadas con fines medicinales en la zona de estudio.
2. Analizar las condiciones geográficas que determinan la distribución de las especies vegetales en la zona.
3. Determinar la distribución espacial de cada una de las especies desde un enfoque biogeográfico.
4. Identificar y evaluar los impactos ambientales que ocasiona la extracción de árboles y arbustos medicinales.

### **Metodología**

La metodología en este trabajo incluye: el método para la identificación de las especies a estudiar; continúa con el procedimiento para la delimitación y caracterización geográfica del área de estudio; se centra en el método para el análisis espacial de la distribución de las especies en el área; y concluye con el procedimiento para determinar los impactos ambientales y sociales del aprovechamiento medicinal de las especies.

### **Identificación de las especies de árboles y arbustos silvestres que son extraídas y aprovechadas con fines medicinales en la zona de estudio:**

Se retomó del trabajo de White (2013) quien recolectó especímenes arbustivos y arbóreos; cada espécimen se manejó según Waizel (2006). La identificación taxonómica de los especímenes se realizó mediante el uso de claves taxonómicas disponibles en literatura especializada en las instalaciones de la Facultad de Ciencias, posteriormente fueron



etiquetados de acuerdo a los datos tomados en la libreta de campo y montados para ser guardados en el herbario. Los especímenes identificados fueron cotejados con ejemplares del Herbario de la Facultad de Ciencias, El Herbario Eizi Matuda de la Facultad de Agronomía, UAEMéx y el Herbario Nacional (MEXU) de la UNAM. Para las abreviaturas de los autores de las especies se utilizó el sistema de Villaseñor *et al.*, (2008).

**Análisis de las condiciones geográficas que determinan la distribución de las especies vegetales en la zona basado en el concepto de espacialidad, que reúne al conjunto de condiciones y prácticas de la vida individual y social.**

Tomando en consideración estos elementos teóricos para el análisis espacial se caracterizaron los elementos geográficos que integran el área de estudio correspondientes a el Valle de Malinalco, Estado de México, se analizaron sus componentes físico – geográficos que lo constituyen, mediante recorridos en campo, en los cuales se observaron y analizaron las condiciones del relieve para la obtención de información en sus características bióticas y abióticas, existencia de algún impacto derivado de la extracción en árboles y arbustos medicinales, así como sus condiciones sociales y urbanísticas.

El análisis de las condiciones geográficas se basó en la cartas temáticas: topográfica, geológica, edafológica y uso de suelo del Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI) con clave E14-A58 Y E14-A48, en escala 1:50 000 se describió de la *topográfica*: las formaciones de las principales elevaciones, altitud máxima con respecto al nivel medio del mar (msnm), condiciones hidrológicas en consulta con el Atlas que realiza la Universidad Autónoma del Estado de México para especificar la relación de la región hidrológica a la que pertenece la zona de estudio y origen de sus escorrentías.

De la carta geológica; se explicaron los principales afloramientos rocosos especificando, las principales características de esta. En relación a las condiciones climáticas se consultó de acuerdo a las modificaciones de Enriqueta Garcia para la clasificación climática de Köppen y los datos otorgados por la Comisión Nacional de Agua para las temperaturas máximas registradas en la localidad, temperaturas mínimas y máximas de precipitación. A partir de la carta edafológica se describieron las características del suelo que predominan y de la *carta de uso de suelo* para explicar los principales usos que existen actualmente.

Fue necesaria la recopilación de datos de infraestructura de la localidad, esto con el fin de conocer el entorno en que se relacionan los factores de crecimiento, de la vida biótica y de los asentamientos urbanos mediante recorridos en campo y acercamientos a fuentes de

información tales como El museo de Sitio que corresponde a la zona arqueológica de Malinalco e investigar de cómo se encontraba en el pasado Malinalco y conocer las tendencias como resultado de los asentamientos urbanos que posiblemente generen impacto derivado de su extracción en árboles y arbustos medicinales.

### **Determinación de la distribución espacial de cada una de las especies desde un enfoque biogeográfico:**

Se realizaron recorridos en campo y uso de utilización de GPS (Sistema de Posicionamiento Global), como resultado se realizó la representación cartográfica que muestra la distribución espacial de las especies. Con el uso de herramientas tecnológicas y los Sistemas de Información Geográfica se utilizó el método de sobre posición de capas temáticas (layers), determinando las características específicas que poseen los escenarios donde crecen y prosperan los recursos vegetales arbustivos y arbóreos; el uso de software de SIG permitió hacer un análisis espacial de la distribución y abundancia de las especies en el área. Con la integración de capas superpuestas se combinaron las características geográficas y las tablas de atributos de éstas, en capas, obteniendo como resultado un conjunto de atributos para el ambiente natural donde crecen las plantas.

Inicialmente se logró identificar y localizar a los principales conocedores cercanos del tema que habitan en el Valle de Malinalco. Con apoyo de ellos y mediante los recorridos en campo, se procedió a identificar las especies vegetales y con la aplicación de cuestionarios se obtuvo la información de cada una de las ya mencionadas.

Para los recorridos del trabajo de campo se retomó el trabajo taxonómico realizado por White-Olascoaga (2013), que transcurre por el Valle de Malinalco distribuido sobre el curso de la carretera en ambas aceras con dirección de Norte a Sur, sobre el camino hacia Chalma, teniendo como punto final la desviación a Jalmolonga. En este trabajo se estudiaron 17 especies arbóreas y 5 arbustivas del total de 22 y 9 identificadas por White-Olascoaga. Se contó con la ayuda de informantes clave para la identificación de las mismas.

Los recorridos se realizaron por medio de elementos geográficos: El primer criterio basado sobre elementos hidrológicos, que en el área son los cauces fluviales: El primer río que converge en el Valle de Malinalco, el cual tiene por nombre San Miguel que inicia su curso al norte de la cabecera municipal de Malinalco y finaliza en la localidad de Jalmolonga. Y el segundo río de nombre Tepolica inicia en la elevación Coaixtla, ubicada al noroeste de la cabecera municipal y finaliza en la localidad de Jalmolonga.

El segundo criterio basado en la infraestructura urbana, donde se realizó el recorrido en forma de zigzag, cubriendo las localidades de San Nicolás, Jesús María y la cabecera municipal. El tercer criterio fue el uso agrícola del suelo, donde se realizaron los recorridos en áreas con presencia evidente de árboles y arbustos. Finalmente para la zona de laderas y montañas, que inicia en la cota de menor elevación (1700 m.s.n.m) el recorrido fue en forma de espiral creciente hacia la cota de mayor elevación (2000 m.s.n.m). El geoposicionamiento de los árboles y arbustos de las especies estudiadas se realizó de manera puntual con apoyo de un GPS.

### **Identificación de impactos ambientales:**

Se realizó mediante listas de chequeo, control o verificación el cual consiste en: contar con las relaciones categorizadas o jerárquicas de factores ambientales a partir de las cuales se identifican los impactos producidos por un proyecto o actividad específica.

Para la Evaluación de Impacto Ambiental e Impacto Socioeconómico - Cultural en las actividades de extracción y utilización de las especies vegetales de uso en la medicina tradicional se aplicó la Matriz de Leopold; resultado de la observación directa en campo y de los cuestionarios aplicados a informantes clave, sobre las actividades aplicadas para la extracción y utilización de las especies vegetales, que son: introducción de especies exóticas de árboles y arbustos, recolecta de partes aéreas, actividades mínimas de reforestación, incendios forestales, tala clandestina, sobrepastoreo y cambio de uso de suelo.

La composición del ambiente se dividió en características físicas y químicas, condiciones biológicas y relación ecológica. La matriz cuantitativa fue evaluada en una escala de evaluación de -5 a +5; siendo los impactos negativos mayores, calificados con el mayor valor negativo.

El principio básico del método consiste, inicialmente, en señalar todas las posibles interacciones entre las acciones y los factores, para luego establecer, en una escala que varía de -5 a +5, la Magnitud e Importancia de cada impacto identificando si éste es positivo o negativo. La discusión se presenta a partir de un Análisis bajo el enfoque del marco lógico, que permite emitir las conclusiones del trabajo.

En síntesis en este estudio se emplearon los siguientes métodos: Método taxonómico, Método geográfico, Sistemas de Información Geográfica (SIG), Trabajo de campo,

Teledetección, Método etnográfico, Análisis estadístico, Métodos matriciales, Lista de chequeo, Matriz de Leopold

## Resultados y Discusión

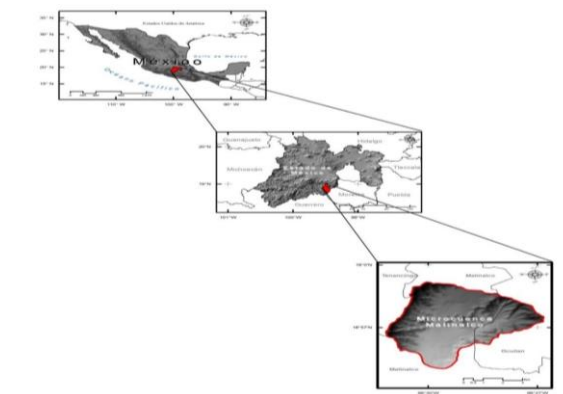
Los resultados en este trabajo inician con la delimitación y caracterización geográfica del área de estudio; continúan con la identificación de las especies estudiadas realizada por White-Olascoga (2013); se centran en el análisis espacial de la distribución y abundancia de las especies en el área y del análisis de los factores geográficos que determinan la distribución y abundancia; y concluye con la identificación y evaluación de los impactos ambientales y sociales derivados del aprovechamiento medicinal de las especies.

### Localización y delimitación del área de estudio.

El municipio de Malinalco forma parte de la Región VI Ixtapan de la Sal ubicado al sureste de la ciudad de Toluca a 65 km. Comprendiendo sus colindancias: al norte Joquicingo y Ocuilan (Estado de México); al este en límites con la entidad federativa de Morelos; al sur con Zumpahuacan y Tetecala (Estado de Morelos); al oeste con Tenancingo (Estado de México).

El área de estudio se localiza al norte del municipio de Malinalco, en la porción sur de la microcuenca de Malinalco con coordenadas extremas de:  $99^{\circ}31'11.74''$  y  $99^{\circ}26'47.13''$  de longitud oeste y  $18^{\circ}59'12.79''$  y  $18^{\circ}55'0.94''$  de latitud norte, tiene una superficie de 3,252 ha. y presenta diferentes niveles altitudinales de 1550 a 2500 m.s.n.m. En la parte norte se identifican las localidades de Jesús María y San Nicolás, en el centro Malinalco (cabecera municipal), al este la localidad de Tlecuilco y al sur con los límites de la localidad de Jalmolonga (Figura 1).

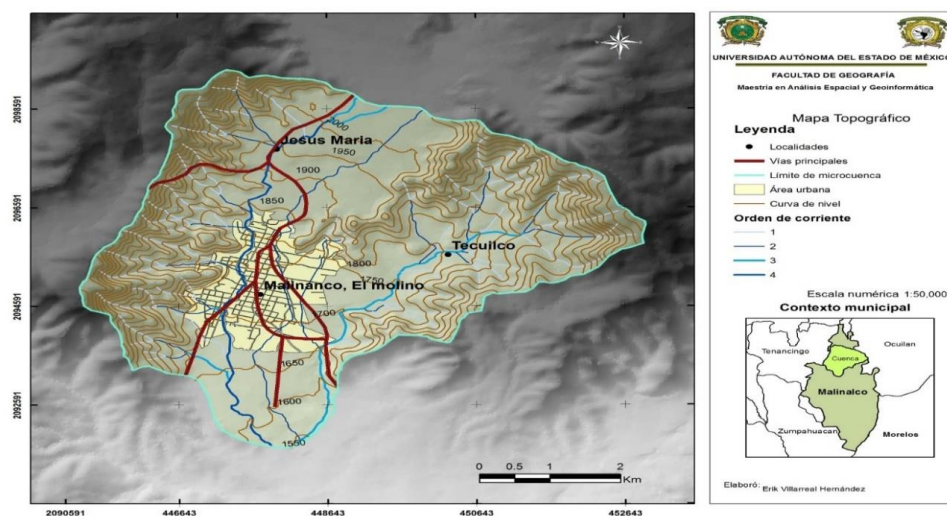
**Figura 1.** Contexto Espacial del Área de estudio.



Fuente: Elaboración propia 2013.

Las principales geoformas que constituyen la microcuenca son: montaña, lomerío, piedemonte y planicie aluvial. Las elevaciones topográficas son principalmente resultado de los declives de los abanicos aluviales y la erosión pluvial. La porción norte se caracteriza por presentar un declive en dirección oeste-este y las laderas de la porción este en dirección norte-sur y este-oeste (Figura 2). En su porción central de norte a sur las pendientes presentan de 5 a 10°, de 10 – 15° de pendiente en el pie de monte mismo constituyen los principales conjuntos montañosos, conforme se asciende a la cima de 25 a 45° de pendiente y muy cercano a la cima con 45-60° de pendiente.

**Figura 2.** Topografía del Valle de Malinalco



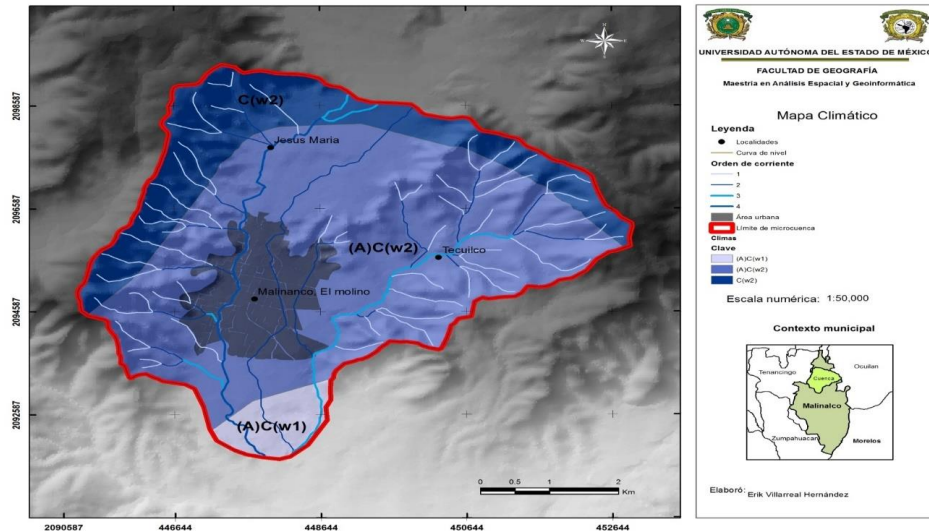
Fuente: Elaboración propia 2013.

De acuerdo a la clasificación de Köppen modificada por García, la microcuenca se ubica en tres zonas climáticas (Figura 3): Al norte el clima templado subhúmedo C(w2), con una temperatura media anual entre 12°C y 18°C, temperatura del mes más frío entre -3°C y 18°C y temperatura del mes más caliente bajo 22°C. La precipitación en el mes más seco es menor de 40 mm; lluvias de verano con índice P/T mayor de 55 y porcentaje de lluvia invernal del 5 al 10.2% del total anual.

En la porción central clima semi cálido subhúmedo (A)C(w2), con temperatura media anual mayor de 18°C, temperatura del mes más frío menor de 18°C, temperatura del mes más caliente mayor de 22°C. La precipitación del mes más seco es menor a 40 mm; lluvias de verano con índice P/T mayor de 55 y porcentaje de lluvia invernal del 5% al 10.2% del total anual. Y semi cálido subhúmedo (A) C(w1) localizado al sur de la microcuenca, con temperatura media anual mayor de 18°C, temperatura del mes más frío menor de 18°C, temperatura del mes más caliente mayor de 22°C. La precipitación del mes más seco es

menor de 40 mm; lluvias de verano con índice P/T entre 43.2 y 55 y porcentaje de lluvia invernal del 5% al 10.2% anual.

**Figura 3.** Climas del Valle del Malinalco



Fuente: Elaboración propia 2013.

### Identificación las especies arbóreas y arbustivas que son extraídas y aprovechadas con fines medicinales en la zona de estudio

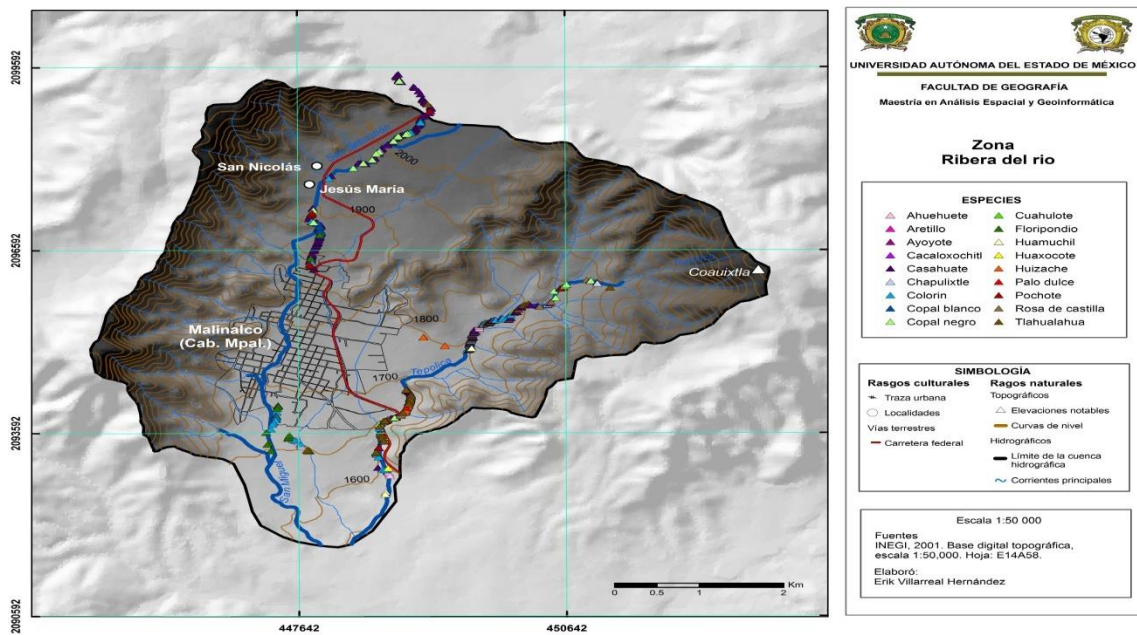
Los siguientes cuadros extraídos de información previa de White (2013) y White *et al.*, (2013), enlistan a las especies presentes en los diferentes estratos localizados en el Valle de Malinalco México. De las especies identificadas por White, en este trabajo fueron evaluadas 17 especies arbóreas y 5 especies arbustivas (Cuadros 2 y 3).

### Distribución espacial de las especies desde un enfoque biogeográfico

El mapa representa la distribución de las especies, del estrato arbóreo y arbustivo sobre la ribera de los dos ríos principales con los que cuenta el área de estudio. En la porción oeste de la microcuenca el río San Miguel en curso de norte a sur, presenta mayor abundancia de especies arbóreas tales como: casahuate, copal negro y colorines; en la porción sur del mismo río presenta colorines y floripondios.

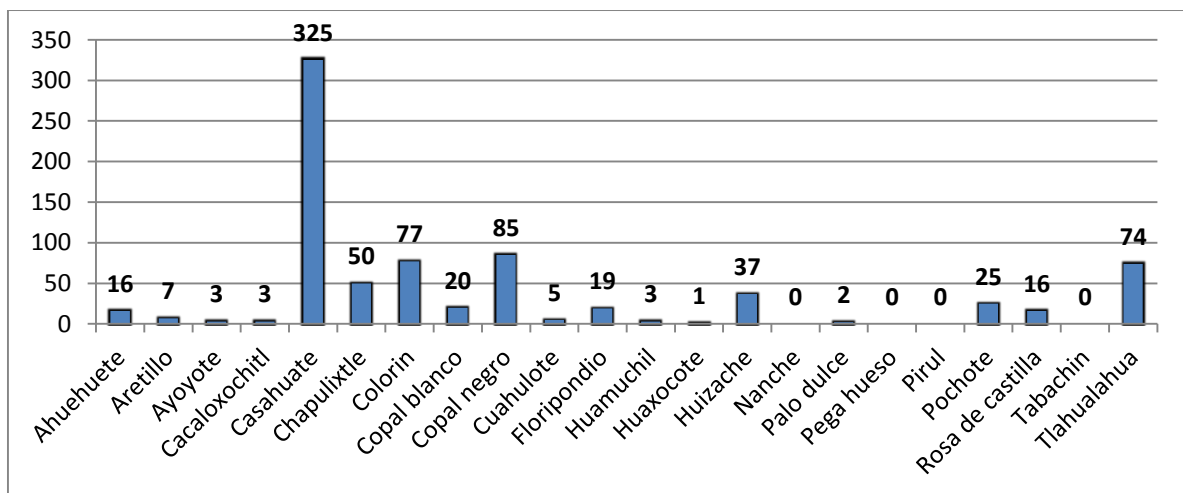
El río Tepolica presenta en su porción noreste abundancia de casahuates, copal negro y colorines. En el curso del río en la porción sur presenta mayor abundancia de casahuates, copales negros, colorines y tlhualahuas. En esta misma área presenta más actividad biológica debido a la concentración de humedad (Figura 4 y 5).

**Figura 4.** Análisis espacial de la distribución de árboles y arbustos medicinales en la Ribera de los Ríos San Miguel y Tepolica.



Fuente: Elaboración propia 2013.

**Figura 5.** Análisis estadístico de la abundancia de árboles y arbustos medicinales en la Ribera de los Ríos San Miguel y Tepolica (Número).



Fuente: Elaboración propia, 2013.

**Cuadro 1.** Especies presentes en el estrato arbóreo de El Valle de Malinalco

NOMBRE COMÚN	NOMBRE CIENTÍFICO	FAMILIA	ECOSISTEMAS NATURALES	NATURALIZADAS	ESTRATO	LOCALIZACIÓN
1 Piru	<i>Schinus molle</i> L.	Anacardiaceae		1	ARBÓREO	Camino a Chalma, entre la segunda y la tercera puerta.
2 Cacaloxohitl	<i>Plumeria rubra</i> L.	Apocynaceae	1		ARBÓREO	Camino a Chalma, entre la segunda y la tercera puerta.
3 Ayoyote	<i>Thevetia thevetioides</i> (H.B.K.) Schum.	Apocynaceae	1		ARBÓREO	Car. Malinalco-Chalma Km. 1.9
4 Pega hueso	<i>Senecio praecox</i> (Cav.) DC.	Asteraceae	1		ARBÓREO	Car. Malinalco-Chalma desviación a San Andrés Nicolás Bravo, la desv. a San Andrés esta a Km. de Malinalco.
5 Tronadora	<i>Tecoma stans</i> (L.) Kunth	Bigonaceae	1		ARBÓREO	Car. Malinalco-Chalma, entre la segunda y la tercera puerta.
6 Pochote	<i>Ceiba pentandra</i> (L.) Gaertn.	Bombacaceae	1		ARBÓREO	Car. Malinalco-Chalma desviación a San Andrés Nicolás Bravo, la desv. San Andrés esta a Km. de Malinalco
7 Anacahuite	<i>Cordia curassavica</i> (Jacq.) Roem.	Boraginaceae	1		ARBÓREO	Car. Malinalco-Chalma desviación a San Andrés Nicolás Bravo, la desv. a San Andrés esta a 5 Km. de Malinalco
8 Copal blanco	<i>Bursera cuneata</i> (Schlecht.) Engl.	Burseraceae	1		ARBÓREO	Car. Malinalco-Chalma, entre la segunda y tercer puerta.
9 Copal	<i>Bursera glabrifolia</i> (H.B.K.) Engl.	Burseraceae	1		ARBÓREO	Pueblo de Malinalco, Las Truchas.
10 Casahuate	<i>Ipomoea murucoides</i> Roem. & Schult.	Convolvulaceae	1		ARBÓREO	Car. Toluca- Malinalco en el primer arco
11 Tabachin	<i>Deloxis regia</i> (Bojer) Raf.	Fabaceae	1		ARBÓREO	Car. Malinalco-Chalma, entre la segunda y tercer puertas.
12 Colorin y Zompantle	<i>Erythrina coralloides</i> DC	Fabaceae	1		ARBÓREO	Car. Malinalco-Chalma, entre la segunda y tercer puertas.
13 Palo dulce o palo azul	<i>Eysenhardtia polystachya</i> (Ort) Sarg.	Fabaceae	1		ARBÓREO	Car. Malinalco-Chalma, entre la segunda y tercer puertas.
14 Huamuchil	<i>Pithecolobium dulce</i> (Roxb.) Benth.	Fabaceae	1		ARBÓREO	Pueblo de Malinalco, Las Truchas.
15 Huizache	<i>Acacia farnesiana</i> (L.) Willd.	Fabaceae	1		ARBÓREO	Car. Malinalco-Chalma, desviación a Jalmolonga, pueblo de Jalmolonga.
16 Huaxocote	<i>Malpighia mexicana</i> Juss	Malpighiaceae	1		ARBÓREO	Pueblo de Malinalco, camino a las ruinas.
17 Flor del zopilote	<i>Trichilia hirta</i> L.	Meliaceae	1		ARBÓREO	Car. Malinalco-Chalma, entre la segunda y tercer puerta.
18 Añil	<i>Alvaradoa amorphoides</i> Liebm.	Simarubaceae	1		ARBÓREO	Car. Malinalco-Chalma, entre la segunda y tercer puerta.
19 Cuahulote o guácima	<i>Guazuma ulmifolia</i> Lam.	Sterculiaceae	1		ARBÓREO	Car. Malinalco-Jalmolonga.
20 Ahuehuete, Sabino	<i>Taxodium mucronatum</i> Ten.	Taxodiaceae	1		ARBÓREO	Pueblo de Malinalco, camino a las ruinas.
21 Tlahualahua	<i>Helicarpus appendiculatus</i> Turcz	Tilaceae	1		ARBÓREO	Pueblo de Malinalco, camino a la zona arqueológica
22 Coyotomate	<i>Vitex mollis</i> H.B.K.	Verbenaceae	1		ARBÓREO	Pueblo de Malinalco camino al panteón



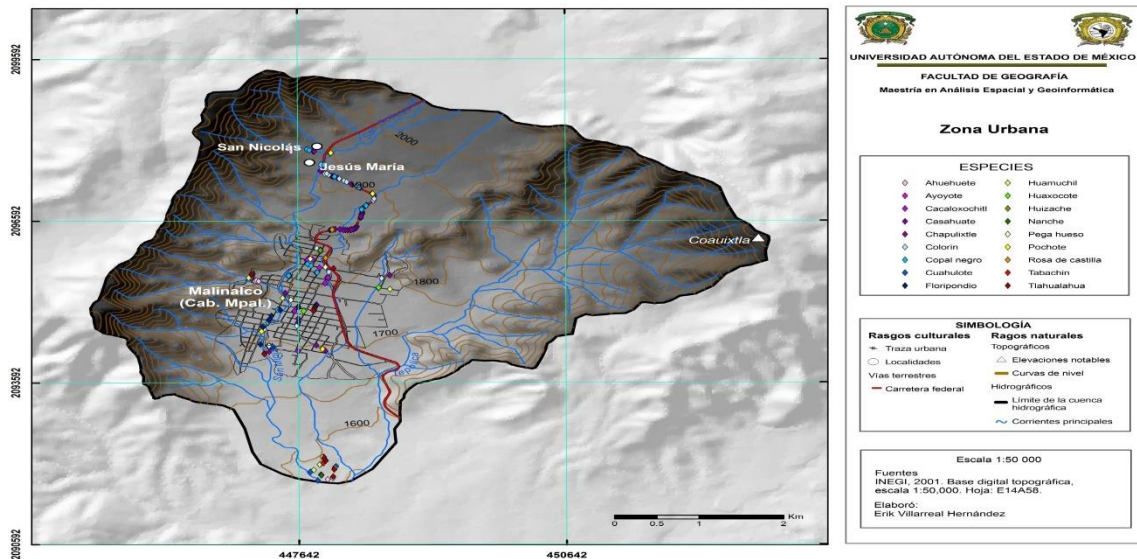
**Cuadro 2.** Especies presentes en el estrato arbustivo de El Valle de Malinalco.

NOMBRE COMÚN	NOMBRE CIENTÍFICO	FAMILIA	ECOSISTEMAS NATURALES	NATURALIZADAS	ESTRATO	LOCALIZACIÓN
1 Zopatle	<i>Montanoa tomentosa</i> Cerv.	Asteraceae	1		ARBUSTIVO	Car. Malinalco-Chalma, camino a Chalma, entre la segunda y la tercera puerta.
2 Aretillo	<i>Lobelia laxiflora</i> H.B.K.var. <i>stricta</i> (Planch & Oerst) McVaugh.	Campanulaceae	1		ARBUSTIVO	Pueblo de Malinalco, camino a Chalma, entre la segunda y la tercera puerta.
3 Aretillo	<i>Cuphea schumannii</i> koehne	Lythraceae	1		ARBUSTIVO	Pueblo de Malinalco, camino a Chalma, entre la segunda y la tercera puerta.
4 Nanche Silvestre	<i>Byrsonima crassifolia</i> (L.) Kunth.	Malpighiaceae	1		ARBUSTIVO	Car.. Malinalco-Chalma, entre la segunda y tercer puerta.
5 Espinosilla	<i>Loeselia mexicana</i> (Lam.) Brand	Polemoniaceae	1		ARBUSTIVO	Pueblo de Malinalco, camino a Chalma, entre la segunda y la tercera puerta. .
6 Chapuliste	<i>Dodonaea viscosa</i> Jacq	Sapindaceae	1		ARBUSTIVO	Car. Malinalco-Chalma, entre la primera y segunda puerta.
7 Florifundio	<i>Brugmansia suaveolens</i> (Willd.) Bercht.& Presl.	Solanaceae		1	ARBUSTIVO	Pueblo de Malinalco, camino a las ruinas.
8 Buena moza	<i>Nicotiana glauca</i> Graham	Solanaceae		1	ARBUSTIVO	Pueblo de Malinalco, camino a las ruinas.
9 Rosa decastilla	<i>Lippia substrigosa</i> Turcz.	Verbenaceae	1		ARBUSTIVO	Pueblo de Malinalco, camino a las ruinas.

La especie notablemente más abundante en la zona ribereña son los casahuates; en proporciones similares le siguen en abundancia los árboles de copal negro, colorín, tlhualahua y en menor proporción chapulxtle y huizache.

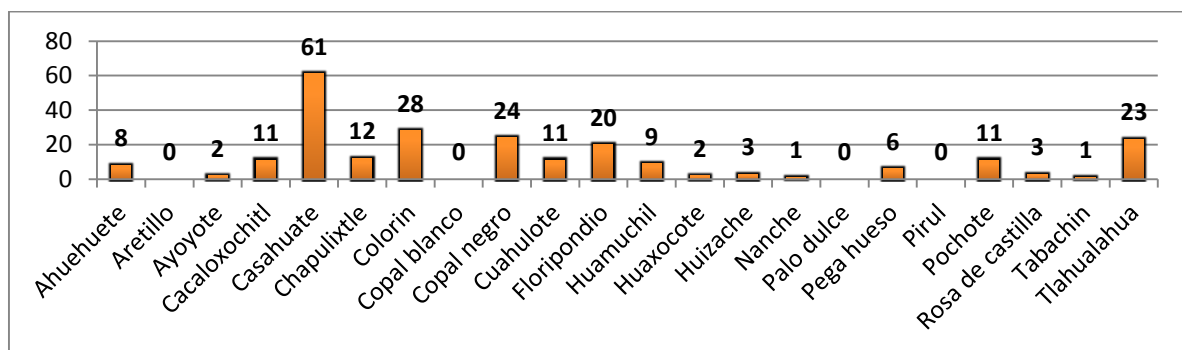
La zona urbana en su porción norte presenta mayor abundancia de especies de casahuates y colorines, localizados en ambas aceras de la vía principal de comunicación (carretera federal Toluca - Chalma). En el área central de la ciudad de Malinalco destacan las especies de casahuates, colorines, copales negros y floripondios. En la porción sur abundan las especies de copales negros y tlhualahuas (Figura 6 y 7).

**Figura 6.** Análisis espacial de la distribución de árboles y arbustos medicinales en la Zona Urbana de la Ciudad de Malinalco.



Fuente: Elaboración propia 2013.

**Figura 7.** Análisis estadístico de la abundancia de árboles y arbustos medicinales en la Zona Urbana de la Ciudad de Malinalco (Número).

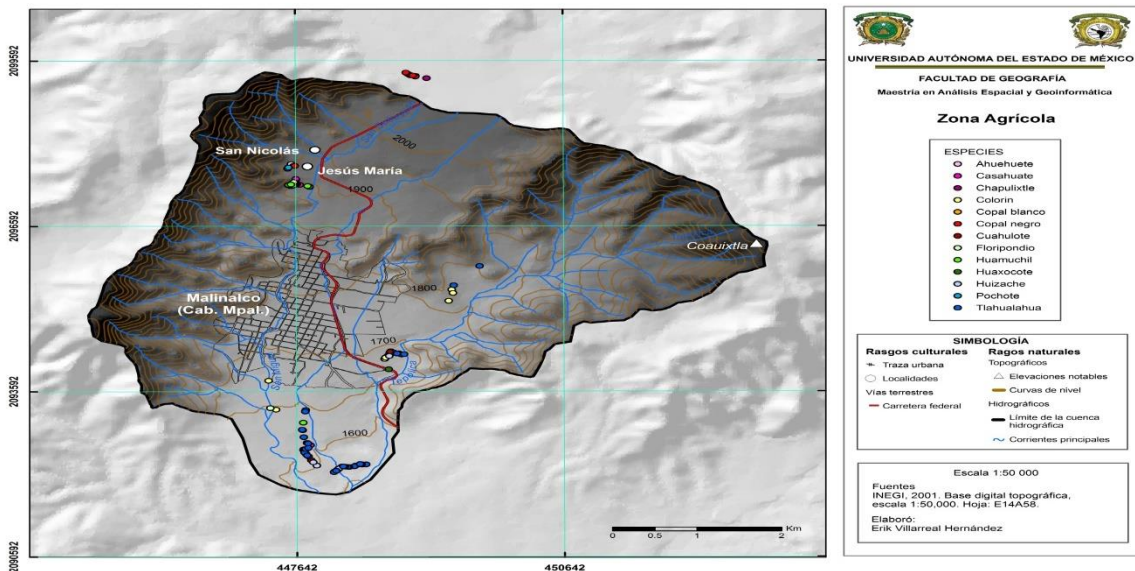


Fuente: Elaboración propia 2013.

En la Zona Urbana de la Ciudad de Malinalco, predominan en abundancia los árboles de casahuate, seguidos de colorines, copal negro, tlahualahua y floripondios.

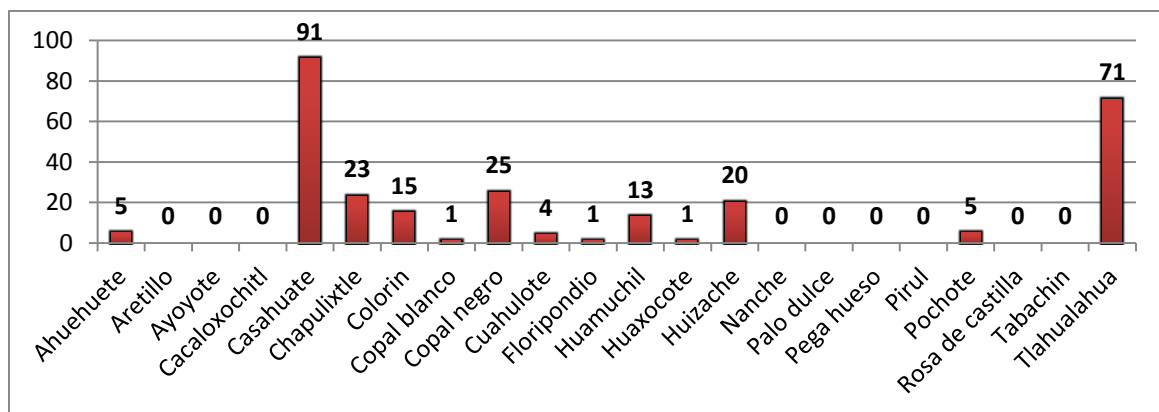
La distribución espacial de las especies en las zonas destinadas a la actividad agrícola presenta abundancia en la porción norte de la microcuenca árboles de casahuate y colorin; en su porción noroeste es más diversa la presencia de casahuates, tlahualahua, colorines, huizache, chapulixtle y copal negro; en su porción centro - este existe más presencia de tlahualahuas, huizache y casahuates; en su porción sur destacan en gran proporción los tlahualahuas y huizaches (Figura 8 y 9).

**Figura 8.** Análisis espacial de la distribución de árboles y arbustos medicinales en la Zona Agrícola del Valle de Malinalco.



Fuente: Elaboración propia 2013.

**Figura 9.** Análisis estadístico de la abundancia de árboles y arbustos medicinales en la Zona Agrícola del Valle de Malinalco (Número).

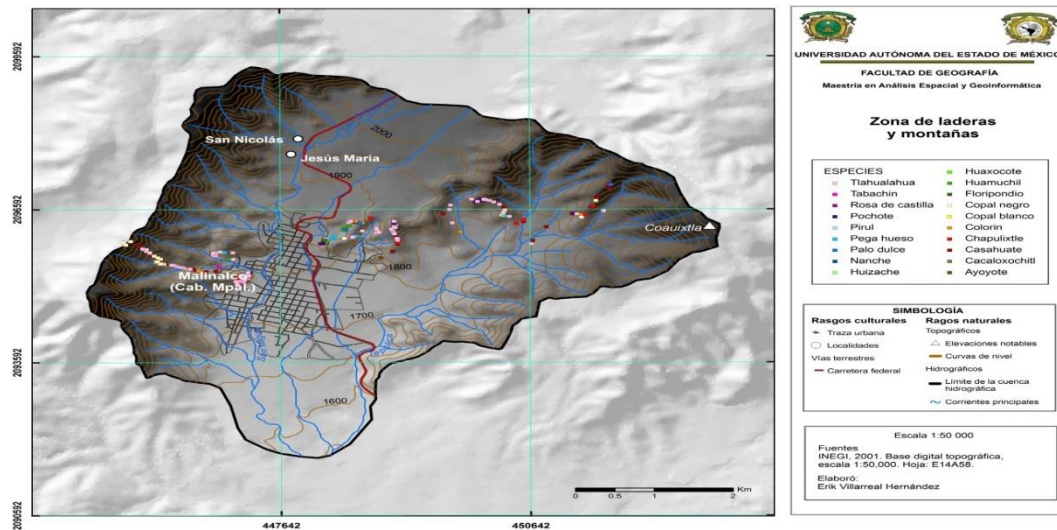


Fuente: Elaboración propia 2013.

En la Zona Agrícola del Valle de Malinalco también prevalecen notablemente en abundancia, los árboles de casahuate, seguidos de tlhualahua; en menor proporción abundan árboles de copal negro, chapulixtle, huizache, colorín y huamúchil.

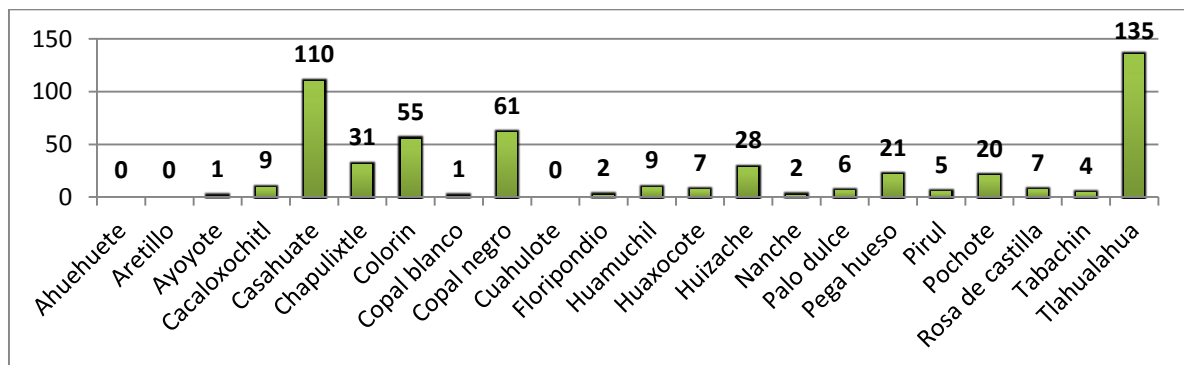
La distribución de las especies que se hace presente en las laderas y montañas del Valle destacan en su porción centro – este los árboles de tlhualahua, casahuate, copal negro, colorin y en las cimas donde existen algunos claros de vegetación, se presentan chapulixtles. En su porción oeste es notable la presencia de tlhualahuas (Figura 10 y 11).

**Figura 10.** Análisis espacial de la distribución de árboles y arbustos medicinales en la Zona de Laderas y Montañas del Valle de Malinalco.



Fuente: Elaboración propia 2013.

**Figura 11.** Análisis estadístico de la abundancia de árboles y arbustos medicinales en la Zona de Laderas y Montañas del Valle de Malinalco (Número)



Fuente: Elaboración propia 2013.

En la zona de laderas y montañas del valle de Malinalco, predominan en abundancia los árboles de tlhualahua y casahuates; le siguen en abundancia los árboles de copal negro y

colorín; en menor proporción se encuentran árboles de chapulixtle, huizache, pegahueso y pochote.

### **Análisis de las condiciones geográficas que determinan la distribución de las especies vegetales en la zona**

El Cuadro 3 muestra la diversidad de incidencia de especies arbóreas y arbustivas en las diferentes zonas de muestreo. La zona que presentó mayor abundancia fue la *Zona Ribereña* (767 especímenes), por sus altos contenidos de materia orgánica, depósitos aluviales y en algunos puntos saturación de agua sobre, el curso del río; tanto en la porción norte del río San Miguel como en la porción sur y, en condiciones similares el río Tepolica.

**Cuadro 3.** Abundancia de árboles y arbustos medicinales en cuatro Zonas Ambientales del Valle de Malinalco.

No	Especie	Zona Ribereña	Zona Urbana	Zona Agrícola	Zona de Laderas y Montañas
1	Ahuehuate	16	8	5	0
2	Aretillo	7	0	0	0
3	Ayoyote	3	2	0	1
4	Cacaloxochitl	3	11	0	9
5	Casahuate	325	61	91	110
6	Chapulixtle	50	12	23	31
7	Colorín	77	28	15	55
8	Copal Blanco	20	0	1	1
9	Copal negro	85	24	25	61
10	Cuahulote	5	11	4	0
11	Floripondio	19	20	1	2
12	Huamuchil	3	9	13	9
13	Huaxocote	1	2	1	7
14	Huizache	37	3	20	28
15	Nanche	0	1	0	2
16	Palo dulce	2	0	0	6

17	<b>Pegahueso</b>	0	6	0	21
18	<b>Pirul</b>	0	0	0	5
19	<b>Pochote</b>	25	11	5	20
20	<b>Rosa de Castilla</b>	16	3	0	7
21	<b>Tabachin</b>	0	1	0	4
22	<b>Tlahualahua</b>	74	23	71	135
<b>ESPECÍMENES TOTALES</b>		<b>767</b>	<b>236</b>	<b>275</b>	<b>514</b>

Fuente: Elaboración propia 2013.

Le sigue la *Zona de Laderas y Montañas* con 514 especímenes que se explica el contenido de humedad en relación a su orientación de las laderas debido a que, los vientos húmedos chocan con una elevación o montaña, se elevan y enfrían. Al enfriarse, el vapor de agua se condensa y llueve sobre la ladera frontal. Luego el viento continúa, pero pierde humedad y no transporta nubes. La ladera opuesta será seca. En entonces que se presenta de esta manera en el área de estudio las laderas orientadas al norte presentan mayor humedad que las laderas sur.

En la *Zona Agrícola* se registran 275 especímenes proporcionando así con ayuda de los bosques y las cortinas rompevientos atenúan la fuerza del viento. De esta manera, protegen los cultivos de la desecación y filtran el polvo. De acuerdo a esto, algunas especies son utilizadas como cercos vivos.

La zona que presenta menor abundancia de especímenes es la *Zona Urbana* con 236 árboles, esto se explica por los cambios de uso de suelo, la alta presencia de actividad humana y por la inducción de especies no nativas así como, de uso ornamental (Cuadro 4).

**Cuadro 4.** Abundancia, Forma de Presencia y Tendencia de Distribución de árboles y arbustos medicinales en el Valle de Malinalco.

No	Especie	Abundancia en el Área	Forma de presencia	Tendencia de Distribución
1	<b>Ahuehuate</b>	Baja	Uso ritual cercado	Crece en zonas húmedas y bajas
2	<b>Aretillo</b>	Muy baja	Ornamental Medicinal	Crece en zonas húmedas y bajas
3	<b>Ayoyote</b>	Muy baja	Cerco vivo	Prefiere ambientes húmedos
4	<b>Cacaloxochitl</b>	Baja	Cerco vivo	Se adapta a diversos ambientes

5	<b>Casahuate</b>	Muy alta	Cerco vivo	Se adapta a diversos ambientes, pero prospera bien en ambientes secos
6	<b>Chapulixtle</b>	Alta	Cerco vivo Recuperación de suelo	Se adapta a diversos ambientes, pero prospera bien en ambientes secos
7	<b>Colorín</b>	Alta	Cerco vivo	Se adapta a diversos ambientes, pero prospera bien en ambientes secos,
8	<b>Copal Blanco</b>	Baja	Cerco vivo	Prefiere ambientes húmedos
9	<b>Copal negro</b>	Alta	Cerco vivo	Se adapta a diversos ambientes, pero prospera bien en ambientes secos
10	<b>Cuahulote</b>	Baja	Cultivo	No tolera sequedad
11	<b>Floripondio</b>	Media	Ornamental	No tolera sequedad
12	<b>Huamuchil</b>	Media	Cerco vivo	Se adapta a diversos ambientes, pero prefiere ambientes secos
13	<b>Huaxocote</b>	Baja		Prefiere ambientes secos
14	<b>Huizache</b>	Alta	Cerco vivo	Se adapta a diversos ambientes, pero prospera bien en ambientes secos
15	<b>Nanche</b>	Muy baja	Ornamental	No tolera humedad
16	<b>Palo dulce</b>	Muy baja	Ornamental	Se adapta a diversos ambientes, pero prospera bien en ambientes secos
17	<b>Pegahueso</b>	Baja	Medicinal	Prefiere ambientes secos de laderas
18	<b>Pirul</b>	Muy baja	Ornamental	Prefiere ambientes secos
19	<b>Pochote</b>	Media	Ornamental	Se adapta a diversos ambientes, pero prospera bien en ambientes secos
20	<b>Rosa de Castilla</b>	Baja	Ornamental	Se adapta a diversos ambientes
21	<b>Tabachin</b>	Muy baja	Ornamental	Prefiere ambientes secos
22	<b>Tlahualahua</b>	Muy alta	Cerco vivo	Se adapta a diversos ambientes

Fuente: Elaboración propia 2013.

## Identificación y evaluación de los impactos ambientales y socioeconómicos que ocasiona la extracción de árboles y arbustos medicinales.

En la República Mexicana, las plantas medicinales constituyen uno de los principales recursos terapéuticos, tanto en el medio rural como suburbano (Osuna *et al.*, 2005); en la comunidad de San Nicolás, el impacto ambiental por la extracción y utilización de especies vegetales para uso medicinal, se ve reflejado principalmente en su recolección sobre los estratos arbustivo y arbóreo; aunque es en el estrato herbáceo en el que se presenta un mayor impacto ambiental (Tabla 2 y 3).

### Impacto Ambiental

Sobre los meses en que florecen para cada una de las especies, los informantes entrevistados opinan que varía para cada una de ellas, tal como se muestra (Cuadro 5).

**Cuadro 5.** Especies arbóreas y meses de floración, según percepción de habitantes locales

Especies arbóreas	Mes de floración	Cambios en fecha de floración	Mes de fructificación	Cambios en fecha de fructificación
<b>Pirúl</b> ( <i>Shinus molle L.</i> )	Enero y febrero	No	Sin fruto	Sin fruto
<b>Cacaloxochitl</b> ( <i>Plumeria rubra L.</i> )	Mayo, junio, julio y agosto	No	Sin fruto	Sin fruto
<b>Ayoyote</b> ( <i>Thevetia thevetiodes (H.B.K) Schum.</i> )	Abril y mayo	No	Noviembre, diciembre, enero y febrero.	Sin cambios
<b>Pegahueso</b> ( <i>Senecio praecox (Cav.)DC.</i> )	Febrero, marzo y abril	No	Sin fruto	Sin fruto
<b>Tronadora</b> ( <i>Tecoma stans (L.) Kunth</i> )	Noviembre y diciembre	No	Sin fruto	Sin fruto
<b>Pochote</b> ( <i>Ceiba pentandra (L.) Gaertn.</i> )	Septiembre y octubre	No	Sin fruto	Sin fruto
<b>Anacahuite</b> ( <i>Cordia curassavica (Jacq.) Roem.</i> )	Marzo y abril	No	Febrero y marzo	Sin cambios
<b>Copal blanco</b> ( <i>Bursera cuneata (Schlecht.) Engl.</i> )	Marzo y abril	No	Marzo y junio	Sin cambios
<b>Copal</b> ( <i>Bursera glabrifolia (H.B.K) Engl.</i> )	Mayo	No	Mayo	Sin cambios
<b>Casahuate</b> ( <i>Ipomoea murucoides Roem. &amp; Schult.</i> )	Febrero, marzo y abril	No	Febrero, marzo y abril.	Sin cambios
<b>Tabachin</b> ( <i>Deloxis regia (Bojer) Raf.</i> )	Mayo y Junio	No	Octubre y noviembre	Sin cambios



<b>Colorín y Zopantle</b> ( <i>Erythrina coralloides</i> DC.)	Abril, mayo y junio	No	Sin fruto	Sin fruto
<b>Huamuchil</b> ( <i>Pithecolobium dulce</i> (Roxb.) Benth.)	Mayo y junio	No	Mayo y junio	Sin cambios
<b>Huizache</b> ( <i>Acacia farnesiana</i> (L.) Willd.)	Septiembre	No	Noviembre y diciembre	Sin cambios
<b>Huaxocote</b> ( <i>Malpighia mexicana</i> Juss)	Marzo y abril	No	Agosto y septiembre	Sin cambios
<b>Flor de zopilote</b> ( <i>Trichilia hirta</i> L.)	Abril y mayo	No	Sin fruto	Sin fruto
<b>Ahuehuate, Sabino</b> ( <i>Taxodium mucranatum</i> Ten.)	Marzo, abril y mayo	No	Marzo, abril y mayo	Sin cambios
<b>Tlahualahua</b> ( <i>Heliocarpus</i> <i>appendiculatus</i> Turcz.)	Mayo y junio	No	Febrero, marzo y abril	Sin cambios
<b>Coyotomate</b> ( <i>Vitex mollis</i> H.B.K.)	Abril y mayo	No	Abril y mayo	Sin cambios

Fuente: Elaboración propia 2013.

La forma en que estas especies vegetales se recolectan y manejan, constituye un aspecto de interés, debido a que su extracción sostenida e intensiva puede manifestarse en prácticas radicales, que afecten irreversiblemente a las especies, provocando un impacto en el ambiente.

En lo referente a los impactos ambientales que pueden afectar al suelo, agua, clima y vegetación local, se obtuvieron diferentes respuestas, las personas entrevistadas como informantes claves, no perciben afectación del suelo, al extraer los árboles y arbustos medicinales, tampoco afecta al número total de especies de árboles y arbustos de cada especie; asimismo, ellos consideran que el total de especies de árboles y arbustos no se sustituyen por otras especies.

Respecto al cambio de clima de los últimos 10 años, en los ambientes en donde se desarrollan las especies tanto de árboles como los arbustos, los informantes consideran que no ha cambiado el clima. Acerca de si los manantiales y arroyos siguen aportando la misma cantidad de agua, los informantes, responden que tienen la misma cantidad de agua; y en lo referente a si esos cambios han afectado a los árboles y arbustos, responden que no hay cambios que afecten a los árboles y arbustos.

Sin embargo, se tiene documentado que cualquier actividad de extracción intensiva o no, que realice la gente para obtener recursos vegetales, como por ejemplo las especies con uso

medicinal, no constituye un hecho aislado dentro del contexto físico, geográfico o socioeconómico, es resultado de la historia ambiental y de las formas de apropiación y uso de los recursos naturales que afectan y alteran al ambiente, la salud y bienestar del hombre (Canter, 1998). Este impacto ambiental que provoca la extracción de especies vegetales; es una alteración que se produce sobre el entorno, así como a la salud y el bienestar del hombre (Canter, 1998; Conesa, 1997; DOF; 2010).

Con respecto al estrato arbóreo, el 30% de las especies vegetales son organismos perennes, lignificados y de más de tres metros de altura, características que podrían de cierta manera impedir su recolecta para fines medicinales; sin embargo, se observó el uso de los pétalos de *Talauma mexicana* (DC) Don, y de las flores de *Chiranthodendron pentadactylon* Larr., ambas utilizadas para padecimientos del corazón, y las cuales están citadas en la NOM 059 como especies amenazadas. Estas especies son muy importantes en la medicina tradicional de la comunidad, y generalmente se presentan en el mercado municipal en donde se les compra.

Un gran número de especies arbóreas utilizadas con fines medicinales, se emplean también como alimento, sus frutos son aprovechados como alimento y se usan para consumo familiar, por ejemplo; *Persea americana* Mill. (aguacate), especie utilizada en la medicina para la diabetes; *Psidium guajava* L. utilizada para la diarrea y *Casimiroa edulis* Llave & Learza usada para los nervios. La utilización de plantas con fines medicinales y alimenticios, es una particularidad de la alimentación mexicana y se menciona que llegan a funcionar de manera preventiva (Linares, 1996).

El estrato arbustivo es el menos utilizado en la medicina tradicional dentro de la comunidad; sin embargo, es importante que dentro de éstas se cuenta con *Tila mexicana* Schl. especie cuyas flores son utilizada para padecimientos denominados “nervios” y la cual está en la NOM 059 como especies en peligro.

Para la Evaluación de Impacto Ambiental e Impacto Socioeconómico – Cultural se utilizaron matrices de Leopold y se identificaron las actividades para la extracción y utilización de las especies vegetales estas son: Introducción de especies exóticas de árboles y arbustos, recolecta de partes aéreas, actividades mínimas de reforestación, incendios forestales, tala clandestina, sobrepastoreo y cambio de uso de suelo. Estas acciones se evaluaron en relación a los componentes del ambiente en tres ámbitos: características físicas y químicas, condiciones biológicas y las relaciones ecológicas.

Las actividades que presentan y se evalúan con mayor Impacto Ambiental fueron los incendios forestales y el cambio de uso de suelo. Esto puede ser debido a que, los incendios forestales se presentan cada año, contribuyen al deterioro la calidad del ambiente, calidad del suelo, disminución de biodiversidad y/o pérdida de la cobertura vegetal, suelo desnudo, práctica de roza, tumba y quema (preparación de terrenos en la siembra agrícola). Estas acciones son calificadas también con alto Impacto Socioeconómico y Cultural.

### **Impacto Socioeconómico y Cultural**

El impacto que genera la utilización de plantas medicinales en los aspectos socioeconómicos y culturales de la población local, a diferencia del ambiental, es positivo, éste impacta principalmente en el empleo, conocimiento tradicional y en la salud humana, almacenamiento y consumo; las cuales se realizan en la vivienda familiar y permiten preservar las tradiciones y el conocimiento local sobre herbolaria medicinal.

La comercialización de especies vegetales de uso medicinal, es una actividad que representa una entrada económica a la familia, ésta puede darse de varias maneras; con la venta de plantas vivas en el mercado de la región; con la recolecta y venta de plantas frescas, la recolecta y venta de frutos y con el trueque de especies. La venta de especies vegetales con uso medicinal provoca un impacto benéfico a la familia y a la comunidad. La venta de plantas medicinales, no es una actividad específica de la población de San Nicolás; el mercado de la región es visitado cada ocho días, por dos o tres puestos dedicados exclusivamente a la venta de toda clase de plantas medicinales, todas ellas previamente secas.

El conocimiento tradicional sobre plantas medicinales por la población, es de suma importancia para la gente poseedora de esta sabiduría. Resultados obtenidos en este trabajo dejan ver que la población utiliza remedios caseros a base de plantas medicinales para el tratamiento de sus enfermedades; sin embargo este conocimiento se está perdiendo y ellos están conscientes de la importancia de transmitir esta sabiduría a sus hijos.

El conocimiento acerca de donde recolectar las plantas, cómo secarlas en la vivienda y como almacenarlas, para su posterior uso, es transmitido de generación en generación, por medio de la práctica y la transmisión oral (Luna-Morales, 2002). Esta sabiduría está siendo desvalorada por las generaciones de jóvenes, las cuales prefieren acudir al doctor que tomar remedios caseros a base de plantas medicinales, para curar sus enfermedades. Esta actitud está ocasionando un desequilibrio en la continuidad de la transmisión del conocimiento, lo que podría repercutir a mediano y largo plazo en la pérdida del conocimiento.

Algunas plantas utilizadas por la población, para curar sus padecimientos, están prohibidas por la Secretaría de Salud, en la Ley General de Salud, el Reglamento de Control Sanitario de Productos y Servicios, y el Reglamento Interior de la Secretaría de Salud (DOF, 2010). Existen especies señalados como prohibidas: “En la elaboración de té o infusiones y suplementos alimenticios, no deberán emplearse las sustancias a que se refieren los artículos 234y 245 de la Ley General de Salud y las siguientes plantas” (DOF 2010). La utilización de plantas prohibidas por la Ley de Salud en la medicina tradicional, nos lleva a reflexionar en lo importante que son los trabajos multidisciplinarios en la actualidad (Tabla 2 y 3).

### **Propuesta de Programa para la Conservación y Recuperación de Árboles y Arbustos medicinales**

La propuesta de implementación de un programa, constituye el aporte o la parte propositiva de la investigación. La estructura planteada corresponde a los pasos planteados por el Enfoque del Marco Lógico, iniciando con la organización y jerarquización de los problemas identificados en la fase analítica, su posterior transformación en objetivos, la evaluación de propuestas y como última etapa la elaboración de una matriz de planificación con objetivos, resultados y actividades.

Con base en lo expuesto, se establecieron las relaciones entre los resultados numéricos obtenidos y la potencialidad de cada alternativa de ser aplicada, para posteriormente integrar la matriz de planificación. La matriz se elaboró partiendo de lo general a lo particular, presentando al inicio, el objetivo general que se busca con la aplicación de las propuestas y posteriormente las diversas alternativas planteadas como objetivos específicos o particulares.

Cada objetivo se ordenó en función de la potencialidad identificada, teniendo cada alternativa un indicador para valorar el nivel de desarrollo, una fuente de verificación y los supuestos más importantes que pueden determinar la realización o fracaso de las alternativas.

Se integró en otro apartado un resultado por cada objetivo específico, constituido también por indicadores, fuentes de verificación y supuestos o hipótesis. En última instancia y siguiendo el modelo del Enfoque del Marco Lógico, se presentan las actividades para lograr cada uno de los objetivos planteados.

## **Conclusiones**

El análisis espacial de la distribución de las especies de árboles y arbustos medicinales en el Valle de Malinalco Estado de México permitió conocer las características ambientales para el desarrollo de cada especie. Mediante recorridos realizados en campo, encuestas realizadas a los informantes clave, apoyo bibliográfico, se logró conocer los principales usos medicinales que se da a cada una de las especies.

La identificación de las especies de árboles y arbustos que son extraídas y aprovechadas con fines medicinales en la zona de estudio, permitió caracterizar de forma científica las especies que se presentan en el Valle de Malinalco. Al analizar las condiciones geográficas que componen el área de estudio tales como: delimitación de la microcuenca, las características topográficas, pendientes presentadas de las elevaciones, composición geológica, características climáticas propias de un ambiente de transición ecológica, rasgos hidrológicos, características edáficas y principales usos del suelo, permitieron obtener datos que ayudan a la realización del estudio biogeográfico y así determinar la distribución de las especies vegetales en la zona.

El determinar la distribución espacial de las especies mediante los recorridos de campo, registro de las especies por medio de un GPS, utilización de herramientas de sistemas de información geográfica para la elaboración de mapas de distribución espacial permitió representar de manera espacial cada una de las especies así como, la realización de gráficas para representar la abundancia en las diferentes zonas como la ribera del río, zona urbana, zona agrícola, laderas y montañas.

Los procedimientos previos permitieron Identificar y evaluar los impactos ambientales y socio culturales que ocasiona la extracción de árboles y arbustos medicinales. Se recomienda para la identificación de las especies, un sendero etnobotánico (bajo la guía de líderes comunitarios), estos guías deben de ser escogidos entre los entrevistados, teniendo presente a los que hayan mostrado, más conocimientos, más autenticidad y mejor disposición para colaborar en la información. Idealmente en observación sistemática directa mediante recorridos de campo ha de participar un especialista o técnico botánico para la adecuada recolección de material vegetal, su posterior procesamiento, clasificación e identificación taxonómica.

Las alternativas para realizar estudios biogeográficos incluyen la delimitación de su área de análisis por medio de regiones climáticas, lo que facilitaría el estudio con el uso de la teledetección y aplicación de sistemas de información geográfica.

### **Agradecimientos**

Este trabajo está incluido en el proyecto de investigación titulado “Conocimiento, uso, manejo y diversidad florística de las plantas medicinales en San Nicolás, Municipio de Malinalco, Estado de México”, registrado y finiquitado ante la Secretaría de Investigación y Estudios Avanzados de la Universidad Autónoma del Estado de México, con clave 2948/2010R.

### **Bibliografía**

- Aguilera, G.L. I. y I. V. Rivera M. (2006). *Vegetación y Flora de Malinalco y su Religión*. En: X. Nogez (2006) Malinalco y sus contornos a través del tiempo. Universidad Autónoma del Estado de México. México. 25.34 pp.
- Alcorn, S.A; Amo, R. S. del y A. L. Anaya. (1982). *Importancia de la sistematización de la información sobre plantas medicinales*. Biótica 7 (2): 293-304.
- Barrera, A. (1976). *La Etnobotánica*. 1ER. Simposio de Etnobotánica en México. INAH. México D.F.
- Bates, D. M. (1985). *Plant utilization: patterns and prospects*. En: Caballero, J. (1990), Etnobotánica y desarrollo: La búsqueda de nuevos recursos vegetales, Simposio de Etnobotánica de Medellín, Colombia.
- Bye, R. (1998), *La intervención del hombre en la diversificación de las plantas en México*, en Ramamoorthy, T.P., R. Bye, A. Lot y J. Fa. (1998), *Diversidad biológica de México: orígenes y distribución*, Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F., pp. 689-713.
- Caballero, J. (1987). *Etnobotánica y desarrollo: la búsqueda de nuevos recursos vegetales*. En: E. Hernández X. (Ed.). IV congreso Latinoamericano de Botánica, Simposio de Etnobotánica: Perspectivas en Latinoamérica. Instituto Colombiano para el Fomento de la Educación Superior. Medellín. Colombia 79-106.
- Caballero N., J. (2001). *Perspectivas para el quehacer etnobotánico en México*. Instituto Nacional de Investigaciones sobre Recursos Bióticos. Universidad Autónoma Chapingo, Toluca, Estado de México. 175 p.

- Canales, R. V. y B. Pérez A. (2007). *La familia campesina y el manejo de su espacio en una comunidad del sur del estado de México*. En: F. Monroy G.; J. I. Juan P.; F. Carreto B. y M. Balderas P. (2007) Territorio agricultura y ambiente: Enfoques en el siglo XXI. Universidad Autónoma del Estado de México. México. 35-55 pp.
- Conesa, V. (1997). **Guía para realizar manifestaciones de impacto ambiental**. Tercera edición. Editorial Omega. España. 385 pp
- Escobar, G. (2002). Introducción al paradigma de la etnobiología [www.naya.org.ar/congreso2002/.../german\\_escobar\\_beron.htm](http://www.naya.org.ar/congreso2002/.../german_escobar_beron.htm) - 2 de febrero del 2011
- Estrada, L. E. (1992). *Jardines Botánicos comunitarios: plantas medicinales*. En: Estrada, L. E. (ed). Plantas medicinales de México. Introducción a su estudio. Universidad Autónoma de Chapingo. México. 254 pp.
- Estrada, L. E. y N. Quezada. (1994). *Chamanismo y plantas medicinales*. En: Estrada, L. E. (ed.) Plantas Medicinales de México. Introducción a su estudio. Universidad Autónoma de Chapingo. México.
- Estrada, E., J. Aguirre y L. Sánchez. (2000). *Tecnología tradicional y conocimiento etnobotánico forestal en Santa Isabel Chalma, Amecameca, México*. *Geografía Agrícola*, (32): 43-74.
- Flores, M. (2004). *Caracterización etnobotánica de plantas medicinales de Malinalco, Estado de México que actúan sobre las principales afecciones del sistema digestivo y respiratorio*, Tesis de Licenciatura, Instituto Politécnico Nacional, México, D.F., pp. 65.

## Capítulo IV

### Evaluación del Peligro de Contaminación del Agua Subterránea. Acuífero del Valle de Toluca, México

*José Luis Expósito Castillo,*  
**Facultad de Geografía UAEM.**  
*Ma. Vicenta Esteller Alberich,*  
*Carolina Massiel Medina Rivas,*  
*Juan Manuel Esquivel Martínez,*  
*José Emilio Baró Suárez*  
Facultad de Geografía UAEM.

#### Resumen

La protección del agua subterránea, como fuente imprescindible en el abasto de agua de buena calidad a la población, es sin dudas un elemento clave para su conservación, sin embargo a pesar de la evolución que han tenido las herramientas de protección de acuíferos en las últimas décadas, en acuíferos complejos la aplicación de los métodos tradicionales no ha sido suficiente para definir programas de protección eficientes, por lo que se debe recurrir a un mejor conocimiento del modelo conceptual hidrogeológico de los acuíferos de esta naturaleza para así poder establecer un programa de protección exitoso.

En este marco, el objetivo de la investigación fue evaluar el peligro de contaminación del agua subterránea del acuífero del Valle de Toluca para contar con una herramienta que favorezca el manejo sostenible del acuífero. Inicialmente se elaboró la cartografía de la vulnerabilidad del sistema empleando una modificación del método de vulnerabilidad WATER diseñado para acuíferos multicapas.

---

<sup>1</sup> Centro Interamericano de Recursos del Agua (CIRA), Facultad de Ingeniería, Universidad Autónoma del Estado de México. Cerro de Coatepec, Ciudad Universitaria s/n, Toluca, C.P. 50130, Estado de México, México

Correo electrónico, [jlexpositoc@uaemex.mx](mailto:jlexpositoc@uaemex.mx): [mvestellera@uaemex.mx](mailto:mvestellera@uaemex.mx)

<sup>1</sup> Facultad de Geografía, Universidad Autónoma del Estado de México. Cerro de Coatepec, Ciudad Universitaria s/n, Toluca, C.P. 50130, Estado de México, México

Correo electrónico: [jebaros@uaemex.mx](mailto:jebaros@uaemex.mx)



Posteriormente, se llevó a cabo la clasificación de las principales fuentes potenciales de contaminación de acuerdo con su carga contaminante, mediante el método COST y el POSH, para finalmente obtener la cartografía del peligro de contaminación del agua subterránea mediante la sobreposición de la cartografía de las fuentes potenciales de contaminación con el mapa de vulnerabilidad a la contaminación.

La cartografía obtenida puede ser utilizada como una herramienta importante en la toma de decisiones para el manejo sostenible del acuífero y el ordenamiento territorial de la región.

### **Abstract**

Groundwater is an essential source for the supply of good quality water to the population so that their protection is a key element for conservation; however, the application of traditional methods of protection in complex aquifers has not been sufficient to define efficient protection programs despite the evolution of these tools have had in the past decades. This fact makes it necessary to resort to a better understanding of the hydrogeological conceptual model of the aquifer in order to establish a successful program protection.

The objective of the research was to assess the risk of contamination of groundwater aquifer Toluca Valley in order to promote sustainable management of the aquifer. Initially, the vulnerability map was developed using a modification of the WATER method designed for multilayer aquifers.

Subsequently, the classification of the main potential sources of contamination according to their pollutant load by the COST and POSH method was carried out. Finally, the groundwater contamination hazard map was obtained by overlaying the map of potential sources of contamination with the map of vulnerability to contamination. The map obtained can be used as an important tool in decision making for the sustainable management of the aquifer and land use in the region.

## **Introducción**

El agua subterránea ofrece funciones y servicios útiles al ser humano y al ambiente, éstas abastecen arroyos, manantiales y humedales; mantienen la estabilidad de la superficie del suelo en zonas donde el terreno es inestable y actúan como un recurso hídrico fundamental para satisfacer nuestras demandas básicas de agua. Según datos de la UNESCO (2011), los sistemas de agua subterránea suponen aproximadamente un 25% del agua potable y la mitad de las megalópolis del mundo y cientos de otras ciudades de gran tamaño en todos los continentes dependen del agua subterránea, o bien consumen un gran volumen de la misma. En México, el 62% del agua para el uso público urbano proviene de fuentes de agua subterránea (CONAGUA-SEMARNAT, 2011).

Sin embargo, a pesar de que la mayor parte del agua subterránea es de buena calidad, adecuada para el uso doméstico, la irrigación y otros usos, y no precisa tratamiento, la experiencia en las últimas décadas ha demostrado que no es inmune a la contaminación y que una vez alterada negativamente por agentes químicos, biológicos o radiológicos es, casi siempre, difícil de limpiar y las posibilidades de remediación implican un alto costo económico (Williams y Fenske, 2004; ONU, 2006; UE, 2008).

Por lo tanto, los programas actuales de protección contra la contaminación del agua subterránea deben ser preferentemente preventivos: regulando, ordenando o prohibiendo determinadas actividades en diferentes zonas, o bien, estableciendo ciertas medidas de control sobre actividades potencialmente nocivas. Ello es especialmente importante en acuíferos y captaciones que sirven para el abastecimiento público, a fin de evitar que diferentes agentes contaminantes alcancen el agua extraída (Foster et al., 2003; Galleani et al., 2011; Fadlelmawla et al., 2011).

En este sentido, una de las principales fuentes de incertidumbre para el establecimiento de dichos programas de protección es cuando se considera en los cálculos al medio hidrogeológico como homogéneo e isotrópico (Eaton, 2006; Expósito et al., 2007). Esta simplificación hidrogeológica es generalmente aceptada en evaluaciones a nivel regional, considerando las dificultades técnicas y financieras relacionadas con la obtención de la información hidrogeológica necesaria para evaluar al medio como heterogéneo y anisotrópico. Sin embargo, la utilización de este tipo de simplificaciones hidrogeológicas en acuíferos multicapas, es decir, en aquellos acuíferos constituidos por capas, estratos o niveles permeables con diferentes propiedades hidráulicas o niveles a distintas presiones, separados

por estratos impermeables o semipermeables, puede llevar a obtener programas de protección muy difíciles de implementar.

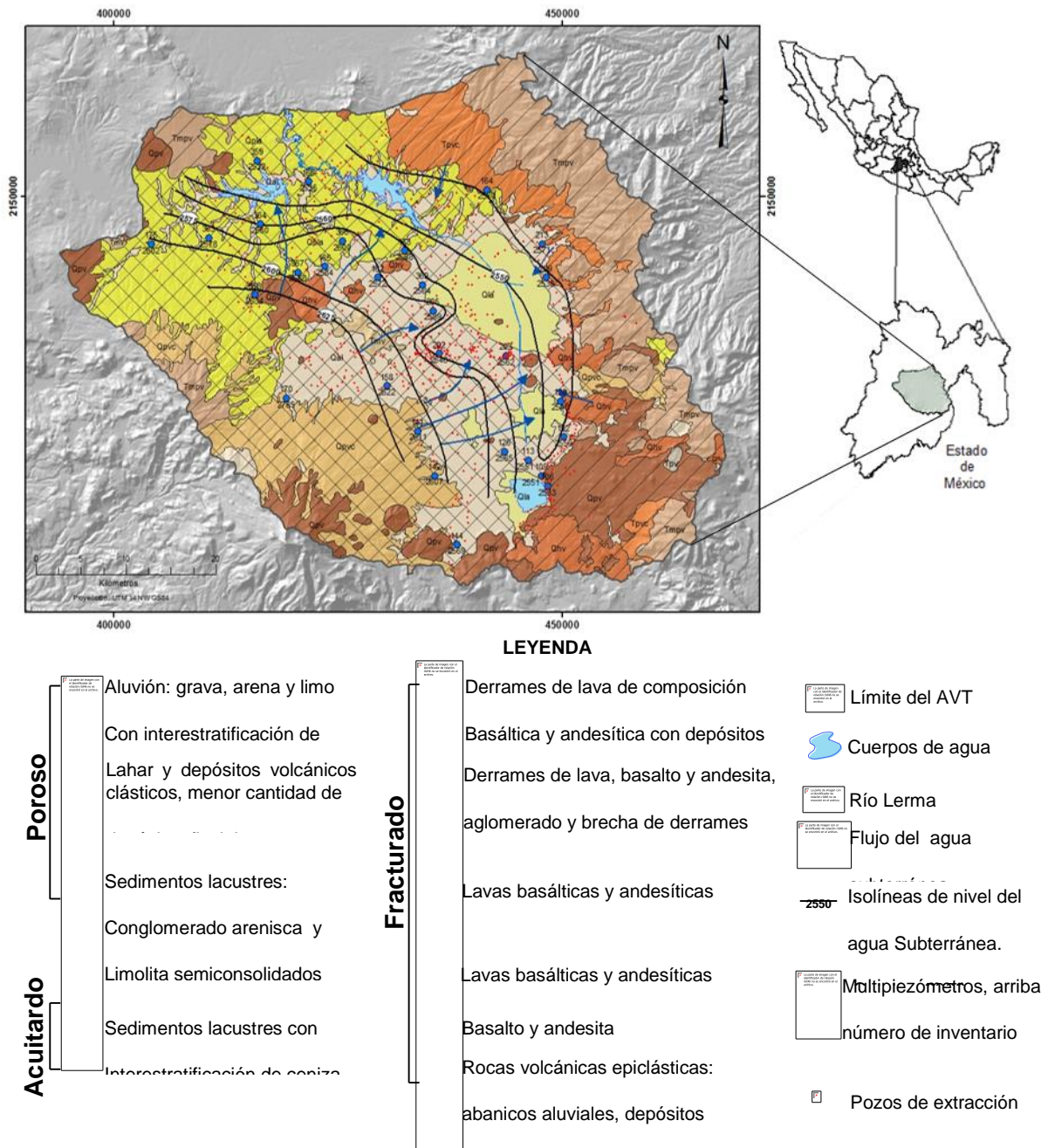
En relación con lo anterior, es claro que el establecimiento de la distribución espacial de las propiedades hidráulicas y las discontinuidades estructurales en los materiales geológicos que conforman los acuíferos multicasas es no solamente una tarea de extrema complejidad, sino imposible en la gran mayoría de este tipo de acuíferos, por lo tanto, con el objetivo de minimizar las incertidumbres en la implementación de estrategias de protección del agua subterránea, debe incentivarse el uso de interpretaciones indirectas para estimar la influencia de la complejidad del medio en las trayectorias que presenta el flujo del agua tanto en la zona no saturada como en la zona saturada. Para esta valoración indirecta, y en aquellos acuíferos que cuenten con los datos necesarios, como es el caso del acuífero del Valle de Toluca (México), pueden considerarse factibles tanto el análisis hidrodinámico del medio a través de la evolución de los múltiples niveles piezométricos del acuífero y su relación con la extracción del agua subterránea y la estratigrafía del medio, así como la interpretación de los resultados obtenidos mediante los muestreos hidroquímicos e isotópicos del agua subterránea.

## **Zona de estudio**

### **Rasgos generales**

El acuífero del Valle de Toluca se localiza en el Estado de México, dentro de la Cuenca Alta del río Lerma y situado al sur del Altiplano Mexicano (Figura 1), con una altitud promedio de 2600 msnm. El clima en la región está dividido en dos tipos, semi-frío en el 90% del valle y frío moderado en las elevaciones del volcán Nevado de Toluca (4680 msnm), asimismo la precipitación promedio de la cuenca se estima en 844 mm anuales, presentándose valores de hasta 1200 mm anuales en las partes altas de las montañas. La temporada de lluvias se presenta de mayo a octubre, siendo más intensa los meses de junio a septiembre (CONAGUA-GTZ, 2008).

Este valle es un importante centro de actividades industriales (3438 empresas) y agrícolas (56 % de la superficie es suelo agrícola) que han motivado un incremento en el número de habitantes a lo largo de las cinco últimas décadas. En 2010 la población del valle excedió a más de 2 millones de habitantes, cifra que representa 13.8% de la población del Estado de México (INEGI, 2010). La región se caracteriza por atraer población hacia el centro del valle, principalmente a los municipios de Toluca, Metepec y Lerma.



**Figura 1.-** Localizaci3n del acuífero del Valle de Toluca

Este comportamiento se debe al acelerado proceso de industrializaci3n experimentado en las últimas décadas en el corredor Toluca-Lerma, y en menor medida en el de Toluca-Atacomulco, así como también, la cercanía que existe con la ciudad de México (GTZ-CNA, 2008).

Este incremento en las actividades económicas y de poblaci3n ha traído consigo un aumento de las necesidades de agua que se cubren, casi en su totalidad, con aguas subterráneas,

provocando además el incremento de las fuentes potenciales de contaminación del agua subterránea. A este hecho, hay que añadir la exportación de agua subterránea desde este valle y del valle vecino (valle de Ixtlahuca-Atlacomulco) hacia la Ciudad de México y su área metropolitana para cubrir su demanda, lo cual representa un caudal promedio de  $5.8 \text{ m}^3/\text{s}$ , aunque se han llegado a cifras de  $14 \text{ m}^3/\text{s}$  (Carrera-Hernández y Gaskin, 2009).

### **Rasgos hidrogeológicos**

El Valle de Toluca se ubica en la provincia fisiográfica denominada Eje Neovolcánico Transmexicano, región constituida por una franja de naturaleza volcánica de tipo calcoalcalino, cuya edad corresponde al Cenozoico. La secuencia litológica está constituida por andesitas y riolitas del Oligoceno, andesitas del Mioceno y basaltos y andesitas del Cuaternario, así como por materiales piroclásticos y brechas; los cuales afloran en las sierras que circundan el valle. También se encuentran sedimentos lacustres y aluviales intercalados con materiales clásticos de origen volcánico (piroclastos, tobas y brechas); el espesor de esta formación varía desde unos pocos metros en los límites con las sierras hasta valores superiores a los 500 metros en las partes más profundas. A estos depósitos se les asigna una edad Plioceno Tardío-Cuaternario (Herrera y Sánchez, 1994). Estos materiales detríticos reposan sobre un zócalo constituido por material volcánico consolidado, cuya naturaleza litológica es variable.

El sistema hidrogeológico está formado por varios niveles acuíferos superpuestos que constituyen un acuífero multicapa, pero la existencia de cierta continuidad hidráulica permite considerarlo un sistema de flujo único, aunque existen diferencias significativas de carga hidráulica (Ariel Consultores, S.A., 1996). Sin embargo, de manera general, se distinguen dos tipos de unidades acuíferas, una relacionada con el medio poroso representado por los depósitos de clásticos no consolidados que rellenan la cuenca del Valle de Toluca y otra unidad relacionada con rocas volcánicas afectadas por tectonismo y que manifiestan permeabilidad secundaria por fracturamiento (CONAGUA, 2009; Escolero et al., 2009).

Los parámetros hidráulicos del acuífero abarcan un amplio rango debido a la variabilidad litológica y geométrica de los depósitos. Los valores de conductividad hidráulica están comprendidos entre  $0.30$  y  $160 \text{ m}/\text{día}$  y la transmisividad oscila entre  $100$  y  $30000 \text{ m}^2/\text{día}$  (Expósito, 2012).

## **Planteamiento del problema de investigación**

A pesar de que se reconoce a la protección del acuífero del Valle de Toluca como una gran necesidad para el desarrollo sustentable del agua subterránea y realización de esfuerzos significativos en la evaluación de la vulnerabilidad en el medio, o en la delimitación de perímetros de protección, las evaluaciones realizadas no han considerado de forma clara las características hidrogeológicas relacionadas con su condición de acuífero multicapa. En este sentido, y bajo las condiciones comentadas, no está documentado que se haya realizado alguna evaluación del peligro de contaminación del agua subterránea.

## **Objetivo**

Evaluar la relación existente entre las características hidrodinámicas e hidroquímicas del acuífero multicapa del Valle de Toluca y la optimización de las estrategias de protección de la calidad del agua subterránea.

## **Metodología**

En primer lugar se estableció el modelo conceptual hidrológico del acuífero, para tal fin se analizaron 57 columnas geológicas del área, y se recopilaron los parámetros hidrogeológicos del acuífero mediante el análisis de 68 pruebas de bombeo mientras que los valores de la conductividad hidráulica vertical se obtuvieron de los resultados de 23 pruebas de infiltración en campo realizadas en estudios previos. La piezometría para diferentes intervalos de profundidad se confeccionó con base en la red de 53 multipiezómetros con que se cuenta en el acuífero.

La piezometría para diferentes intervalos de profundidad se realizó con el objetivo de identificar las áreas con gradientes verticales hacia abajo, consideradas como las de mayor susceptibilidad al paso de un contaminante potencial desde la superficie. Adicionalmente se analizaron, en piezómetros seleccionados, las respuestas de los múltiples niveles del acuífero a los eventos de recarga, con el objetivo de estimar los tiempos de tránsito de un contaminante desde la superficie del terreno hasta el acuífero.

Se realizó además un análisis hidroquímico e isotópico del agua subterránea en pozos de diferentes profundidades, con el objetivo de estimar la relación de la recarga y las características físico-químicas del agua subterránea a diferentes profundidades. Lo anterior permitió a su vez corroborar las hipótesis planteadas en el modelo conceptual del acuífero.

Una vez establecido el modelo conceptual del acuífero se procedió a realizar la cartografía del peligro de contaminación del agua subterránea, inicialmente se elaboró la cartografía de la vulnerabilidad a la contaminación mediante una modificación propia del método WATER diseñado para acuíferos multicapas (Spandre et al., 2001). Este método considera cuatro parámetros (ecuación 1):

$$\text{WATER} = (Wpw) + (Apw) + (Tpw) + (ERpw) \quad [1]$$

Donde p: es el puntaje, w: el peso, W: es la distancia de los pozos, A: las capas explotables del acuífero, T: es la transmisividad y ER: corresponde al espesor de la cobertura impermeable.

Posteriormente se identificaron y clasificaron las principales fuentes potenciales de contaminación presentes en el área mediante el método POSH (Foster et al., 2003) o el método COST (De Keteleare et al., 2004). La interacción entre los índices obtenidos de la vulnerabilidad (IVI) y los focos potenciales de contaminación (IF) permitió obtener finalmente el mapa de peligro de contaminación del agua subterránea. La interacción se realizó mediante la siguiente expresión (ecuación 2).

$$P = (\text{IVI}) \times (\text{IF}) \quad [2]$$

Donde, P: es el peligro de contaminación; IVI: corresponde al índice de vulnerabilidad intrínseca del sistema, estimada mediante la integración de la vulnerabilidad SINTACS y la vulnerabilidad WATER, y finalmente el IF: representa el índice de nocividad de cada fuente evaluada mediante el método POSH o bien por el método COST. La asignación de cada índice, está basada en los rangos y puntajes establecidos en la Tabla 1.

**Tabla 1.-** Matriz metodológica para confeccionar la cartografía de peligro de contaminación

IVI \ IF	1	2	3
	Nocividad reducida	Nocividad moderada	Nocividad elevada
<b>1</b> Baja	1	2	3
<b>2</b> Moderada	2	4	6
<b>3</b> Alta	3	6	9
<b>4</b> Muy Alta	4	8	12

### Resultados y discusión

Los trabajos realizados permitieron proponer, mediante el análisis de las características geológicas, hidrodinámicas, hidrogeoquímicas e isotópicas del medio hidrogeológico, un nuevo enfoque del modelo conceptual del acuífero, en lo que se refiere a la importancia de la zona no saturada y su función específica en el diseño de las estrategias de protección de la calidad del agua subterránea. El nuevo enfoque establece, que la explotación intensiva llevada a cabo en el centro del área de estudio ha propiciado que en este sector se genere una vía importante de recarga que alcanza las capas más productivas del acuífero lo que favorece el aumento de vulnerabilidad del acuífero a la contaminación.

En el contexto de la actualización del modelo hidrogeológico conceptual, el análisis de las características geológicas de la parte superior del corte hidrogeológico se llevó a cabo mediante la utilización de las columnas geológicas de los multipiezómetros localizados en el área de estudio. Este intervalo del corte muestra una alta heterogeneidad en sus materiales, lo que sustenta los diferentes niveles piezométricos que lo caracterizan, sin embargo no es evidente la presencia de ningún acuitardo regional de espesor significativo que haga suponer que dichos materiales impidan significativamente el paso del agua. El análisis mediante la superposición de los abatimientos de las capas acuíferas seleccionadas para el periodo 1970-2010 identificó el área donde es más factible ocurra este proceso de recarga.



El tiempo de tránsito de un contaminante conservativo desde la superficie del terreno hasta el acuífero se estimó mediante el análisis de la respuesta de los niveles piezométricos de 12 multipiezómetros y un pozo de observación localizados en la parte central del área de estudio. Los resultados mostraron que las respuestas de los niveles piezométricos ocurren en un tiempo no mayor a 3 meses, lo que pone de manifiesto la alta vulnerabilidad intrínseca del medio, en esta zona, a la entrada de un potencial contaminante.

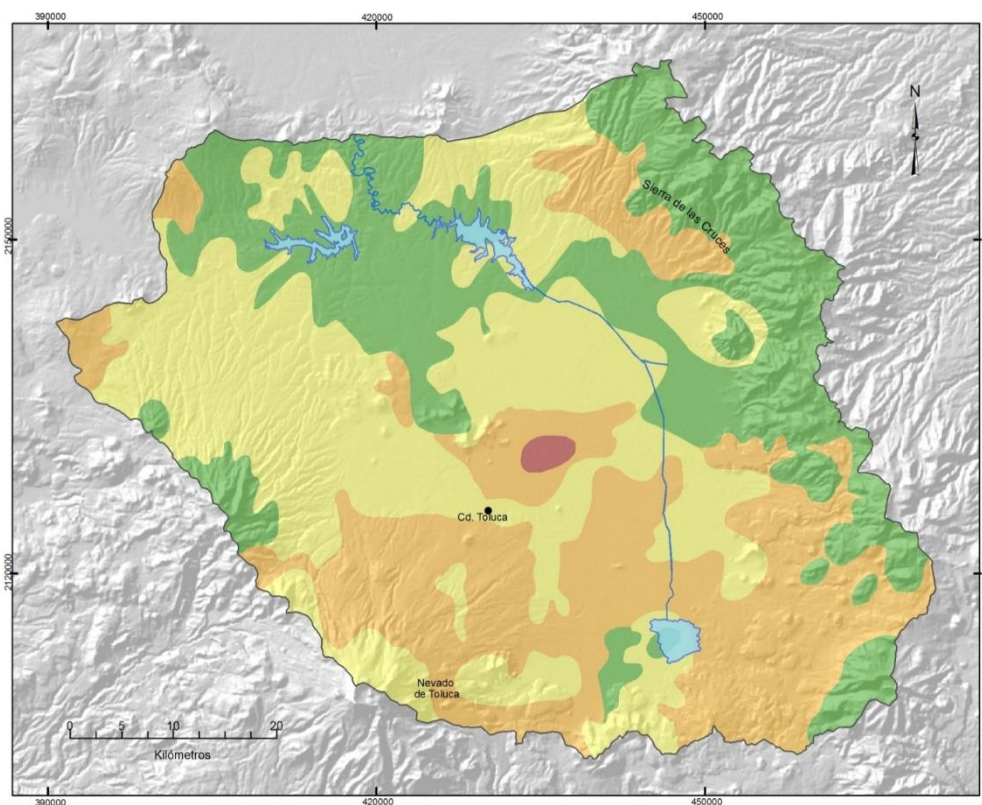
Esta visión del modelo conceptual permitió la realización de la cartografía de vulnerabilidad del acuífero de manera integral (Figura 2), partiendo de su condición de un sistema multicapa. Para tal fin se modificó el método WATER, diseñado para acuíferos multicapas y los resultados se integraron a la cartografía SINTACS (Paredes, 2010) realizada con anterioridad para la parte superior del acuífero. La principal modificación realizada al método consistió en introducir las características hidrodinámicas de la parte superior del corte hidrogeológico.

Posteriormente, y de acuerdo a la metodología planteada, se clasificaron las principales fuentes potenciales de contaminación del agua subterránea localizadas en el área de estudio de acuerdo a su potencial de contaminación. La clasificación se realizó por dos métodos diferentes, por el POSH, diseñado para países latinoamericanos y por el método COST, diseñado para los países europeos.

Tomando en cuenta la adaptabilidad a las características particulares del área de estudio, se optó por los resultados de clasificación obtenidos con el método POSH (Foster et al., 2003). De esta manera, las principales fuentes de contaminación existentes en el acuífero del Valle de Toluca, fueron clasificadas dentro de rangos de nocividad elevada y moderada (Figura 3).

Como resultado de la combinación del índice de vulnerabilidad y de las fuentes potenciales de contaminación, se obtuvo el mapa de peligro donde se muestran índices de peligrosidad que oscilan entre 1 y 12. Estos valores fueron clasificados dentro de

**Figura 2.-** Representación de la cartografía de vulnerabilidad a la contaminación del sistema acuífero elaborada por el método WATER y el SINTACS (Paredes, 2010). Cuatro rangos de peligrosidad; bajo (valores de 1 a 2), moderado (valores entre 3 y 4), alto (valores de índice de 6 y 8) y muy alto (índices con valores de 9 y 12) (Figura 4).



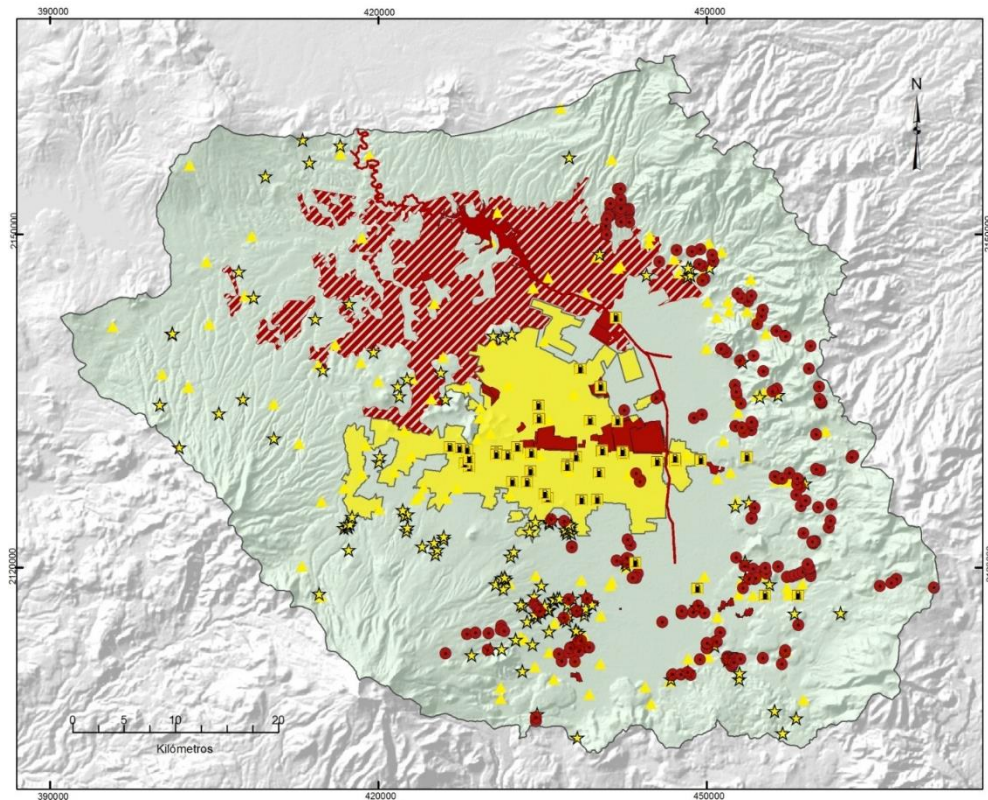
**LEYENDA**

Vulnerabilidad del sistema

- Muy Alta
- Alta
- Moderada
- Baja
- Límite del AVT

Las zonas caracterizadas con un peligro de contaminación muy alto, se localizan en la porción centro del área de estudio y en menores proporciones en la zona noreste, centro oeste y porción sureste del acuífero del Valle de Toluca. En estas zonas coinciden, sitios con fuentes de contaminación de nocividad elevada como parques industriales, prácticas agrícolas y sitios de disposición de residuos sólidos, localizadas dentro de áreas de vulnerabilidad alta y muy alta.

**Figura 3.-** Clasificación de fuentes de contaminación en el acuífero del Valle de Toluca



**LEYENDA**

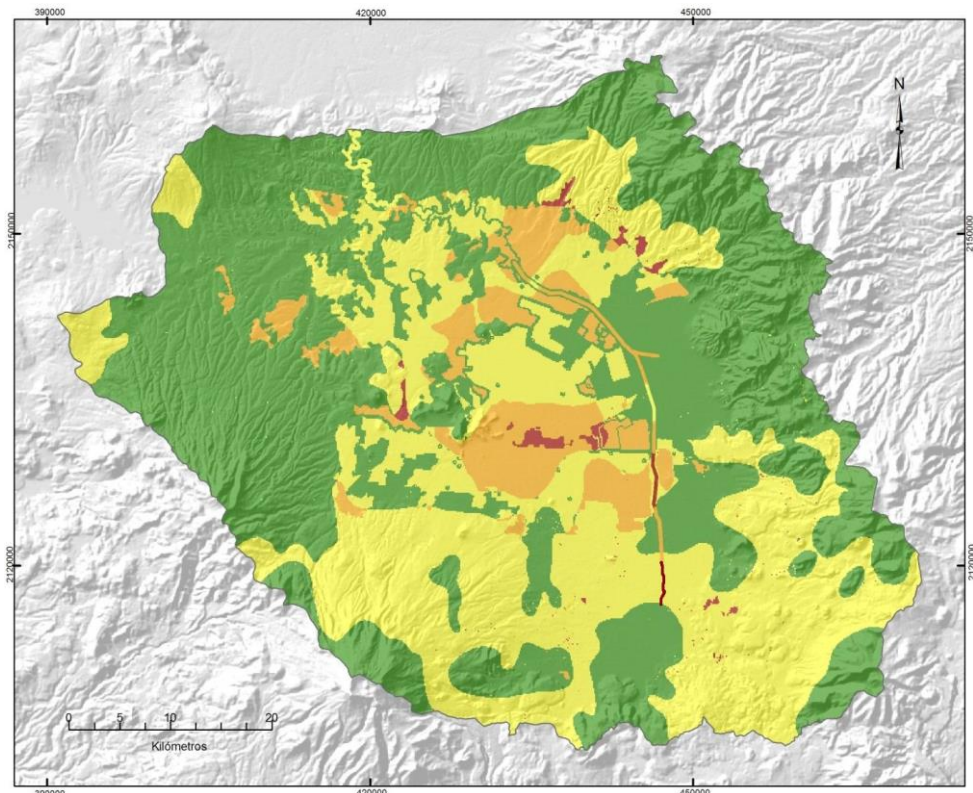
CARGA POTENCIAL CONTAMINANTE

- |                        |                        |                        |               |
|------------------------|------------------------|------------------------|---------------|
| <b><u>Elevada</u></b>  |                        | <b><u>Moderada</u></b> |               |
| ● Residuos sólidos     | ■ Parques Industriales | ▲ Cementerios          | ★ Minas       |
| □ Agricultura de riego | — Río Lerma            | ■ Gasolineras          | ■ Zona urbana |

Por su parte las zonas caracterizadas con un peligro de contaminación elevada, se encuentran en mayor proporción y se localizan en la porción centro y norte del área de estudio. En el caso particular de la porción central, las áreas corresponden a sitios con rangos de vulnerabilidad alta, en donde se localizan fuentes de potencial nocivo moderado, como las gasolineras y zona urbana; mientras que en el caso de la porción norte, las zonas de peligro alto corresponden a sitios caracterizados con una vulnerabilidad moderada, en donde se localiza el río Lerma y en donde se lleva a cabo una fuerte actividad agrícola, la cual es considerada una fuente de contaminación con nocividad elevada.

Tanto en las zonas de peligro muy elevado, como en las de peligro elevado, existen pocas probabilidades para la atenuación de contaminantes y, por lo tanto, las probabilidades de que los contaminantes generados por las fuentes existentes impacten al acuífero son mayores. Por tal motivo, es de suma importancia implementar medidas de control que permitan mitigar su efecto potencial nocivo.

**Figura 4.-** Cartografía de peligro de contaminación del agua subterránea en el AVT.



**LEYENDA**

Índice de peligro	Rangos	Índice de peligro	Rangos
<span style="color: red;">■</span> Muy Alto	9 - 12	<span style="color: yellow;">■</span> Moderado	3 - 4
<span style="color: orange;">■</span> Alto	6 - 8	<span style="color: green;">■</span> Bajo	1 - 2

Por otra parte, las zonas clasificadas con peligro de contaminación moderado, ocupan una gran proporción del área de estudio; se localizan en la zona norte, centro y sur del área de estudio. Por último, las zonas caracterizadas con un potencial de contaminación reducido corresponden a sitios con una vulnerabilidad moderada, en los que se localizan fuentes de contaminación moderada como cementerios y sitios destinados a la actividad minera y se localizan principalmente en las periferias del Valle, principalmente en la porción este y oeste del área de estudio.

## **Conclusiones**

La investigación permitió el establecimiento de un nuevo modelo conceptual hidrológico en el acuífero del Valle de Toluca, mediante el análisis geológico, hidrodinámico, hidroquímico e isotópico del agua subterránea. El nuevo enfoque establece, que la explotación intensiva llevada a cabo en el centro del área de estudio ha propiciado que en este sector se genere una vía importante de recarga que alcanza las capas más productivas del acuífero lo que favorece el aumento de vulnerabilidad del acuífero a la contaminación.

El conocimiento del modelo conceptual favoreció la elección de la metodología adecuada para la cartografía de vulnerabilidad del acuífero, en este caso se utilizó una modificación del método WATER desarrollado para acuíferos multicapas, La principal modificación realizada al método consistió en introducir las características hidrodinámicas de la parte superior del corte hidrogeológico.

La integración de la cartografía de vulnerabilidad y de los focos de contaminación clasificados de acuerdo a su carga potencial permitió obtener el mapa de peligro de contaminación del agua subterránea del acuífero. El mapa de peligro elaborado incluye no solo los niveles someros del acuífero sino, además, las capas acuíferas profundas del corte hidrogeológico.

La cartografía obtenida puede ser utilizada como una herramienta importante en la toma de decisiones para el manejo sostenible del acuífero y el ordenamiento territorial de la región.

## **Bibliografía**

- Ariel Consultores, S.A. 1996. Estudio de simulación hidrodinámica y diseño de las redes de observación de los acuíferos de Calera, San Luis Potosí y Toluca. Acuífero de Toluca, Tomo 1. 235 pp.
- Carrera-Hernandez, J.J.,y Gaskin, S.J. 2009. Water management in the Basin of Mexico: current state and alternative scenarios. Hydrogeology Journal 17 pp. 1483-1494.
- CONAGUA-GTZ 2008. Plan de manejo de la cuenca del río Lerma en el Valle de Toluca. Informe Final. 178 pp.
- CONAGUA (2009). Actualización de la disponibilidad media anual del agua subterránea del acuífero 1501, Valle de Toluca, Estado de México. 40 pp.

- CONAGUA-SEMARNAT 2011. Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales. Estadística del agua en México. Edición, 2011. México. En el sitio: [www.conagua.gob.mx](http://www.conagua.gob.mx) (Abril de 2011).
- De Ketelaere D, Hötzl H, Neukum C, Civita M, Sappa G. 2004. Hazard analysis and mapping. In: Zwahlen F (ed) Vulnerability and risk mapping for the protection of carbonate (karst) aquifers, final report COST Action 620. European Commission Directorate-General for Research, EUR 209 (12): 86–105.
- Eaton, T. 2006. On the importance of geological heterogeneity for flow simulation. *Sedimentary Geology* 184 pp. 187-201.
- Escolero, O., Martínez, S., Kralish, E., Perevochtchikova, M. 2009. “Vulnerabilidad de las fuentes de abastecimiento de agua potable de la Ciudad de México en el contexto de cambio climático.” 169 pp. [[http://www.cvcccm.atmosfera.unam.mx/cvcccm/proyectos/Agua\\_Escolero\\_%20InfFinal\\_org.pdf](http://www.cvcccm.atmosfera.unam.mx/cvcccm/proyectos/Agua_Escolero_%20InfFinal_org.pdf): diciembre de 2011].
- Expósito, J.L., Gárfias, J., Franco, R., Esteller, M.V. 2007. Delimitación de perímetros de protección de pozos en un acuífero libre con conductividad hidráulica vertical variable. *Ingeniería Hidráulica en México*. 22 (2): 55-56.
- Expósito, J.L 2012. Características Hidrodinámicas e Hidroquímicas del Acuífero Multicapa del Valle de Toluca y sus Implicaciones en la Optimización de Estrategias para la Protección de la Calidad del Agua Subterránea. Tesis de Doctorado en Ciencias del Agua. Facultad de Ingeniería, CIRA, UAEM. 207 pp.
- Fadlelmawla, A., Fayad, M., El-Gamily, R., Mukhopadhyay, A., Kotwick, V. 2011. A Land Surface Zoning Approach Based on Three-Component Risk Criteria for Groundwater Quality Protection. *Water Resources Management*. 25 (6): 1677-1697.
- Foster, S., Hirata, R. 1988. Groundwater pollution risk evaluation: the methodology using available data. CEPIS, Tech. Report (WHO-PAHO-CEPIS), Lima.
- Foster, S., Hirata, R., Gómez, D.M., Paris, M. 2003. Protección de la calidad del agua subterránea. Guía para las empresas de agua, autoridades municipales y agencias ambientales. Banco Mundial. Washington, D.C. 115 pp.

- Galleani, L., Vigna, B., Banzato, C., Russo, S. 2011. Validation of a Vulnerability Estimator for Spring Protection Areas: The VESPA index. *Journal of Hydrology*. 396: 233-245.
- Herrera, M.E. y Sánchez, J.L. 1994. Estratificación y Recursos Minerales del Estado de México: Memoria y mapas. Gobierno del Estado de México. Secretaría de Desarrollo Económico. Reporte Técnico.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía INEGI. 2010. Censo de Población y Vivienda 2010.
- ONU 2006. 2º Informe de las Naciones Unidas sobre el desarrollo de los recursos hídricos en el mundo. El agua, una responsabilidad compartida.
- Paredes, J. 2010. Determinación del índice de vulnerabilidad de contaminación del acuífero del Valle de Toluca mediante la adecuación del método SINTACS. Tesis de Maestría, Centro Interamericano de Recursos del Agua, Facultad de Ingeniería, Universidad Autónoma del Estado de México.
- Spandre, R., Marcolongo, B., Ceragioli, M., Giovannetti, M., Spinicci, A. 2001. Aquifer vulnerability assessment: Improvement of the new parametric model W.A.T.E.R. *Journal of Environmental Hydrology*. 9: 1-11.
- UNESCO. 2011. The Impact of Global change on Water Resources: The Response of UNESCO International Hydrological Programme. 24 pp.
- Unión Europea. 2008. Protección de las aguas subterráneas en Europa. La nueva directiva sobre las aguas subterráneas – consolidación del marco normativo de la UE. 36 pp.
- Williams, M., Fenske, B. 2004. Demonstrating Benefits of Wellhead Protections Programs. American Water Works Association. Denver. USA. 90 pp.

## Capítulo V

### Aplicación de los SIG y Análisis Multicriterio para el Diseño Óptimo de Redes de Monitoreo del Nivel Piezométrico. Acuífero del Valle de Toluca, México

*Juan Manuel Esquivel Martínez,  
José Luis Expósito Castillo,  
Facultad de Geografía UAEM,  
María Vicenta Esteller Alberich*

#### Resumen

El agua subterránea es susceptible a sufrir cambios en su cantidad y calidad, siendo estos cambios frecuentemente procesos muy lentos por lo que necesitan ser monitoreados. En este sentido, el objetivo de esta investigación fue desarrollar un método para el diseño óptimo de la red de monitoreo del nivel piezométrico (cantidad) con base en el SIG y el análisis multicriterio, considerando como estudio de caso el acuífero del Valle de Toluca (AVT).

El análisis multicriterio fue la herramienta de decisión para identificar aquellas áreas que tienen mayor prioridad de ser monitoreadas, para lo cual se contemplaron diferentes criterios en la red de monitoreo. Los criterios seleccionados (velocidad del abatimiento, abatimiento del nivel piezométrico, recuperación de niveles piezométricos, densidad de pozos de extracción, gradiente hidráulico vertical, grietas, cuerpos de agua y montañas) fueron ponderados a partir de la relación que tienen con el objetivo de estudio.

El método de análisis multicriterio fue aplicado con la ayuda del SIG (Idrisi Selva) para la red de monitoreo del nivel piezométrico del AVT. El resultado final consistió en la obtención de un mapa que muestra por orden de prioridad las áreas a monitorear dentro del área de estudio. Lo que favorece en el manejo sustentable del recurso hídrico subterráneo del acuífero del Valle de Toluca.

El SIG se ha convertido en una herramienta fundamental de análisis y en la toma de decisiones. Estas geotecnologías se utilizan en investigaciones multidisciplinarias, y pueden usarse en la escuela latinoamericana como una valiosa herramienta pedagógica y práctica, logrando una mejora en el conocimiento geográfico.

---



 Centro Interamericano de Recursos del Agua (CIRA), Facultad de Ingeniería, Universidad Autónoma del Estado de México. Cerro de Coatepec, Ciudad Universitaria s/n, Toluca, C.P. 50130, Estado de México, México

Correo electrónico: [johnm4@hotmail.com](mailto:johnm4@hotmail.com): [jlexpositoc@uaemex.mx](mailto:jlexpositoc@uaemex.mx): [mvestellera@uaemex.mx](mailto:mvestellera@uaemex.mx)

## **Abstract**

Groundwater is susceptible to changes in quantity and quality, these changes often being very slow processes therefore need to be monitored. In this sense, the objective of this research was to develop a method for the optimal design of a network to monitoring piezometric level (quantity) based on GIS and multicriteria analysis, considering as a case study the Toluca Valley aquifer.

Multicriteria analysis was the decision tool to identify areas that have higher priority to be monitored, for which different criteria were addressed in the monitoring network. The selected criteria (rate of decline in groundwater levels, decline in groundwater levels, rise in groundwater levels, cracks, vertical hydraulic gradient, density of extraction wells, water bodies and mountains) were weighted based on the relationship with the objective of study.

The multicriteria analysis method was applied with the help of GIS (Idrisi Selva) for monitoring network of piezometric level. The end result was the production of a map showing the areas prioritize to be monitored within the study area. Which promotes the sustainable management of groundwater resource Toluca Valley aquifer.

The GIS has become an essential tool for analysis and decision making. These Geotechnologies used in multidisciplinary research, and can be used in the Latin American school as a valuable teaching and practice tool, leading to improved geographical knowledge.

## **Introducción**

El agua subterránea es un recurso vital para el suministro confiable y económico de agua para el consumo humano en zonas urbanas y rurales. De acuerdo con la UNESCO (2009), los sistemas de agua subterránea suministran el 48.23% del agua potable del mundo. Hoy en día, la mitad de las megalópolis del mundo y cientos de grandes ciudades en todos los continentes dependen del agua subterránea.

Un programa de monitoreo de agua subterránea proporcionar los datos necesarios para la toma de decisiones dentro del proceso de gestión del recurso hídrico subterráneo (Baalousha, 2010) y puede

contribuir en las tareas de protección del agua subterránea, ya que permite evaluar procesos de contaminación y problemas de sobreexplotación.

Tuinhof *et al.*, (2002), señalan que una red de monitoreo está constituida normalmente por un conjunto de pozos de observación acoplados con un determinado número de pozos de extracción. Un programa de monitoreo de agua subterránea, incluye tanto la red de cantidad (nivel del agua subterránea y tasas de recarga) como la red de calidad (análisis de variables físico - químicas); estas redes deben estar optimizadas conforme a las necesidades actuales, futuras y a los recursos económicos de los que se disponga.

En el diseño, implementación y optimización deben considerarse criterios tales como: geología, características hidrodinámicas del acuífero, focos de contaminación, vulnerabilidad del acuífero, localización de los pozos, régimen de bombeo en los pozos, accesibilidad a los puntos de monitoreo, condiciones de operación y mantenimiento, frecuencia temporal de la vigilancia, así como los costos económicos (Preziosi *et al.*, 2013). Debe destacarse que, muchos de estos criterios son dinámicos por lo que el funcionamiento de la red de monitoreo debería optimizarse cada cierto período de tiempo.

Incluir la información de diversos criterios en el diseño óptimo de redes de monitoreo, puede resultar complejo por lo que una herramienta como un Sistema de Información Geográfica (SIG) puede ser útil y facilitar la evaluación y, además, puede auxiliar en la implementación de un análisis multicriterio (Uddameri *et al.*, 2013; Eastman, 2012).

El análisis multicriterio (MCA), es un método que se emplea para evaluar varios criterios que se definen para cubrir un objetivo específico, y cuyo resultado permite tomar decisiones (Saaty, 1990). El objetivo de este método es combinar la información de varios criterios para formar un sólo índice de evaluación. El análisis multicriterio se ha aplicado en la gestión de los recursos hídricos como una herramienta de apoyo en la toma de decisiones en aquellos casos en que existen varias alternativas (Van Gauwenberg *et al.*, 2008).

Es necesario tener un conocimiento más amplio del agua subterránea y contar con un método de fácil implementación para el diseño de redes. Esta investigación tuvo como objetivo; i) identificar los criterios que inciden en el diseño de una red de monitoreo del nivel piezométrico y ii) desarrollar, a través de un estudio de caso (acuífero del Valle de Toluca, México), un método para el diseño

óptimo de una red de monitoreo del nivel piezométrico del agua subterránea, basado en el uso del SIG y del análisis multicriterio.

El acuífero del Valle de Toluca (AVT) se encuentra en la porción central de la República Mexicana, dentro del Curso Alto del río Lerma, cubriendo un área total de 2,768 km<sup>2</sup>. El acuífero limita al Norte con el acuífero Atlacomulco-Ixtlahuaca, al Sur con el cerro de Tenango, al Sur-Poniente con el Volcán Nevado de Toluca (4 680 msnm), al Sur Oriente con el Cerro la Corona y al Oriente con la Sierra de las Cruces y Monte Alto (Figura 1).

La planicie donde subyace el acuífero del Valle de Toluca es a partir de la cota de 2 600 msnm y tiene una extensión entorno a los 1 831 km<sup>2</sup>. En esta planicie se desarrolla la mayor parte de la actividad humana, y se localizan las captaciones que explotan el acuífero (en torno a unas 1000 captaciones). El río Lerma nace y sobresale en esta zona como uno de los más importantes, aunque su aprovechamiento es nulo debido a su alta carga contaminante por lo que la única fuente de agua para cubrir las necesidades de la región es la subterránea. Respecto a la importancia de este acuífero, basta señalar que de los 435 hm<sup>3</sup> de agua que se extraen anualmente (CONAGUA, 2009), el 84.7% se utiliza para uso público-urbano con objeto de abastecer a los 2, 187,955 habitantes del Valle de Toluca (INEGI, 2010), así como a un cierto porcentaje de los de la Ciudad de México con un caudal en torno a los 6 m<sup>3</sup>/s (189 hm<sup>3</sup>/año).

El acuífero en estudio está localizado dentro del marco que impone el Eje Neovolcánico mexicano, donde las rocas aflorantes pueden asociarse a tres grandes grupos (UNAM, 1994). El primer grupo está representado por rocas de origen volcánico, localizadas en las partes montañosas, constituidas por basaltos y andesitas principalmente (unidades geológicas Qhv, Qpv, Qpvc, Tmpv, Tmv, Tpv) (Figura 1); el segundo, por materiales piroclásticos que se encuentran bordeando las sierras, incluyen tobas, aglomerados, brechas, cenizas volcánicas y depósitos de pie de monte (unidades geológicas Qpvc y Tpv); y el tercero, por materiales producto de la desintegración y erosión de los dos grupos anteriores constituidos principalmente por arenas, gravas, arcillas, limos y depósitos lacustres (unidades geológicas Qal, Qla, y Qpla), y sobresalen en la planicie.



Sin embargo, de manera general, se distinguen dos tipos de unidades acuíferas, una relacionada con el medio poroso representado por los depósitos de clásticos no consolidados de relleno y otra unidad relacionada con rocas volcánicas afectadas por tectonismo y que manifiestan permeabilidad secundaria por fracturamiento (CONAGUA – GTZ, 2008; CONAGUA, 2009).

El AVT, cambió su situación en los años 50, con la perforación de los pozos del Sistema Lerma para abastecer de agua potable a la Ciudad de México; y posteriormente, con el crecimiento urbano, agrícola e industrial que ha caracterizado al territorio, todo lo que ha producido un incremento sustancial en la extracción de agua subterránea a lo largo de los años y ha dado lugar a que este acuífero sea considerado por autoridades hídricas del país como un acuífero sobreexplotado (CONAGUA, 2009). Esta sobreexplotación ha provocado efectos negativos importantes en el área de estudio, tales como; descensos del nivel piezométrico, subsidencia, agrietamientos del terreno, desecación de cuerpos de agua superficiales, pérdida del caudal en manantiales y cambios en la calidad del agua subterránea (Martin del Campo *et al.*, 2014; Esteller *et al.*, 2011; Garfias *et al.*, 2010).

El acuífero del Valle de Toluca cuenta con dos redes de monitoreo (red de nivel piezométrico y la red de calidad) para evaluar los impactos que está sufriendo el acuífero. La red de nivel piezométrico fue implementada entre los años 1968 - 1970 y para su diseño solamente se consideró una distribución espacial de los puntos de monitoreo lo más homogénea posible. La red está constituida por multipiezómetros y transductores.

## **Materiales y métodos**

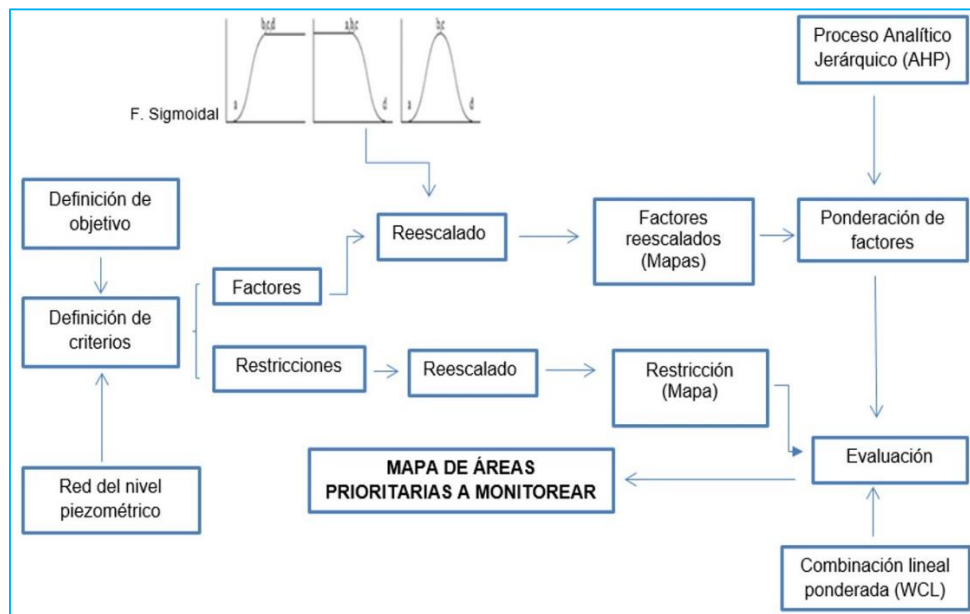
La selección del método se basó en la información disponible y fue aplicado con la ayuda del software de SIG IDRISI Selva. La Figura 2 muestra las etapas del análisis multicriterio que se han aplicado en esta investigación. A continuación, se describen las etapas del análisis multicriterio.

### **2.1 Identificación y selección de criterios (factores y restricciones)**

El objetivo se definió como “monitoreo”, y consistió en conocer y localizar las áreas prioritarias para monitorear el nivel piezométrico.

El primer paso consistió en seleccionar los criterios, que inciden en el diseño de la red de monitoreo, para lo cual se consideró la información disponible y se realizó una consulta a expertos. Se definieron seis factores y dos restricciones, los cuales son:

**Abatimiento del nivel piezométrico.** Para su estimación se consideró la profundidad del nivel piezométrico registrado en dos años diferentes, uno inicial (1968) y uno final (2011).



**Figura 2.** Etapas del análisis multicriterio (Esquivel, 2011)

El dato considerado fue el correspondiente al piezómetro más profundo (instalado entre 100 y 150 m de profundidad), ya que este piezómetro responde a la dinámica del acuífero pues la mayoría de pozos de explotación tiene más de 100 m de profundidad (Martín del Campo et al., 2014).

**Ascenso del nivel piezométrico.** En determinados piezómetros se observó una recuperación del nivel del agua subterránea. Este factor representa también variaciones en la dinámica del acuífero.

**Velocidad del abatimiento del nivel piezométrico.** Las áreas con mayor velocidad de abatimiento tienen prioridad en el monitoreo, ya que son áreas que reflejan con mayor intensidad los efectos de la sobreexplotación del acuífero.

**Densidad de pozos de extracción.** Es necesario monitorear las áreas que presentan una alta densidad de pozos, ya que pueden presentar fenómenos de sinergia y mayor intensidad de explotación.

**Gradiente hidráulico vertical.** Se seleccionaron aquellos multipiezómetros que presentaron gradiente vertical descendente, con base en las mediciones de nivel del agua subterránea realizadas en cada uno de los piezómetros instalados a diferente profundidad (Expósito, 2012).

**Agrietamientos.** Se seleccionó la principal zona de agrietamiento en el área de estudio. Este factor es un elemento importante ya que puede incidir en la contaminación del agua subterránea, y puede actuar como ruta de flujo preferencial para algún contaminante.

## 2.2 Reescalamiento de criterios

Los factores considerados tenían diferentes escalas y unidades (Tabla 1), tales como velocidad del abatimiento (m/año), abatimiento del nivel piezométrico (m) y densidad de pozos de extracción (n° pozos/km<sup>2</sup>), por lo cual estos factores fueron reescalados a una escala común (byte 0 a 255) usando el módulo Fuzzy de IDRISI. Este reescalamiento tiene como objetivo facilitar que todos los factores se correlacionen positivamente con la idoneidad, estos se normalizaron de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$Xi = \frac{(Ri - Rmin)}{(Rmax - Rmin)} \cdot SR \quad (1)$$

Donde:

Xi= nuevo valor, estandarizado por pixel	Rmax= valor máximo del factor por pixel
Ri= valor del factor por pixel	SR= umbral máximo del rango a estandarizar, en este caso es 255
Rmin= valor mínimo del factor por pixel	

Además, fue necesario definir la función de pertinencia para cada factor (función monótonicamente creciente), basada en la teoría de grupos difusos o lógica difusa (Eastman, 2012). El reescalar cada uno de los factores, requirió conocer los valores mínimo y máximo de la escala original.

En los factores como son: gradiente hidráulico vertical, ascenso del nivel piezométrico y agrietamientos, no se aplicó el módulo Fuzzy, y solo fueron clasificados en una escala byte (1-255). El valor máximo (225) fue otorgado en aquellos sectores donde se detectaba la existencia del factor (ascenso del nivel piezométrico, grietas y gradiente vertical) que son áreas que necesitan de puntos de monitoreo. En las restricciones se aplicó el método booleano (0 y 1). Donde “0” son áreas en que no se permite el monitoreo y “1” áreas donde si se permite el monitoreo.

**Tabla 1.** Valores y clasificación de cada criterio (factores y restricciones) involucrados en el análisis multicriterio

R <sub>A</sub>		A <sub>T</sub>		D		A <sub>R</sub>		A <sub>G</sub>		G	
Valor (m/año)	Clasificación	Valor (m)	Clasificación	Valor (pozos/km <sup>2</sup> )	Clasificación	Valor	Clasificación	Valor	Clasificación	Valor	Clasificación
0	1	0	1	0	0	Áreas no cubiertas	1	Áreas no cubiertas	1	Áreas no cubiertas	1
0.5	38	10	25	0.88	32	Áreas cubiertas	255	Áreas cubiertas	255	Áreas cubiertas	255
1.0	129	20	89	2.20	80						
1.5	219	30	168	4.83	175						
2.0	255	40	232	6.15	223						
		50	255	7.03	255						
<b>R</b>											
Valor	Clasificación										
Cuerpos de agua y montañas	0										
Valle	1										

A<sub>G</sub> = Gradiente hidráulico vertical  
A<sub>T</sub> = Abatimiento del nivel piezométrico  
G = Grietas  
R = Restricción

D = Densidad de pozos de extracción  
A<sub>R</sub> = Ascenso del nivel piezométrico  
R<sub>A</sub> = Velocidad de abatimiento



## Proceso de ponderación

La ponderación de factores consiste en asignar el valor de importancia de un factor con respecto a otro, según la importancia o influencia que este tienen para el logro del objetivo planteado (Eastman, 2012). Esta asignación de pesos no debe ser arbitraria, por ello se aconseja solicitar el apoyo de un panel de expertos en el tema, por lo que se aplicaron encuestas a expertos cuyo perfil profesional corresponde a hidrogeólogos y especialistas en Sistemas de Información Geográfica.

Una vez definida la importancia de cada factor se utilizó el módulo Decision Wizard de IDRISI, para efectuar la ponderación (obtención de pesos). En el presente estudio, se seleccionó el método AHP, el cual se aplicó usando del módulo Weight de IDRISI, el cual realiza la comparación por pares de una manera automatizada.

El proceso de comparación por pares se realizó utilizando una escala de nueve puntos, y los niveles correspondientes de importancia son: 1 = igual, 3 = moderado, 5 = alto, 7= muy alto, 9 = extremo y 2, 4, 6 y 8 se utilizan cuando no se puede definir con claridad la preferencia entre los factores por lo que se consideran valores intermedios.

Concluida la comparación de los factores, se ejecutó el módulo Weigh, el cual realizó el cálculo de pesos de cada factor y los presenta en una tabla llamada vector propio. El valor de los pesos, los coeficientes de ponderación y el orden de importancia de cada factor empleado se presenta en la Tabla 2. Además, se obtuvo la tasa de consistencia “CR”. Según Saaty (1990), cuando el CR es inferior a 0.1, los coeficientes de ponderación son aceptables. La consistencia es definida como:

$$CR = \frac{CI}{RI}$$

Donde:

(2)

RI = Índice de aleatoriedad (en esta investigación fue de 1.24)

CI = Índice de consistencia

La tasa de consistencia obtenida en esta investigación fue aceptable, con un valor de 0.08. Una vez obtenidos los pesos relativos de los factores, el siguiente paso fue evaluar a los criterios. El módulo MCE (IDRISI) ofrece tres lógicas para la evaluación: intersección booleana, combinación lineal ponderada (WLC) y el promedio ponderado ordenado (OWA).

## Evaluación

En la evaluación se eligió el método “WLC”. La combinación lineal ponderada es el método más utilizado para la evaluación de múltiples criterios y el objetivo consiste en generar un mapa que resulta de la multiplicación de los factores por su peso y una segunda multiplicación del resultado anterior con la restricción. Este método se aplicó utilizando la siguiente fórmula (Marinoni, 2004):

**Tabla 2.** Valores del coeficiente de ponderación de cada factor y sus pesos

	R <sub>A</sub>	A <sub>T</sub>	D	A <sub>G</sub>	G	A <sub>R</sub>	Pesos
R <sub>A</sub>	1						0.4575
A <sub>T</sub>	1/3	1					0.2632
D	1/5	1/3	1				0.1406
A <sub>G</sub>	1/7	1/5	1/3	1			0.0740
G	1/7	1/7	1/5	1/3	1		0.0412
A <sub>R</sub>	1/9	1/9	1/7	1/5	1/3	1	0.0235

A<sub>G</sub> = Gradiente hidráulico vertical

A<sub>T</sub> = Abatimiento del nivel piezométrico

G = Grietas

D = Densidad de pozos de extracción

A<sub>R</sub> = Ascenso del nivel piezométrico

R<sub>A</sub> = Velocidad de abatimiento

$$S = \sum_{i=1}^n W_i X_i \cdot \pi C_j \quad (3)$$

Donde:

S = idoneidad

n = número de factores

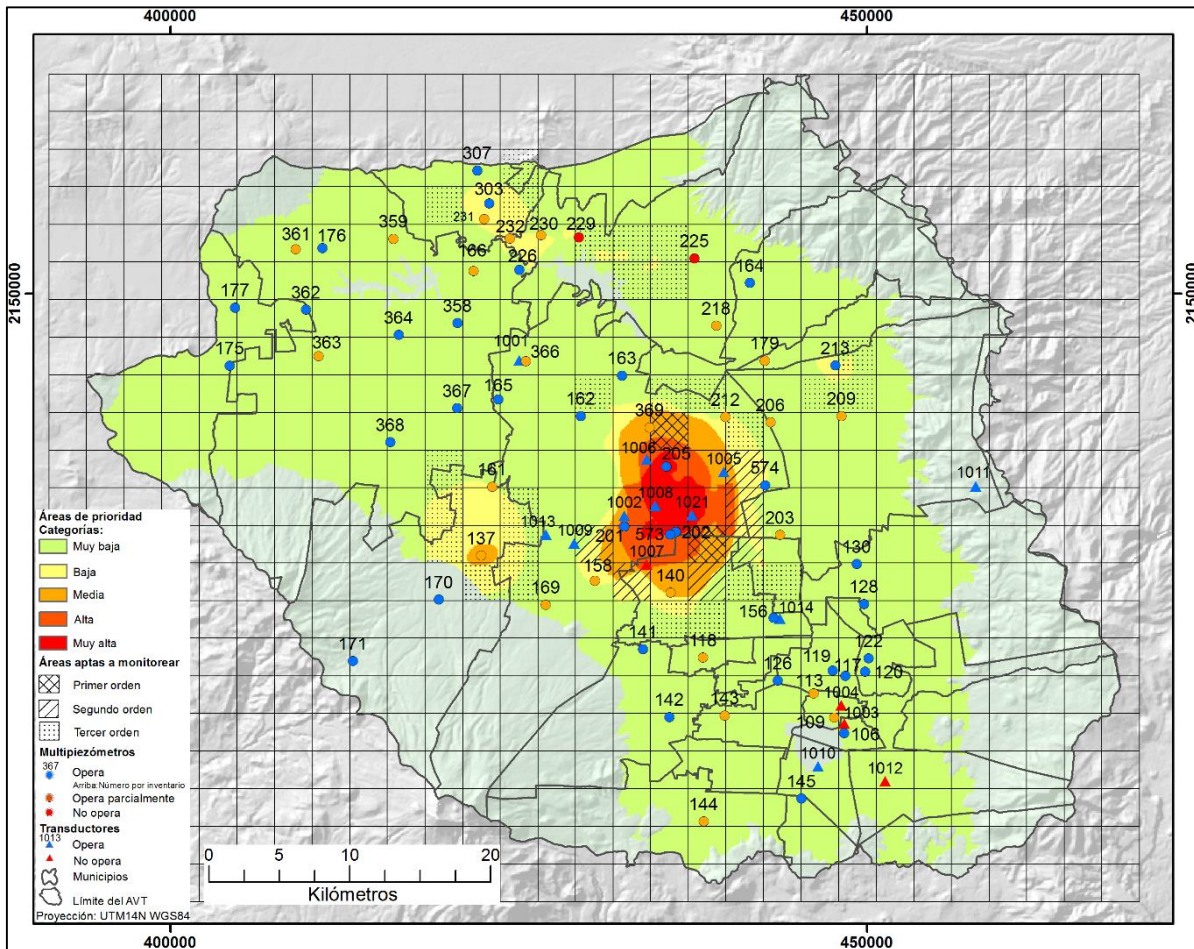
W<sub>i</sub> = peso del factor i

X<sub>i</sub> = valor del factor i

C<sub>j</sub> = clasificación de la restricción j.

## Resultados

El resultado de aplicar el análisis multicriterio fue un mapa con una escala byte de 0 a 255. Este fue clasificado en categorías de importancia (muy alta, alta, media, baja y muy baja) para lograr una mejor percepción de las áreas prioritarias (Figura 3).



**Figura 3.** Mapa de áreas prioritarias de monitoreo

Finalmente, se realizó una sobreposición del mapa resultado del análisis multicriterio con los factores complementarios (distribución espacial de los pozos en las redes de monitoreo existentes y áreas óptimas a representar por un punto de monitoreo), y se clasificaron a las cuadrículas en tres órdenes de importancia para el monitoreo (Tabla 3).

El mapa final permite proponer áreas donde se pueden colocar puntos de monitoreo. Con el fin de tener una densidad adecuada de pozos en esta red; se tienen 34 cuadrículas para localizar nuevos puntos de monitoreo y deben ser atendidos por orden de prioridad.

Las cuadrículas de primer orden se localizan en la zona centro - Norte del municipio de Toluca y norte del municipio de Metepec. Las áreas de segundo orden, sobresalen en el centro, Este del municipio de Toluca y entre los límites de los municipios de: Toluca, Lerma, San Mateo Atenco y Metepec, así como en el centro del municipio de Metepec. Las áreas de tercer orden sobresalen

mayormente en el municipio de Toluca, Temoaya y Zinacantepec, asimismo resaltan en los municipios de; Almoloya de Juárez, Ixtlahuaca, Lerma, Metepec, San Mateo Atenco, y Xonacatlán. Además, se sugiere que el multipiezómetro y transductor que debe ser sustituido o rehabilitado son; el 229 y 1007.

### Discusión

El AHP, es un método de apoyo en la toma de decisiones, especialmente en la planificación, debido a que permite integrar diferentes criterios comunes de acuerdo al objetivo de la investigación y a la opinión de los expertos, en un solo marco de análisis.

**Tabla 3.** Clasificación y orden de importancia de cuadrículas de la malla en la red de cantidad

Categoría	No hay punto de monitoreo	Orden
Muy alta, alta y media	√	Primer orden
Alta, media, baja y muy baja	√	Segundo orden
Baja y muy baja	√	Tercer orden

En este marco, los criterios seleccionados y disponibles fueron ocho (seis factores y dos restricciones) que son considerados como los más influyentes en el diseño de la red de monitoreo del nivel piezométrico en el AVT. Los factores fueron reescalados y las clases numéricas se normalizaron a través de una escala byte (0 a 255), y en las restricciones se usó una escala booleana (0 y 1). Los criterios utilizados en este estudio no son los únicos que se pueden emplear; ya que, en función de la información disponible sobre un determinado acuífero, se puede considerar otros criterios de muy diversa naturaleza (subsistencia del terreno, recarga, geomorfología, información meteorológica, etc.).

En la evaluación de criterios se aplicó la combinación lineal ponderada, obteniéndose como resultado el mapa de áreas prioritarias que fue clasificado en cinco categorías de importancia. El mapa resultado del análisis multicriterio fue sobrepuesto con los factores complementarios, lo que permitió optimizar a la red de monitoreo en tres órdenes de prioridad. El mapa ayuda a sugerir que multipiezómetros y transductores deben ser rehabilitados o sustituidos. Para tener una densidad de puntos de monitoreo adecuada, se debe tener un punto de monitoreo en una cuadrícula cuya área es de 7.2 km<sup>2</sup>.

Al igual que otros métodos, el método AHP todavía tiene sus limitaciones de aplicación, ya que este análisis suele basarse en procesos prolongados e iterativos, que pueden requerir un importante y largo período de negociación para llegar a un consenso sobre los criterios a considerar y sus pesos. Sin embargo, es una herramienta de gran alcance ya que se ha podido constatar la factibilidad de su aplicación en un gran número de estudios relacionados con los recursos hídricos.

El método AHP podría ser aplicado en acuíferos de muy diversas características, siendo su mayor limitante la falta de datos fiables necesarios para establecer y validar el método.

Una recomendación sería validar el método, utilizando los mismos criterios y aplicando otro tipo de método geoestadístico, tal y como lo propone JÚnez-Ferreira and Herrera, (2013) o realizar un análisis de sensibilidad como el expuesto por Preziosi *et al.*, (2013).

Todo este proceso de definición de la red de monitorio fue implementado con la ayuda del software SIG-IDRISI. Sin embargo, el análisis multicriterio puede ser aplicado con la ayuda de otros softwares comerciales (ArcMap 10, MPC 2.0, Criterium Decision Plus, etc.).

Un siguiente paso en este trabajo sería determinar la temporalidad de la toma de datos. No hay que olvidar el análisis de costo/beneficio, que podría ser llevado a cabo con el método propuesto por Mogheir *et al.*, (2008).

## **Conclusiones**

El diseño óptimo de la red de monitoreo enfocada al estudio de la evolución de los niveles piezométricos, y desde un enfoque de gestión de los recursos hídricos, debe considerarse como un elemento esencial en una toma de decisiones basada en información precisa y de calidad. En esta investigación se aplicó el método AHP del análisis multicriterio con la ayuda del SIG para optimizar la red de monitoreo del nivel piezométrico en el acuífero del Valle de Toluca (México) ya que es una herramienta sencilla y eficiente en temas relacionados con los recursos hídricos.

El primer paso en el AHP fue la selección de los criterios que pueden incidir en mejorar la distribución espacial de los puntos de monitoreo de la red. En la red de nivel piezométrico los factores seleccionados fueron; velocidad de abatimiento, abatimiento del nivel piezométrico, densidad de pozos de extracción, grietas, gradiente hidráulico vertical y ascenso del nivel piezométrico; ya que son considerados como indicadores que permiten evaluar el grado de sobreexplotación del acuífero y sus impactos.

Los factores fueron reescalados en una escala de tipo byte (0-255), la cual permitió una mejor visualización e idoneidad entre factores. La función sigmoideal monótonicamente creciente, requirió de dos puntos de control que permitieron que los valores reescalados entre puntos de control, sufrieran la mínima variación de acuerdo al objetivo.

La ponderación de factores, requirió de la opinión de expertos en materia de agua subterránea y SIG, los cuales, además, conocían las características del AVT y su problemática. Los pesos relativos fueron obtenidos de manera rápida con apoyo del software de SIG-IDRISI y con una tasa de consistencia aceptable (menor a 0.1).

La evaluación se realizó mediante la combinación lineal ponderada, que asume un riesgo intermedio para la toma de decisiones. Finalmente, el mapa resultado fue clasificado en categorías y sobrepuesto con factores complementarios lo que permitió ubicar las áreas prioritarias a monitorear por orden de prioridad.

## **Referencias**

- Ariel Consultores, S.A. (1996). Estudio de simulación hidrodinámica y diseño de las redes de observación de los acuíferos de Calera, San Luis Potosí y Toluca. Acuífero de Toluca, Tomo 1. 235 pp.
- Baalousha, H. (2010). Assessment of a groundwater quality monitoring network using vulnerability mapping and geostatistics: A case study from Heretaunga Plains, New Zealand. *Agricultural Water Management* 97: 240-246
- CONAGUA-GTZ. (2008). Plan de Manejo de la cuenca del río Lerma en el Acuífero del Valle de Toluca. Informe final. México. Dirección URL: <http://www2.gtz.de/dokumente/gut/gtz2008-13990es-cuenca-rio-lerma.pdf>
- CONAGUA. (2009). Actualización de la disponibilidad media anual del agua subterránea del acuífero 1501, Valle de Toluca, Estado de México, 40 pp.
- Esteller, M.V., Rodríguez, R., Cardona, A. (2011). Evaluation of hydrochemical changes due to intensive aquifer exploitation: case studies from Mexico. *Environmental Monitoring and Assessment*. DOI.
- Expósito, J.L., Sánchez, R., Franco, R., Esteller, M.V., Paredes, J. (2009). Uso de mapas de peligro de contaminación para la gestión sustentable de recursos hídricos subterráneos, Toluca,

Estado de México. 8° Congreso Internacional, 14° Nacional de Ciencias Ambientales y 3er. Congreso del Medio Ambiente, Tlaxcala, México.

Esquivel, J.M. (2011). Uso de los SIG para el rediseño de las redes existentes de monitoreo de cantidad y calidad del agua subterránea: acuífero del valle de Toluca. Tesis de maestría. Facultad de Ingeniería, CIRA, UAEM. 111 pp.

Expósito, J.L. (2012). Características hidrodinámicas e hidroquímicas del acuífero multicapa del valle de Toluca y sus implicaciones en la optimización de estrategias para la protección de la calidad del agua subterránea. Tesis Doctoral. Facultad de Ingeniería, CIRA, UAEM. 207 pp.

Eastman, J.R. (2012). Guide to GIS and Image Processing. Clark University

Gárfias, J., Martel, R., Rivera, A., Therrien, R., Calderhead, A.I. (2010) Simulating pumping-induced regional land subsidence with the use of InSAR and field data in the Toluca Valley, Mexico. *Advances in Water Resources*. 34: 83–97

INEGI. (2010). XIII Censo General de población y vivienda 2010, Estado de México. Tabulados Básicos, México

Júnez-Ferreira, H.E, Herrera, G.S. (2013). A geostatistical methodology for the optimal design of space-time hydraulic head monitoring networks and its application to the Valle de Querétaro aquifer. *Environmental Monitoring and Assessment*, 185 (4): 3527-3549

Marinoni, O. (2004). Implementation of the analytical hierarchy process with VBA in ArcGIS. *Comput Geosci* 30(6):637-646

Martín del Campo, M.A., Esteller, M.V., Expósito, J.L., Hirata, R. (2014). Impacts of urbanization on groundwater hydrodynamics and hydrochemistry of the Toluca Valley aquifer (Mexico). *Environmental Monitoring and Assessment*. DOI

Mogheir, Y., P. de Lima, J.L.M., Singh, V. P. (2008). Entropy and multi-objective based approach for groundwater quality monitoring network assessment and redesign. *Water Resources Management* 23:1603-1620

- Preziosi, E., Petrangeli, A.B., Goiliano, G. (2013). Tailoring groundwater quality monitoring to vulnerability: a GIS procedure for network design. *Environmental Monitoring and Assessment* 185:3759-3781
- Saaty, TL. (1990). How to make a decision: the analytic hierarchy process. *Eur J Oper Res* 48:2-26
- Tuinhof, A., Foster, S. Kemper, K. (2002). Requirements of Groundwater Monitoring. GWP Associated program, World Bank, Washington D.C., EEUU. 10 pp
- Uddameri, V. (2013). A GIS-based multi-criteria decision-making approach for establishing a regional-scale groundwater monitoring. *Environ Earth Sci* 71:2617–2628
- UNESCO. (2009). Water in a changing world. The United Nations World Water Development Report 3. <http://publishing.unesco.org>
- UNAM. (1994). Mapa Geológico del el Estado de México
- Van Gauwenberg N, Pinte D, Tilmant A, Frances I, Pulido-Bosch A, Vanclooster M. (2008) Multi-objective, multiple participant decision support for water management in Andax catchment, Almeria. *Environ Geol* 54:479–489

**Otras fuentes de información:**

- Registro Agrario Nacional. (2011). Tenencia de la Tierra en Chihuahua. (Cartografía Digital)
- INEGI (2010). Censo de Población y Vivienda. (Cd. Rom).



## Capítulo VI

### Cultura, Historia y Construcción de Paisaje. Diferencias en las Formas de Apropiación del Espacio entre Menonitas y Mestizos de Chihuahua, México

*Luis Carlos Bravo Peña,  
Lara C. Wiebe,  
María Elena Torres Olave,  
Cicilian Löwen Sahr*

#### Resumen

La inmigración Menonita ha contribuido a la creación de importantes paisajes agrícolas en el norte, centro y sureste de México desde la tercera década del siglo XX, pero son pocas las investigaciones de académicos mexicanos sobre este grupo social. En términos de geografía humana se desconoce, por ejemplo, si su historia y religión determinan diferencias importantes frente al paisaje agrícola construido por la población Mestiza, mayoritaria en México. Información de este tipo es importante para diseñar políticas agrícolas, o de regulación ambiental de la agricultura, que sean sustentables a largo plazo. Por lo anterior, el objetivo de este trabajo es comparar los paisajes construidos por Menonitas y Mestizos de Chihuahua México, mediante la caracterización de la cubierta vegetal y los usos del suelo en imágenes de satélite y fotografías aéreas, y la obtención de métricas e indicadores de ecología del paisaje en predios de ambos grupos sociales. Se ha evaluado el municipio de Cuauhtémoc Chihuahua (3607 km<sup>2</sup>), primero en recibir inmigrantes de este grupo religioso en el país. Los resultados de dos cortes históricos (1993 y 2013) muestran diferencias importantes en las métricas e indicadores de ecología del paisaje evaluados, revelando que los Menonitas han construido un paisaje agrícola más intensivo respecto a sus pares mestizos, en un proceso de apropiación del espacio vinculado con su historia y religión. Estos hallazgos ayudan a entender la dinámica de los paisajes construidos por este grupo social en otras regiones de Chihuahua, México y Latinoamérica, donde existen colonias importantes de este grupo social.

#### Palabras Clave:

*Cultura, paisaje, Menonitas, Chihuahua.*

<sup>1</sup> Autor de contacto: [luis.bravo@uacj.mx](mailto:luis.bravo@uacj.mx), [lcbravop@gmail.com](mailto:lcbravop@gmail.com)



<sup>1, 2 y 3</sup>, Profesores del programa de Licenciatura en Geoinformática. Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, Unidad Cuauhtémoc. Cd. Cuauhtémoc, Chihuahua, México.

<sup>4</sup>, Profesora del programa de Posgraduados en Geografía. Universidad Estadual de Ponta Grossa, Brasil.

## Summary

The Mennonite immigration has contributed to the creation of important agricultural landscapes in the north, center and southeast of Mexico from the third decade of the twentieth century, but there are few investigations of Mexican academics about this social group. In terms of human geography is unknown, for example, if the history and religion of Mennonite people determine significant differences versus agricultural landscape built by the Mestizo population, majority in Mexico. Such information is important in designing environmental regulations of agriculture practices to be sustainable in the long term. Therefore, the aim of this paper is to compare the landscapes built by Mennonites and Mestizos of Chihuahua Mexico, by characterizing land cover and land use on satellite images and aerial photographs, and obtaining metrics and indicators of landscape ecology in land of both social groups. We assessed the municipality of Cuauhtemoc Chihuahua (3607 km<sup>2</sup>), the first one to receive immigrants from this religious group in the country. The results of two cartographies (1993 and 2013) show significant differences in the metrics and indicators of landscape ecology evaluated, revealing that the Mennonites have built a more intensive agricultural landscape than the Mestizos, in a process of appropriation of space linked with its history and religion. These findings help to understand the dynamics of landscapes constructed by this social group in other parts of Chihuahua, Mexico and Latin America, where are more colonies of this social group

**Keywords:** Culture, landscape, Mennonites, Chihuahua.

## Introducción

Los paisajes construidos por el hombre exhiben una configuración espacial que está ligada con sus escalas de valoración y sus prácticas sociales. Pueden considerarse “*paisajes culturales*” (Sauer, 1974), pues reflejan modos humanos de organización y transformación de los atributos naturales del medio físico (vegetación, topografía, etc.) vinculados con los valores y significados culturales del ser humano (Mascari et al., 2009; Nassauer, 1995).

Las formas humanas de organización del paisaje imponen patrones de uso del suelo (Nassauer, 1995) que determinan su funcionalidad ecológica a diferentes escalas espacio-temporales (Renetzeder et al., 2010). Debido a esto, comprender las interacciones entre la dinámica del paisaje, y los factores culturales que la originan, es esencial para reducir la degradación del medio físico y favorecer su sustentabilidad (Buijs et al., 2009).

En Chihuahua, un estado del norte de México, los inmigrantes Menonitas contribuyen de manera fundamental al desarrollo de paisajes agrícolas desde principios del siglo XX (Hansen, 2005), pero se desconoce si su cultura y religión, han generado diferencias importantes en la organización de sus paisajes, respecto al paisaje agrícola construido por la población Mestiza, mayoritaria en esta región del país (Aboites, 2011).

La ausencia de datos impide elaborar políticas territoriales acordes con la idiosincrasia de los grupos involucrados en la actividad agrícola. Por esta razón, para aportar elementos que contribuyan al diseño de políticas de regulación sustentables en el largo plazo, este trabajo tuvo como objetivo comparar los paisajes, en particular el paisaje agrícola, construido por pobladores Menonitas y Mestizos en el Municipio de Cuauhtémoc Chihuahua, primero en recibir inmigrantes de este grupo social en la historia del país.

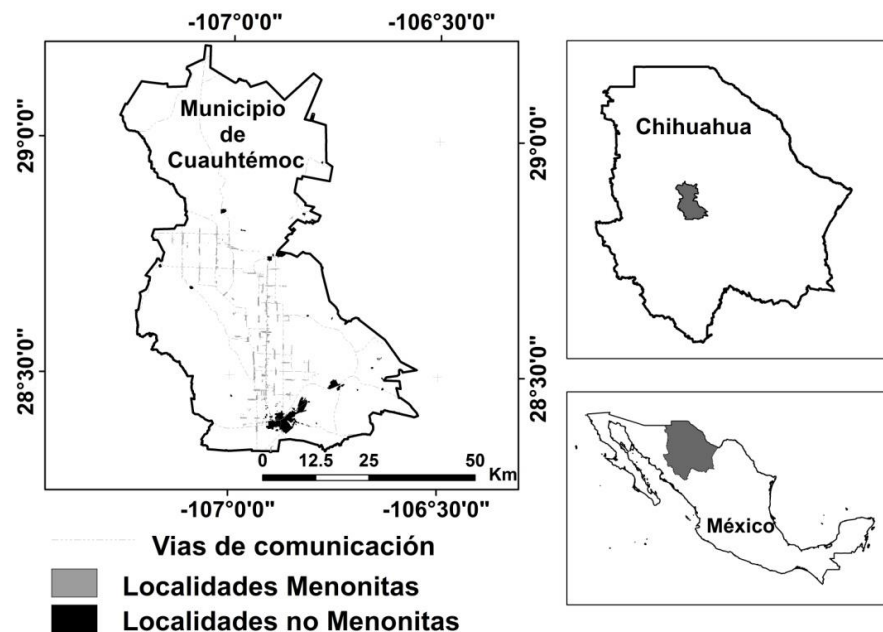
Para desarrollar este objetivo, se considera al patrón de la cubierta vegetal y uso del suelo, como el atributo del paisaje que describe mejor la asociación entre cultura y medio físico. Por esta razón, se caracteriza la evolución de la cubierta vegetal y los usos del suelo durante el periodo 1993-2013, mediante la generación de cartografías para ambos años en los predios de Mestizos y Menonitas; y se generan indicadores de ecología del paisaje (McGarigal y Marks, 1995; Rempel et al., 2012) para las clases agrícolas, que miden y cuantifican la organización espacial de este tipo de coberturas. Los contrastes en los predios de Menonitas se explican a partir de la historia y cultura de este grupo social.

#### **Área de estudio y contexto socio-ambiental:**

La comparación se realizó en el Municipio de Cuauhtémoc, un municipio ubicado al centro de la Chihuahua (Figura 1), que históricamente ha sido receptor de población Menonita. El municipio se localiza en una zona que estuvo ocupada hasta principios del siglo XX por un gran latifundio conocido como Hacienda Bustillos y Anexas, integrado por un conjunto de propiedades ganaderas que sumaban casi 400,000 ha antes de la Revolución Mexicana (Castro-Martínez, 2000). Dicho latifundio se fraccionó en 1921 para la venta de 112, 000 ha de tierra a inmigrantes Menonitas de las provincias canadienses de Manitoba y Saskatchewan (Hansen, 2005), descendientes de los Menonitas que emigraron de Prusia a Rusia en el siglo XVIII, y de Rusia al Canadá en la segunda mitad del XIX (Francis, 1948). Derivado de este proceso migratorio, el municipio registra 30,800

descendientes de los Menonitas que llegaron al estado entre 1922 y 1927 (Gobierno de Chihuahua, 2010).

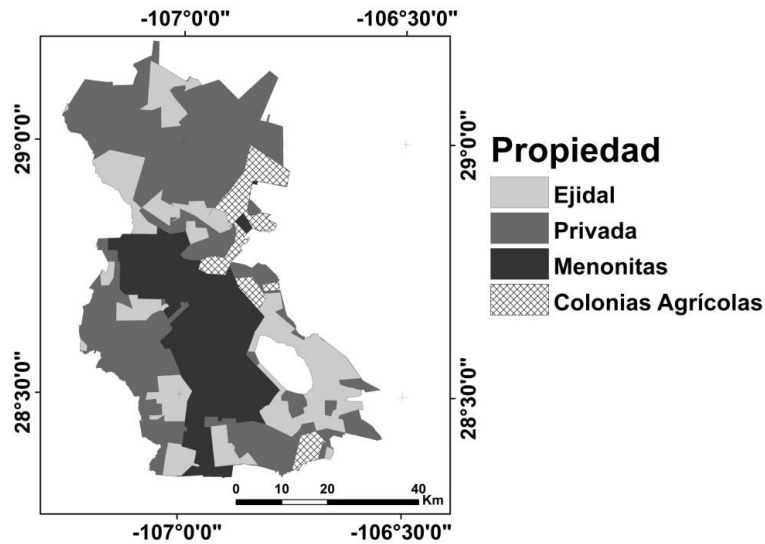
La superficie del municipio es de 360,700 ha. Esta se caracteriza por una extensa llanura de 257,407.54 ha, rodeada por diversas serranías de hasta 2700 m de altitud, cubiertas por bosques de Pino-Encino. De estas elevaciones descienden arroyos intermitentes hacia un cuerpo de agua superficial de 10,000 ha en la región sureste, conocido como la Laguna Bustillos. En cuanto a clima, presenta un clima semi-seco templado, con temperaturas máximas de 31°C, y mínimas de hasta -16 °C, y una precipitación media de 450 mm anuales (CONAGUA, 2011); aunque son frecuentes extensos periodos de sequía (Núñez et al., 2007).



**Figura 1.** Zona de estudio

El General Álvaro Obregón, alentó la inmigración de los colonizadores Menonitas a Chihuahua por su fama de excelentes agricultores (Hansen, 2005), esperando la difusión de sus prácticas agrícolas en el norte de México. Para atraerlos les garantizó la libertad de culto, la elección de sus representantes con base en sus propios estatutos, la libertad para reglamentar el uso de sus tierras, y un sistema escolar manejado por ellos mismos, al margen del sistema nacional de educación (Castro-Martínez, 2000). Atraídos por estas facilidades, los Menonitas compraron 112,00 hectáreas del latifundio Bustillos y Anexas, perteneciente a una de las familias más poderosas de Chihuahua. Los terrenos sobrantes de este gran Latifundio, se repartieron por el Gobierno Federal como Ejidos,

o bien se vendieron por los propietarios originales a ex-vaqueros y ex-peones de la hacienda, bajo los regímenes de Propiedad Privada o de Colonia Agrícola (Castro-Martínez, 2000), formas de tenencia distintas a las dotaciones ejidales. Derivado de estas transacciones, en la actualidad una cuarta parte del territorio municipal pertenece a los descendientes de los inmigrantes Menonitas, mientras que el resto es propiedad de Mestizos, en forma de Ranchos Privados, Colonias Agrícolas y Ejidos (Figura 2, Cuadro 1, Registro Agrario Nacional 2011).



**Figura 2.** Distribución de la Tenencia de la Tierra en el Municipio de Cuauhtémoc. Fuente Registro Agrario Nacional, 2011.

**Cuadro 1.** Cobertura de la Tenencia de la Tierra en el Municipio de Cuauhtémoc.

Tipo de Propiedad	Hectáreas	Porcentaje del total
Colonias Agrícolas	22,346.5	6.36
Ejidos	79,285.5	22.58
Propiedad Privada	163,911.5	46.68
Propiedad Menonita	85,583.9	24.37

**Fuente:** este trabajo, con base en la información del Registro Agrario Nacional, 2011

## Métodos

En este trabajo se aborda el paisaje desde el enfoque provisto por la Ecología del Paisaje, ciencia que plantea su estudio a partir de los rasgos espaciales perceptibles en mapas, imágenes satelitales y fotografías aéreas (Nassauer, 1995). Para la ecología del paisaje existen fenómenos que sólo pueden entenderse si son vistos desde el aire (Zooneveld, 1989), por lo que propone indicadores y métricas para caracterizar su distribución espacial (McGarigal y Marks, 1995). El uso de estos indicadores abre formas novedosas de obtención de datos en estudios de geografía humana. Partiendo de esto, la comparación realizada en este trabajo implicó los siguientes pasos:

## **Generación de cartografías de la cubierta vegetal/usos del suelo**

Se generó la cartografía de cubierta vegetal y de usos del suelo para los años 1993 y 2013, mediante la clasificación supervisada de imágenes satelitales Landsat TM y ETM, y fotointerpretación de imágenes con alta resolución (Fotografías aéreas e imágenes SPOT, con resolución de 2 y 2.5 m en el pancromático). Se eligieron estos años, para documentar los cambios del paisaje en las últimas dos décadas. Las imágenes se clasificaron por el método de máxima probabilidad (Chuvieco, 2008) en el programa Idrisi Taiga, con el auxilio de sitios de entrenamiento reconocidos en campo con geo-posicionador satelital (GPS). Se definieron cinco clases de cubierta vegetal/uso del suelo: 1) Agrícola de Anuales-Pastizal (que involucra a los cultivos de maíz, avena, frijol y forrajes) 2) Bosque de Pino-Encino (BPE), 3) Cuerpos de Agua (CAg), 4) Agrícola de Perennes (que distingue fundamentalmente cultivos de huertos de manzana) y 5) Asentamientos Humanos. En el caso de la clases 1 y 2 se definieron clases específicas para cada cultivo, o tipo de vegetación natural (Bosque de Encino, Pino, y matorrales de ambos), que luego fueron reclasificadas a las categorías correspondientes. Las clases 4 (AP) y 5 (AH), se digitalizaron mediante fotointerpretación, y fueron sobrepuestas en plataforma de sistemas de información geográfica (SIG) a las imágenes clasificadas. Las cartografías generadas se evaluaron estadísticamente mediante el Índice Kappa, conforme al método provisto por Congalton & Green (2001). Posteriormente se realizó un análisis de tabulación cruzada (Pontius et al., 2004), para obtener las matrices de transición de coberturas entre 1993 y 2013.

## **Comparación de paisajes entre Menonitas y Mestizos**

### **Evaluación de coberturas y tasas de cambio por tipo de propiedad**

Los mapas de 1993 y 2013, se traslaparon al mapa digital de tenencia de la tierra vigente al año 2011, proporcionado por el Registro Agrario Nacional del Gobierno Federal. Con este traslape se identificó la dominancia de clases por tipo de propiedad, y sus tendencias temporales de cambio. En cada tipo de propiedad, se calcularon las Tasas de Cambio para las clases cartografiadas, mediante la siguiente fórmula (Velázquez et al., 2002):

$$TC = \left( \left( \frac{A_2}{A_1} \right)^{1/(T_2-T_1)} - 1 \right) * 100$$

Donde TC es la Tasa de Cambio en porcentaje, A1 es el área de la clase “n” en la fecha T1 (1993), A2 es el área de la misma clase “n” en la fecha T2 (2010), y T2-T1 representa el periodo

transcurrido entre ambas. No se calculó TC para la clase CAg, pues el área de espejo de agua puede variar entre años, como consecuencia de variaciones climáticas (sequías, años lluviosos).

### Generación y comparación de índices de ecología del paisaje para las coberturas agrícolas por tipo de propiedad

Para caracterizar y comparar el patrón de paisaje se obtuvieron siete indicadores de ecología de paisaje (McGarigal y Marks, 1995; Rempel et al., 2012) en la cartografía de 2013, en cada forma de propiedad. Estos indicadores miden la dispersión-agregación, forma y fragmentación de las clases agrícolas cartografiadas (Cuadro 2), y se generaron en plataforma de Sistemas de Información Geográfica.

**Cuadro 2.** Índices de ecología del paisaje generados por tipo de propiedad

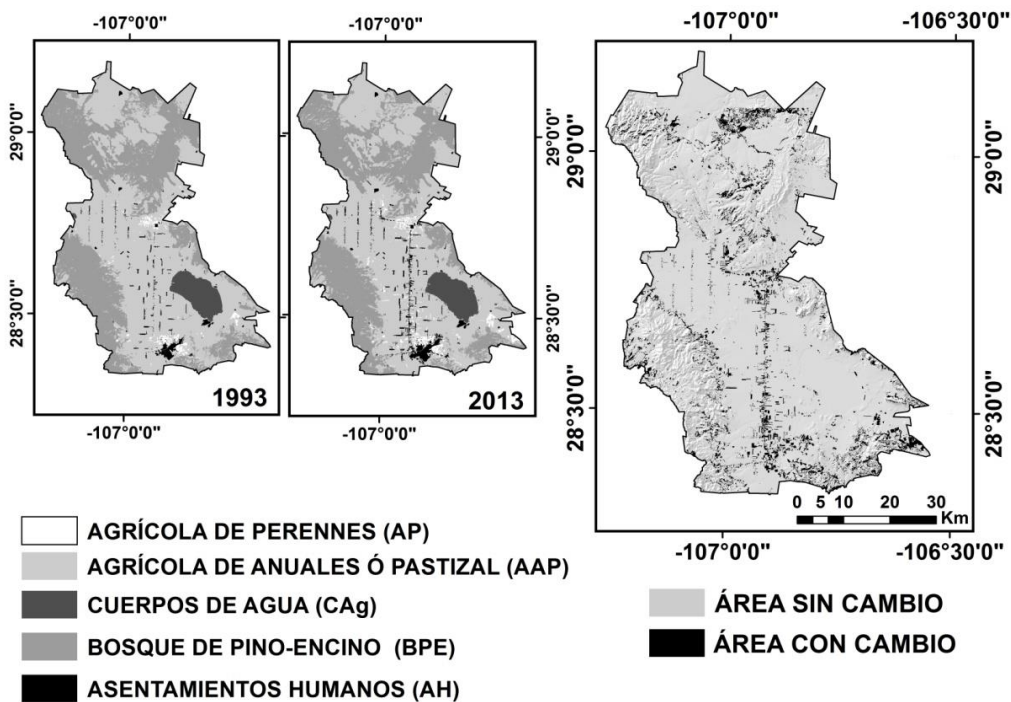
Indicador	Fórmula:
TE	$TE = \sum_{i=1}^j P_{ia}$
Borde total	Suma de los perímetros ( $P$ ) de todos los parches correspondientes a la clase $a$ , desde el polígono $i$ hasta $j$ .
ECD	$ECD = \sum_{i=1}^j P_{ia} / A_a$
Densidad de bordes por clase	Suma de los perímetros ( $P$ ) de todos los parches correspondientes a la clase $a$ , desde el polígono $i$ hasta $j$ , dividida entre el área total de la clase $a$ .
MPS	$MPS = (\sum_{i=1}^j A_{ia}) / N$
Tamaño promedio del parche	Suma de las áreas ( $A$ ) de todos los parches correspondientes a la clase $a$ , desde el polígono $i$ hasta $j$ , dividida entre el número total de parches de la clase $a$ .
CA	$CA = \sum_{i=1}^j A_{ia}$
Área de la Clase	Sumatoria de las áreas de los parches de la clase $a$
TLA	$TLA = \sum_{i=1}^j A_{ia} + \sum_{i=1}^j A_{ib} + \dots + \sum_{i=1}^j A_{in}$
Área total del paisaje	Suma del área de los parches de todas las clases, desde $a$ hasta $n$ , en cada tipo de propiedad.
ZLAND	$ZLAND = (\sum_{i=1}^j A_{ia}) / (\sum_{i=1}^j A_{ia} + \sum_{i=1}^j A_{ib} + \dots + \sum_{i=1}^j A_{in}) * 100$
Porcentaje del paisaje (%)	Porcentaje que representa el área de los parches de la clase $a$ , respecto al total del área de todas las clases.
NumP	
Número de Parches	El numero de parches de la clase $a$ .

Fuente: Con base en Rempel et al., 2012.

## Resultados

### Cartografías de 1993 y 2013, y cambios en todo el Municipio

Las cartografías obtenidas (Figura 3) tuvieron valores de Índice Kappa de 0.95 y 0.94 para 1993 y 2013. Estos valores demostraron un acuerdo muy fuerte entre la realidad terreno y el mapa (Kappa igual o mayor a 0.8; Lunetta & Lyon, 2004), por lo que las cartografías fueron confiables para caracterizar los procesos de evolución del paisaje en el municipio. Su comparación reveló dos procesos: 1) La apertura de tierras agrícolas en las áreas boscosas, al pie de las montañas que flanquean el Municipio, y 2) La intensificación de áreas agrícolas en las partes bajas.



**Figura 3.** Usos del Suelo y vegetación en el área para los años 1993 y 2013

Sobre el segundo proceso destacó la apertura de muchas áreas de Agricultura de Perennes, en superficies destinadas originalmente a Agricultura de Anuales-Pastizal. Igualmente, también fue apreciable el crecimiento de áreas de Asentamiento Humano, en áreas originalmente ocupadas por las clases agrícolas.

A nivel municipal, los cambios se aprecian con claridad en la matriz de transición, resultante de la tabulación cruzada de ambas cartografías (Cuadro 3). Dicha matriz consiste en una tabla de doble entrada, que indica al final de cada línea la superficie de las clases en el tiempo 2, y al final de cada



columna las superficies en el tiempo 1. En su diagonal se representan las superficies de cada clase que permanecieron sin cambio, mientras que los valores fuera de la diagonal representan los cambios entre T1 y T2: ganancias de una clase a otra si están en los renglones, o pérdidas si están en las columnas (Pontius et al., 2004).

**Cuadro 3.** Matriz de Transición Municipal en el periodo 1993-2013.

<b>Clase o cobertura</b>	<b>Agrícola de anuales ó pastizal</b>	<b>Bosque de Encino Pino</b>	<b>Cuerpos de agua</b>	<b>Agrícola de Perennes</b>	<b>Asent. Humanos</b>	<b>Total 2013 ha</b>
<b>Agrícola de anuales ó pastizal</b>	189443.07	12880.17	0	823.05	0	203146.29
<b>Bosque de Encino Pino</b>	4581.36	121495.5	0.09	17.91	0	126094.95
<b>Cuerpos de agua</b>	300.96	1.26	14069.97	0	0	14372.55
<b>Agrícola de Perennes</b>	3561.93	194.76	0	3312.54	0	7069.23
<b>Asent. Humanos</b>	3925.44	25.83	0	82.71	5984.55	10018.53
<b>Total 1993 ha</b>	201812.76	134597.52	14070.06	4236.21	5984.55	360701.1

Se muestra como ejemplo la clase Bosque de Pino-Encino (BPE). Esta clase tuvo 134597.52 ha en 1993 y 126094.95 ha en 2013. BPE conservó 121495.5 ha del bosque original entre T1 y T2, pero perdió 12880.17 ha que se incorporaron a la clase Agrícola de Anuales-Pastizal, 1.26 ha que se incorporaron a la clase Cuerpos de Agua, 194.76 ha que se incorporaron a Agrícola de Perennes, y 25.83 ha que se incorporaron a Asentamientos Humanos. A su vez, el bosque ganó 4581.36 ha de áreas de Agrícola de Anuales-Pastizal y 17.91 ha de áreas de Agrícola de Perennes, que probablemente se regeneraron por abandono de áreas agrícolas improductivas. Asimismo, ganó 0.09 ha de Cuerpos de Agua, que se desecaron y revegetaron. La matriz también mostró que casi el 20 % de las huertas de manzana existentes en 1993, se convirtieron en Agrícola de Anuales-Pastizal (823.05 ha) o en polígonos de la clase Asentamiento Humano (82.71 ha).

## Cambios por tipo de propiedad

Los procesos identificados en el municipio tuvieron diferentes Tasas de Cambio (TC) en cada forma de propiedad. Destacaron las TC en las propiedades Menonitas (Cuadro 4). Se pone nuevamente como ejemplo a las áreas boscosas, que disminuyen en todo el municipio (TC -0.3 % anual), pero decrecen a distinta velocidad de una forma de propiedad a otra. En términos de TC, la velocidad de pérdida respecto al área original fue mayor entre los Menonitas (TC -1.3 %). En sus predios también se observó que la clase AP (huertas de manzana), creció (TC 9.1 %) cinco veces más rápido que entre los Mestizos, incluso entre los Productores con la TC más elevada (Productores Privados TC 1.8 %). Por lo que se refiere a la clase Asentamientos Humanos, esta mostró TC más elevada en los predios Ejidales y Menonitas (3.5 y 3.1 %).

**Cuadro 4.** Coberturas y Tasas de Cambio (TC) por Clase y Tipo de Propiedad.

Tipo de propiedad/Tasa de cambio (TC)	Año	Agrícola de anuales/ Pastizal ha	Bosque de Encino Pino ha	Agrícola de Perennes ha	Asent. Humanos ha
<b>Colonias Agrícolas</b>	1993	12548.43	8417.61	1122.03	254.88
	2013	12718.08	8133.57	1165.68	325.35
<b>TC</b>		<b>0.07</b>	<b>-0.17</b>	<b>0.19</b>	<b>1.23</b>
<b>Propiedad Ejidal</b>	1993	49527.72	25888.05	641.16	883.44
	2013	50142.42	24130.8	802.17	1741.32
<b>TC</b>		<b>0.06</b>	<b>-0.35</b>	<b>1.13</b>	<b>3.45</b>
<b>Propiedad Menonita</b>	1993	80444.79	1320.57	360.09	2637.27
	2013	76676.04	1020.6	2066.58	4880.97
<b>TC</b>		<b>-0.24</b>	<b>-1.28</b>	<b>9.13</b>	<b>3.13</b>
<b>Propiedad Privada</b>	1993	59307.03	98971.47	2112.93	2208.96
	2013	63625.68	92813.58	3034.8	3070.89
<b>TC</b>		<b>0.35</b>	<b>-0.32</b>	<b>1.83</b>	<b>1.67</b>

## Métricas del paisaje

El análisis de la cartografía de 2013 mediante el uso de Indicadores de Ecología del Paisaje por tipo de propiedad, reveló diferencias en la configuración espacial de los paisajes construidos por cada grupo. Las métricas se muestran en el cuadro 5, y se explican para las clases agrícolas:

**Cuadro 5. Indicadores de ecología del paisaje por tipo de propiedad para las clases agrícolas.**

*Agricultura de Anuales-Pastizal (AAP):*

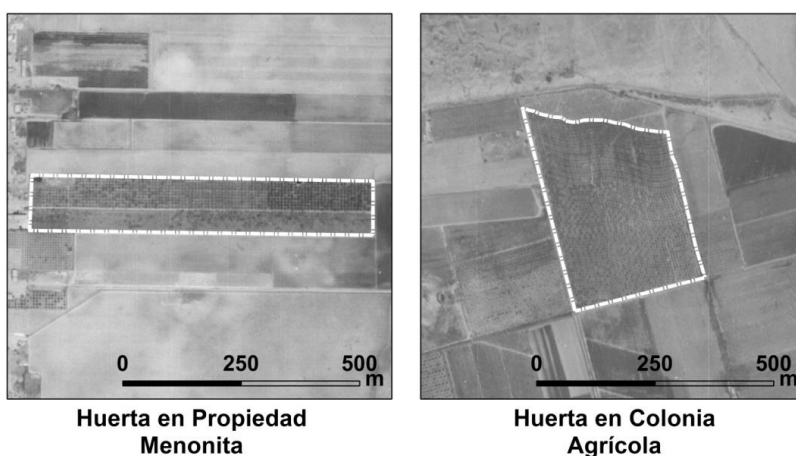
Los Menonitas se distinguieron por la importancia de la superficie agrícola en el paisaje construido.

Indicador	Agricultura de Anuales Pastizal				Agricultura de Perennes (Huertas)			
	Colonia	Ejidal	Privada	Menonita	Colonia	Ejidal	Privada	Menonita
<b>TE (m)</b>	557340	2087820	2104260	1925820	205020	176520	315180	302340
<b>ECD</b>	41.8	42.7	69.2	18.5	146.6	169.2	112	177.3
<b>MPS (ha)</b>	67.8	72.8	27.9	376	17.4	6.6	18	7.7
<b>NUMP</b>	196	671	1088	276	80	157	156	219
<b>CA (ha)</b>	13305.6	48852	30364.8	103801.5	1398.3	1049.2	2814.03	1704.5
<b>TLA (ha)</b>	17680.4	61499.3	52499	112327.1	17680.4	61499.2	52499	112327.1
<b>ZLAND (%)</b>	75.2	79.4	57.8	92.4	7.9	1.7	5.3	1.5

La proporción (ZLAND) que representó la clase Agrícola de Anuales-Pastizal en el total (TLA) de su propiedad (89.6 %.), superó ampliamente los porcentajes obtenidos en los predios de Mestizos (38.8, 56.9 y 63.2 % en Propiedad Privada, Colonias Agrícolas y Ejidos, respectivamente). Fue el mismo caso para el indicador CA, pues entre los Menonitas Agrícola de Anuales-Pastizal sumó más de 76,000 ha, contra las 63,625.7 y 50,142.4 ha en Propiedad Privada y Ejidos. Por lo que se refiere al tamaño promedio de parches (MPS), el valor observado entre los Menonitas (375.9 ha) fue casi un 300 % mayor respecto al MPS de los parches propiedad de los Mestizos (127.9 ha Ejidos, 52.1 y 45.9 Colonias Agrícolas y Propiedad Privada, respectivamente). Estos indicadores de porcentaje, área total ocupada y tamaño promedio de parches en la clase Agrícola de Anuales Pastizal, sugieren que los Menonitas destacan sobre los propietarios Mestizos, por el grado de apropiación agrícola del paisaje que han construido.

*Agrícola de perennes (AP, Huertas de Manzana):*

La proporción que representó el cultivo de Manzana (ZLAND) respecto al total de la propiedad (TLA), fue mayor en las Colonias Agrícolas y Propiedad Menonita (5.2 y 2.4 %), quedando en segundo y tercer lugar Ejidos y Propietarios Privados (1.9 y 1 %). Los indicadores CA y NUMP de esta clase, revelaron que las huertas suman mayor área entre los productores privados (3034.65 ha vs 1165.7, 802.2 y 2066.6 ha en los polígonos de Colonias Agrícolas, Ejidos y propiedad Menonita), pero que los Menonitas tienen más huertas en total (NUMP de 228 entre Menonitas, vs 78, 83 y 170 en Colonias Agrícolas, Ejidos, y Propiedad Privada respectivamente). Entre los Menonitas las huertas fueron más pequeñas (Menor MPS), pero con mayor perímetro (Mayor ECD). El valor de MPS (9.1 ha) de esta clase en sus predios, fue inferior al tamaño promedio individual de las huertas en Colonias Agrícolas, Ejidos y Propiedad Privada (14.9, 9.7 y 17.9 ha para MPS). Sin embargo, en densidad de bordes (ECD), las huertas propiedad de Menonitas tuvieron mayor borde por unidad de área (168.6 m/ha en, respecto a 153.5, 146.2 y 113.9 m/ha en las huertas propiedad de Colonias Agrícolas, Ejidos y Propiedad Privada). Huertas con menor con mayor densidad de bordes entre los Menonitas, se vinculan con predios alargados y rectangulares, como suelen ser sus parcelas desde que los Menonitas emigraron por primera vez desde el centro de Europa, durante la Reforma Religiosa (Sawatsky, 1971). Estas parcelas contrastan con la heterogeneidad de formas y tamaños en las huertas de los productores Mestizos (Figura 4).



**Figura 4.** Formas de los polígonos agrícolas correspondientes a Menonitas y Mestizos, se ejemplifica con una huerta en Colonia Agrícola

## Discusión de resultados

Los resultados de este trabajo mostraron diferencias importantes en la forma de construir los paisajes por Menonitas y Mestizos. Como pudo observarse en parámetros como TC para Agricultura de Perennes o Bosques, o en Indicadores de Ecología del Paisaje como ZLAND y MPS para la Agricultura de Anuales-Pastizal, las diferencias entre Menonitas y cualquier forma de propiedad de los Mestizos, fueron más grandes que las diferencias entre las propiedades correspondientes sólo a Mestizos. Se requieren evidencias más concluyentes, pero los resultados sugieren que la cultura condiciona de manera importante la configuración y velocidad de los cambios en el paisaje construido.

Diversos autores han afirmado que factores como la tenencia de la tierra, los subsidios agrícolas, el precio de los cultivos o las políticas gubernamentales pueden jugar un papel muy importante en las transformaciones del paisaje (Bonilla-Moheno et al., 2013; Klepeis & Vance, 2003; Lambin et al., 2001), pero que este proceso es condicionado frecuentemente por variables de índole cultural, que modulan su importancia (Klepeis y Vance 2003; Luers et al. 2006). Desde esta perspectiva, en este trabajo se asume, que la intensidad de las transformaciones, y el alto porcentaje de cobertura agrícola (ZLAND) en los predios de Menonitas, se vincula con habilidades que históricamente ha desarrollado este grupo social para construir paisajes agrícolas (Redekop, 1989).

Desde la Reforma Religiosa en Europa, los Menonitas encontraron en la agricultura una actividad que les permitía aislarse geográficamente, alejándose de otros grupos de población que no compartían sus creencias (Warkentin, 1959, Redekop, 1989). Esta búsqueda de aislamiento, un principio de fe desde su perspectiva religiosa (Naka, 2008) favoreció que este grupo se especializara en la construcción de paisajes agrícolas (Warkentin, 1983), como se observa en distintos lugares del mundo, donde los Menonitas han adquirido fama por sus habilidades agrícolas. Dicha habilidad permanece, y probablemente explica la apertura extraordinaria de huertas de manzana en sus predios, con TC muy superiores a las observadas entre los Mestizos. Este cultivo supera en un 800 % la rentabilidad alcanzada por los cultivos anuales de la zona (COLPOS, 2007), pero es un 550 % más costoso, por lo que los productores del municipio que se involucran y permanecen en esta actividad, son los agricultores más eficientes económicamente, porque tienen más activos físicos (principalmente agua del subsuelo y equipo para extraerla), y porque cuentan

con estrategias de comercialización que favorecen una elevada rentabilidad. Este es frecuentemente el caso de los productores Menonitas.

Los Menonitas concentran los pozos de riego, y esto facilita la intensificación de sus áreas agrícolas. Además de esta ventaja, este grupo social posee una arraigada tradición de asistencia mutua y trabajo colectivo (Redekop, 1989; Good y Lightman, 2006), que le permite generar recursos excedentes para invertir en otras actividades (Roessingh y Smiths, 2010), y en otros cultivos. En la zona han desarrollado estrategias conjuntas para la comercialización de sus productos agropecuarios, evitando intermediarios externos (FIRA, 2010), y generando condiciones para reinvertir las ganancias en sus propios campos agrícolas. Dichas estrategias colectivas, generan recursos para convertir áreas de agricultura de anuales en huertas de manzana, y contribuyen de forma importante, a sostener la elevada TC que presentan en este proceso.

### **Conclusiones:**

Los resultados preliminares de esta investigación, sugieren que los Menonitas tienen formas de apropiación del espacio vinculadas estrechamente con sus antecedentes históricos y religiosos. La religión parece particularmente importante, pues a partir del principio de fe relativo a mantenerse alejados de los grupos No Menonitas, pueden explicarse los rasgos más conspicuos del paisaje agrícola por este grupo social.

Los Indicadores de Ecología del paisaje Aportaron datos valiosos, que ayudan a entender el papel que tuvo, y tiene, la cultura y religión de la población Menonita en la configuración de los paisajes agrícolas de la zona de estudio. Se requieren evidencias más concluyentes, pero ayudan a entender el papel de este grupo social en la evolución ambiental de paisajes culturales en otras regiones de Latinoamérica y el mundo, donde las migraciones Menonitas permanecen vigentes. Esto puede facilitar el diseño de políticas territoriales más sustentables en el futuro.

### **Bibliografía:**

Aboites, L. (2011). *Chihuahua, Historia Breve*. Fondo de Cultura Económica-Colegio de México

Bonilla-Moheno, M., Redo, D. J., Aide, T. M., Clark, M. L., & Grau, H. R. (2013). Vegetation change and land tenure in Mexico: A country-wide analysis. *Land Use Policy*, 30(1), 355–364.

- Castro-Martínez, P. (2000). *Ciudad Cuauhtémoc Chihuahua: Crónica de su Fundación*. Universidad Autónoma Metropolitana.
- Chuvieco, E. (2008). *Teledetección ambiental: la observación de la tierra desde el espacio*. Editorial Ariel.
- COLPOS. 2007. Plan Director: Unión de Asociaciones de Usuarios de Aguas Subterráneas del Acuífero De Cuauhtémoc, Chihuahua, S de RL de IP de CV. (p. 69 más anexos.). Colegio de Postgraduados, Chapingo México.
- CONAGUA. 2010. *Creación y Actuación de los Organismos de Cuenca en la Planificación y Gestión: México*. Gobierno Federal-Semarnat-CONAGUA. 34 pp.
- CONAGUA. 2011. *Atlas del Agua en México*. Gobierno Federal-Semarnat-CONAGUA. 142 pp.
- FIRA. (2010). 200 casos de éxito FIRA en el sector rural mexicano. Fideicomisos Instituidos en Relación a la Agricultura, Gobierno Federal.
- Gobierno de Chihuahua. (2010). Programa Sectorial Chihuahua Vive con los Menonitas (2010-2016). Gobierno de Chihuahua.
- Klepeis, P., & Vance, C. (2003). Neoliberal Policy and Deforestation in Southeastern Mexico: An Assessment of the PROCAMPO Program. *Economic Geography*, 79(3)
- Lambin, E. F., Turner, B. L., Geist, H. J., Agbola, S. B., Angelsen, A., Bruce, J. W., ... Xu, J. (2001). The causes of land-use and land-cover change: moving beyond the myths. *Global Environmental Change*, 11(4), 261–269.
- Hansen, D. (2005). Las Migraciones Menonitas al Norte de México entre 1922 y 1940. *Migraciones Internacionales*, 3, 5–31.
- Luann Good Gingrich, & Ernie Lightman. (2006). Striving toward Self-Sufficiency: A Qualitative Study of Mutual Aid in an Old Order Mennonite Community. *Family Relations*, 55, 175–189.
- Lunetta, R. S., & Lyon, J. G. (2004). *Remote Sensing and GIS Accuracy Assessment*. CRC Press.
- Mascari, G. F., Mautone, M., Moltedo, L., & Salonia, P. (2009). Landscapes, Heritage and Culture. *Journal of Cultural Heritage*, 10(1), 22–29.

- McGarigal, K., & Marks, B. (1995). Fragstat: Spatial Pattern Analysis Program for Quantifying Landscape Structure. USDA Forest Service.
- Naka, T. (2008). FAITH AT WORK: MENNONITE BELIEFS AND OCCUPATIONS. *Ethnology*, 47(4), 271–289.
- Nassauer, J. I. (1995). Culture and changing landscape structure. *Landscape Ecology*, 10, 229–237.
- Naveh, Z. (1995). Interactions of landscapes and cultures. *Landscape and Urban Planning*, 32(1), 43–54.
- Núñez, D., Muñoz, C., Reyes, V., Velasco, I., & Gadsden, H. (2007). Caracterización de la sequía a diversas escalas de Tiempo en Chihuahua, México. *Agrociencia*, 41, 253–262.
- Pontius, R. G., Shusas, E., & McEachern, M. (2004). Detecting important categorical land changes while accounting for persistence. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 101, 251–268.
- Redekop, C. (1989). *Mennonite Society*. Baltimore: The John Hopkins University.
- Rempel, R. S., Kaukinen, D., & Carr, A. P. (2012). Patch Analyst and Patch Grid. Ontario Ministry of Natural Resources. Centre for Northern Forest Ecosystem Research.
- Renetzeder, C., Schindler, S., Peterseil, J., Prinz, M. A., Mücher, S., & Wrбка, T. (2010). Can we measure ecological sustainability? Landscape pattern as an indicator for naturalness and land use intensity at regional, national and European level. *Ecological Indicators*, 10(1), 39–48.
- Roessingh, C., & Smits, K. (2010). Social capital and Mennonite entrepreneurship: the case of Circle R in Blue Creek, Northern Belize. *International Journal of Innovation and Regional Development*, 2(1/2), 22.
- Sauer, C. O. (1974). *The Morphology of Landscape* (Vol. 2). University of California.
- Sawatzky, H. L. (1971). *They Sought a Country: Mennonite Colonization in Mexico*. University of California.



Velázquez, A., Mas, J. F., Gallegos, J. R. D., Saucedo, R. M., Alcántara, P. C., Castro, R., ...  
Palacio, J. L. (2002). Patrones y tasas de cambio de uso del suelo en México. *Gaceta Ecológica*, (062), 21–37.

Warkentin, J. (1959). Mennonite Agricultural Settlements of Southern Manitoba. *Geographical Review*, 49, 342–268.

Warkentin, J. (1983). Canadian Geographers and Their Contributions to Mennonite Studies. *Journal of Mennonite Studies*, 1, 106–118.

Zooneveld, I. (1989). The land unit - A fundamental concept in landscape ecology, and its applications. *Landscape Ecology*, 3(2), 67–86.

**Otras fuentes de información:**

Registro Agrario Nacional. (2011). Tenencia de la Tierra en Chihuahua. (Cartografía Digital)

INEGI (2010). Censo de Población y Vivienda. (Cd. Rom).

## Capítulo VII

### Aplicación de la Teoría Fundamentada a los Principios y Aprendizaje de la Geografía

*Carlos Constantino Morales Méndez*  
Facultad de Geografía UAEM.

#### Introducción

Las actividades académicas en la Facultad de Geografía se insertan en un marco de exigencias teóricas y metodológicas como una necesidad que se presenta en el mundo actual. Sin embargo, las acciones disciplinarias y pedagógicas requieren de mayor organización para optar hacia mejores resultados profesionales. De esta manera, la teoría fundamentada se articula con los principios y objeto de la Geografía y, la forma de aprender en las prácticas de campo y en el salón de clases. Después de realizar las actividades que recomiendan los lineamientos epistémicos se llegaron a procesos deductivos que permitieron inferencias de ideas y conceptos que surgen de las acciones académicas entre catedráticos y alumnos en sus interacciones geográficas y pedagógicas.

Los dos grupos de categorías que se consideran para el estudio son: principios de la Geografía y rubros del aprendizaje significativo como teoría pedagógica. La amalgama entre ellos, condujo a inferir los conceptos que se proponen al final de la investigación. Se utilizaron documentos institucionales y entrevistas a docentes y discentes para conocer sus saberes y habilidades que se desarrollan en clase y en las prácticas de campo.

La teoría fundamentada se concibe como una estrategia metodológica para desarrollar teorías, conceptos, hipótesis y proposiciones, basados en el análisis de datos que son sistemáticamente recogidos y analizados. Se parte directamente de los datos por los agentes de la unidad de análisis y, no de supuestos premeditados de otras investigaciones o de marcos teóricos existentes. La construcción teórica hace parte del proceso investigativo a través de una relación permanente entre recolección e interpretación de la información.

La característica central de esta estrategia investigativa es el método general de análisis comparativo constante entre los datos y la teoría que va emergiendo. Los conceptos que se proponen están sustentados en la epistemología de la pedagogía y de la geografía, así como en las expresiones populares sobre las labores de los geógrafos y su trabajo educativo.

## **Planteamiento del problema**

Con base en la información de los documentos que contienen los proyectos y los itinerarios de las prácticas de campo, del periodo de 2005 a 2012, los conocimientos y las habilidades que se desarrollan en las prácticas de campo, se evidencia que los docentes y los discentes aplican con deficiencia los principios y objeto de estudio de la Geografía y escasamente introducen una teoría pedagógica que permita comprender y eficientar el proceso enseñanza-aprendizaje en las salidas al campo.

En las presentaciones de los resultados académicos de las prácticas de campo en los seis foros organizados en la Facultad de Geografía de 2006 a 2013, se advierte también que los saberes previos requeridos por cada programa de unidad de aprendizaje, se aplican con poca frecuencia en campo y, por tanto, se realizan escasas relaciones con los nuevos conocimientos.

Tomando en cuenta la información de un cuestionario aplicado a los alumnos para la evaluación de los resultados académicos de las prácticas de campo en el año de 2007, se asevera que los aprendizajes geográficos que se presentan en las prácticas son generalmente por recepción, es decir, mediante la intervención explicativa del profesor ante diversos problemas, lo que provoca repeticiones de contenidos de manera mecánica entre los alumnos. De esta manera, el conocimiento por descubrimiento casi no se practica porque la planeación, las herramientas y los tiempos son insuficientes en la mayoría de los casos.

Los reportes o productos finales de las prácticas de campo de 2005 a 2012 muestran que los problemas que se abordan en las salidas académicas, adolecen de relaciones con los contextos regionales, nacionales e internacionales, así como con los paradigmas vigentes, de esta manera, es deficiente la comprensión de los fenómenos y los procesos que se manifiestan en un espacio y tiempo determinados.

## **Justificación**

La aplicación de la Geografía y sus principios y, el constructivismo a través del aprendizaje significativo, contribuirán a planificar mejor las actividades cognitivas en clase, así como en las prácticas de campo en los rubros como: ordenación de los materiales didácticos, etapas del proyecto de práctica, los tipos de prácticas que pueden adoptarse conforme a los avances semestrales del plan de estudio, así como los productos académicos que se deriven del desarrollo teórico-metodológico.

El quehacer geográfico necesita los aportes de las teorías de las ciencias de la educación para cumplir de manera eficiente sus objetivos y sus competencias en el trabajo de docencia e investigación. De esta manera, el aprendizaje significativo se identifica y aporta su estructura epistemológica para fortalecer el desarrollo teórico y práctico de la geografía.

La postura cualitativa es un campo muy amplio para realizar investigaciones tanto de las ciencias sociales como las naturales. De esta manera, la teoría fundamentada es una oportunidad para trabajar de manera inductiva y creativa en las labores de la Geografía.

### **Objetivos**

General: Aplicar la Teoría Fundamentada a los principios y aprendizaje significativo de la Geografía.

Específicos:

- a) Inferir los conceptos geográficos y pedagógicos de los datos e información aportada por los profesores y alumnos.
- b) Aportar una propuesta de saberes y habilidades geográficas y pedagógicas para el proceso enseñanza y aprendizaje de la Geografía.

### **Fundamentación teórica**

La teoría fundada o fundamentada, fue elaborada por los sociólogos, Barney Glaser y Anselm Strauss a finales de la década de los sesenta y principios de los noventa del siglo XX. Strauss y Corbin (1998), en los noventa definen la teoría fundamentada de la manera siguiente:

Teoría fundamentada se refiere a una teoría derivada de datos recopilados de manera sistemática y analizada por medio de un proceso de investigación. En este método, la recolección de datos, el análisis y la teoría que surgirá de ellos guardan estrecha relación entre sí. Un investigador no inicia un proyecto con una teoría preconcebida (a menos que su propósito sea elaborar y ampliar una teoría existente). Más bien, comienza con un área de estudio y permite que la teoría emerja a partir de los datos. Lo más probable es que la teoría derivada de los datos se parezca más a la "realidad" que la teoría derivada de unir una serie de conceptos basados en experiencias. Debido que las teorías fundamentadas se basan en los datos, es más posible que generen conocimientos, aumenten la comprensión y proporcionen una guía significativa para la acción (pp. 28-29).

Strauss y Corbin (1998), exponen tres caracteres que hay que considerar en la teoría fundamentada, los cuales representan los pilares conceptuales que guían el proceso de investigación, éstos se expresan a continuación:

a) *Descripción*: uso de palabras para expresar imágenes mentales de un acontecimiento, un aspecto del panorama, una escena, experiencia, emoción o sensación; el relato se hace desde la perspectiva de la persona que realiza la descripción...La descripción se necesita para expresar lo que está pasando, cómo se ve el panorama, qué está haciendo la gente en él y así sucesivamente. El uso del lenguaje descriptivo puede convertir los acontecimientos ordinarios en algo extraordinario. b) *Ordenamiento conceptual*: organización (y a veces clasificación) de los datos, de acuerdo con un conjunto selectivo y especificado de propiedades y sus dimensiones...La mayor parte de los análisis de la ciencia consisten en alguna variedad y hay muchos tipos de ordenamiento conceptual. Los investigadores intentan encontrarle sentido a sus datos organizándolos de acuerdo con un esquema de clasificación. En el proceso, se identifican asuntos a partir de los datos y se refinan según sus diversas propiedades y dimensiones generales. c) *Teoría*: conjunto de conceptos bien desarrollados vinculados por medio de oraciones de relación, las cuales juntas constituyen un marco conceptual integrado que puede usarse para explicar o predecir fenómenos...La teoría denota un conjunto de categorías bien construidas, por ejemplo, temas y conceptos, interrelacionadas de manera sistemática por medio de oraciones que indican relaciones, para formar un marco teórico que explica algún fenómeno social, psicológico, educativo, de enfermería o de otra clase. Las oraciones que indican relación explican quién, qué, cuándo, dónde, por qué, cómo y con qué consecuencias ocurren los acontecimientos. Una vez que los conceptos se relacionan por medio de ciertas oraciones para formar un marco teórico explicativo, los hallazgos de la investigación pasan de ser un ordenamiento conceptual a convertirse en teoría. (pp.32-40).

La recogida de la información por diversos medios (en este caso, los documentos, las entrevistas y los cuestionarios), se codifica con criterios establecidos por el investigador, se clasifica por categorías o subcategorías y se interpreta con base en las cualidades y las relaciones que puedan existir entre ellas, y se puede llegar a identificar ideas o conceptos sobre el problema o tema en cuestión. Las principales operaciones de la teoría fundamentada según Basilachis (2009, pp.156-157), son las siguientes:

- La recolección de datos. Si bien la teoría fundamentada utiliza primordialmente la entrevista como instrumento de la recolección de datos, esto no es excluyente de otras técnicas. En efecto, pueden utilizarse en forma alternativa o conjunta de observación, la conversación informal, los grupos de personas, el análisis de documentos y literatura.
- La codificación. Una vez obtenido el conjunto de datos a través de alguno o varios de los procedimientos antes mencionados, la primera operación a desarrollar consiste en comparar la información obtenida, tratando de dar una denominación común a un conjunto de datos que comparten una misma idea. Es lo que llamamos codificar. Codificar supone leer y releer nuestros datos para descubrir relaciones y comenzar a interpretar.
- La delimitación de la teoría. Los elementos básicos de una teoría son las categorías y las propiedades de las categorías. La forma propuesta de la teoría fundamentada para ir articulando los componentes de una teoría dentro del método de la comparación constante...El criterio de parsimonia es hacer máxima la explicación y comprensión de un fenómeno con el mínimo de conceptos.

Es relativamente sencilla la propuesta de la teoría fundamentada, pero lo interesante y complejo es argumentar las inferencias obtenidas y dar secuencia y coherencia durante el proceso de investigación e interpretación.

En el presente estudio solamente se infieren ideas o conceptos, se comparan y se cotejan con los datos en el proceso de la investigación, y se determinan relaciones dentro de la propuesta. Se busca la reflexión y el razonamiento a través de acciones constructivistas para solucionar problemas, mediante el aprendizaje significativo por descubrimiento.

## **Metodología**

Se eligió este método porque reúne el marco metodológico necesario para llegar a inferencias durante la investigación. Los datos y la información permiten interpretaciones que conducen a la asociación y elaboración de ideas que se traducen en conceptos, que fortalecen el proceso investigativo.

### a) Unidad de análisis

El trabajo de acopio de la información se llevó a cabo entre los docentes y discentes de la Facultad de Geografía, UAEMéx. El procedimiento es considerar a profesores que imparten cátedra en diferentes semestres, es decir, dentro de los tres núcleos de formación que son: el básico, el

sustantivo y el integral. También de toma en cuenta algunas características como: profesión, antigüedad en la institución y unidades de aprendizaje que imparte.

b) Diseño: estudio de caso

El grupo de profesores y alumnos que participan en el proceso de investigación fueron los inscritos a la licenciatura en Geografía. Las participaciones se planearon de la manera siguiente: para el proceso de las entrevistas se tomaron en cuenta a los profesores que imparten en todos los semestres. Para la encuesta a través de los cuestionarios se consideraron a los alumnos de cuarto, sexto y octavo semestre porque es dónde se realizan mayor número de prácticas.

c) Técnicas de investigación

La información utilizada para la presente investigación se basó en investigación documental, entrevistas y encuestas. A la información de los documentos se agregó la observación y la experiencia que se tiene como docente y en las prácticas de campo durante 24 años.

d) Investigación documental. El Plan de Estudios de la licenciatura en Geografía, Reglamento de Prácticas de Campo y Foros sobre los resultados de las prácticas de campo. Estos documentos contienen la información suficiente para la organización de las prácticas de campo. Los asistentes a las prácticas los utilizan como base para su planificación académica y administrativa.

La técnica de la investigación. En este caso, las entrevistas se practicaron a los docentes y discentes para conocer sus puntos de vista en relación con el aprendizaje significativo y el trabajo geográfico en las prácticas de campo.

e) Categorías. El aprendizaje significativo como teoría pedagógica y los principios geográficos como elementos disciplinarios.

f) Subcategorías. El aprendizaje significativo: conocimientos previos, estrategias cognitivas, motivación, materiales y equipos, reflexión, aprendizaje por descubrimiento, mapas conceptuales y solución de problemas. Las geográficas: ubicación, distribución, evolución, causalidad, relación, holismo y unidades espaciales.

**Cuadro 1.** Preguntas para los docentes en la entrevista

<b>CATEGORÍAS Y SUBCATEGORÍAS DEL APRENDIZAJE SIGNIFICATIVO</b>	
1.	¿Cómo utiliza los conocimientos previos de su asignatura en la práctica de campo?
2.	¿Qué estrategias cognitivas de aprendizaje utiliza en la planificación de sus prácticas de campo?
3.	¿Qué actividades utiliza para fomentar la motivación entre sus alumnos durante el proceso de las prácticas de campo?
4.	¿Cómo organiza sus materiales y equipos de apoyo para los alumnos al emprender su práctica de campo?
5.	¿Considera usted momentos de razonamiento, reflexión y la crítica durante el proceso de la práctica de campo?
6.	¿Con el ejercicio de las relaciones entre los conocimientos previos con los nuevos, los alumnos deducen conocimientos por descubrimiento en su asignatura?
7.	¿Cómo utiliza los mapas conceptuales para explicar procesos físicos o sociales en sus salidas al campo?
8.	¿Cuáles son las propuestas de usted y sus alumnos para dar solución a los problemas ambientales?
9.	¿Cuáles son las teorías pedagógicas que permiten coadyuvar el aprendizaje de sus alumnos durante el desarrollo de su práctica de campo?
10.	¿Cuáles son los productos académicos que elabora con sus alumnos al finalizar su práctica de campo?
<b>CATEGORÍAS Y SUBCATEGORÍAS DE LOS PRINCIPIOS DE LA GEOGRAFÍA</b>	
11.	¿Qué elementos usa para la localización geográfica en sus prácticas de campo?
12.	¿Qué herramientas utiliza para identificar la distribución geográfica en sus prácticas de campo?
13.	¿Cómo lleva a cabo la comparación geográfica en sus prácticas de campo?
14.	¿Qué técnicas, datos e información aplica para identificar la evolución y la causalidad geográfica en sus prácticas de campo?
15.	¿Cómo aplica la relación geográfica (sociedad-naturaleza y naturaleza-sociedad), en sus prácticas de campo?
16.	¿Cómo lleva a cabo el principio de globalidad geográfica (postura holística), en sus prácticas de campo?
17.	¿Cuáles son las unidades espaciales (lugar, región, paisaje, territorio, espacio geográfico) que utiliza en sus labores de campo?
18.	¿Qué tipo de cartografía usa en el trabajo de campo?
19.	¿Cuáles las tecnologías geográficas que aplica en las actividades en campo?
20.	¿Qué recomienda para mejorar el trabajo en campo?

Fuente: Elaboración propia, con base en las preguntas de entrevista a los docentes, 2013.

### **Procesamiento de la información**

La información se colocó en cuadros para resaltar la cualidad y la cantidad de la misma. La información ordenada permitió la descripción y la interpretación de las asociaciones existentes entre las categorías y subcategorías. La información de las entrevistas se recabó y se almacenó en videos y grabadoras de voz, que posteriormente se vieron y se escucharon en una *lap top*, para conocer las respuestas de los docentes. Se codificaron en categorías pedagógicas, didácticas y principios de la geografía. De cada una de las preguntas se seleccionaron las tres más representativas de cada subcategoría, y después se colocaron en un cuadro para facilitar su análisis e interpretación.



La información de los cuestionarios se ordenó en cuadros con las preguntas correspondientes y se agruparon en categorías pedagógicas, didácticas y principios de la geografía. Se obtuvieron los porcentajes de cada una de las respuestas para conocer su tendencia. Asimismo, se elaboraron gráficas para mostrar el comportamiento de la información, lo que coadyuvó a la descripción y a la interpretación final. El procesamiento de la información y su interpretación conduce a las inferencias y a la propuesta del aprendizaje en las prácticas de campo. Las declaraciones o respuestas son las más representativas de las entrevistas, y la interpretación se realiza de manera breve y concisa, y obedece a la generalidad de la información como se muestra en los párrafos siguientes.

### **Resultados: inferencias generales**

Las inferencias que se realizan de la investigación por la teoría fundamentada se basan en algunos principios que es necesario resaltar:

- a) Los conceptos, ideas y teorías que surjan están basadas en un cuerpo teórico y metodológico, es decir, no emergen de la nada.
- b) La inducción es la actividad más importante, pero ésta se nutre de la deducción.
- c) Los conocimientos previos sobre los temas de la investigación son esenciales para el logro de las inferencias.
- d) La teoría que surge debe estar sustentada en la epistemología de las ciencias tratadas.
- e) Las inferencias representan la actividad creativa del investigador.

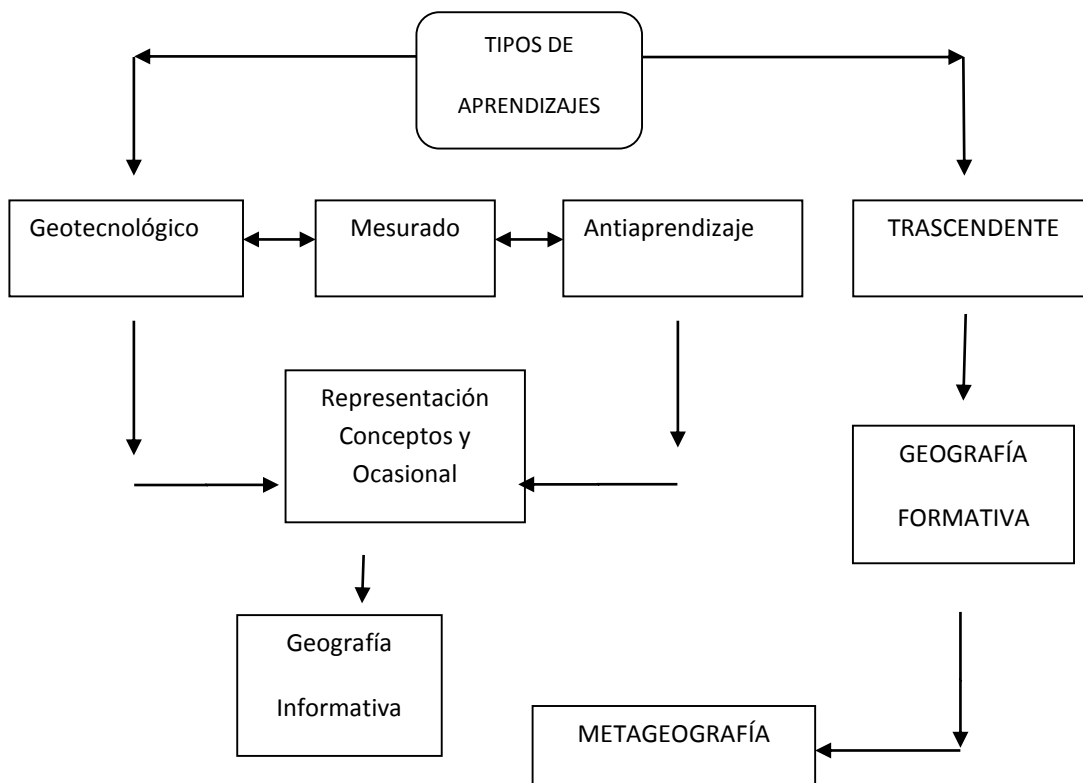
A continuación se describen las inferencias que resultaron de la interpretación de los aprendizajes de las subcategorías que se desarrollan en las prácticas de campo de la licenciatura en Geografía. Se tomaron en consideración las categorías geográficas y pedagógicas, así como las subcategorías más frecuentes, conforme a las respuestas de los docentes y alumnos. El cuadro 2, contiene los aprendizajes inferidos del estudio, los aprendizajes que se advierten con base en la teoría de Ausubel y el nivel en que se ubican de acuerdo a la escala de Likert.

**Cuadro 2.** Aprendizajes inferidos de la investigación

Categorías	Subcategorías más frecuentes	Aprendizajes de inferencia	Aprendizaje Ausubel	Escala de Likert
Geográfico	-Localización -Geotecnologías	-Geotecnológico -Medurado	-Representación	-A veces (ocasional)
Pedagógico	-Conocimientos previos	-Antiaprendizaje -Trascendente	-Conceptos	-Frecuentemente

Fuente: Elaboración propia con base en la información de las entrevistas y encuestas a los docentes y alumnos de la Facultad de Geografía, 2013.

**Figura 1.** Representación de las inferencias de la investigación



Fuente: Elaboración propia con base en la información de las entrevistas y encuestas a los docentes y alumnos de la Facultad de Geografía, 2013.

De las subcategorías y de los tipos de herramientas más utilizadas, se indujo que se practican de manera general, cuatro tipos de aprendizaje: el *geotecnológico*, el *medurado*, el *antiaprendizaje* y el *trascendente*. De los tres primeros aprendizajes se deriva la *geografía informativa*, mientras del aprendizaje *trascendente* surge la *geografía formativa* que se articula con la *metageografía*.

El aprendizaje *geotecnológico*, se refiere al conjunto de técnicas tanto tradicionales como las nuevas tecnologías empleadas en el trabajo de campo. El aprendizaje *medurado* se vincula con la modesta participación geográfica y pedagógica. El *antiaprendizaje* y la *geografía informativa* se relacionan con las actividades de escaso contenido académico en el aula y en los recorridos al campo. Mientras, el *aprendizaje trascendente*, la *geografía formativa* y *metageografía* adopta los estándares de calidad y el concepto de lo significativo.

- *Aprendizaje geotecnológico*. Para este estudio, se enlaza con las nuevas tecnologías o geotecnologías que se utilizan en las prácticas, y son consecuencia del esquema que ha adoptado en la licenciatura en Geografía, en conjunto con los demás programas educativos que se ofrecen en la institución. Las nuevas tecnologías se han vuelto una necesidad para los geógrafos, ya que en teoría agilizan los quehaceres vinculados con el análisis espacial.

Es un hecho que el paradigma Geotecnológico ha incursionado de manera tácita a la geografía. De esta forma, la connotación tecnológica y técnica se ha generalizado en la Facultad de Geografía, debido a los programas educativos implementados, además de la licenciatura en Geografía operan: la licenciatura en Geoinformática, la licenciatura de Geología y Recursos Hídricos, el diplomado en Cartografía Automatizada, la maestría en Geografía y Geoinformática, se imparten algunos cursos con temas de los Sistemas de Información Geográfica y las geotecnologías. Además, la institución cuenta con un centro denominado, Nodo de Investigación Tecnológica Geográfica (NITGEO) y una extensión empresarial llamada, “Incubadora” para la atención de proyectos geográficos. En *aprendizaje geotecnológico* se presenta como parte esencial del ámbito de la geografía.

De la misma manera, la globalización y el mundo posmoderno se orientan hacia el uso de las nuevas tecnologías como instrumentos directrices y de consumo en las instituciones educativas. De acuerdo a los argumentos anteriores, la educación en la Facultad de Geografía se ha identificado en las dos últimas décadas con el paradigma geotecnológico, es decir, este enfoque la distingue de las demás instituciones que imparten geografía en el país. Lo destacado no son las nuevas

tecnologías aplicadas a la geografía o a cualquier otra ciencia, sino que algunos docentes y alumnos atraídos por esnobismo, se han despreocupado por los saberes propios de la disciplina que los identifica y los forma.

- *Aprendizaje medurado*. Se dedujo de la deficiencia en la organización y las actividades puestas en marcha durante los recorridos al campo. El término medurado se define como moderado, sin llegar a la excelencia. De esta manera, se entiende como un aprendizaje mínimo, modesto y con escasa relación con el constructivismo, y por tanto, tiene poca trascendencia en la formación profesional de los alumnos geógrafos.

El *aprendizaje medurado*, se refiere a las acciones antes, durante y después de las prácticas con escaso rigor científico, como son: posturas conductistas; el profesor organiza todo el itinerario sin consenso con los alumnos ni órganos colegiados; se enfatiza en aspectos memorísticos; el profesor protagoniza todo el proceso; se utiliza más la calificación que la evaluación, los productos finales en ocasiones se elaboran y a veces no; entre otros. Cuando se destina más tiempo a estas actividades que al trabajo científico disciplinario y pedagógico humanista, los resultados son modestos.

Tomando como base los resultados de la encuesta que realizaron los alumnos, el término más frecuente para evaluar las acciones de los catedráticos, fue “*a veces*”. La denominación se puede considerar apropiada porque, tanto docentes como discentes, a veces se informan sobre el estudio de la geografía y la pedagogía; a veces leen y escriben; a veces son críticos y reflexivos; a veces resuelven problemas y elaboran productos de calidad; al final de la carrera, a veces obtienen el grado académico profesional. De esta manera, son los geógrafos “de la ocasión”, del trabajo “a medias” o “más o menos”, de las acciones meduradas.

El *aprendizaje medurado*, se queda sin cumplir con todos los objetivos y las metas programadas, por lo que los productos finales muchas ocasiones no reflejan alcances significativos geográficos, pedagógicos y didácticos. Las actividades se concretan a identificar hechos y fenómenos, pero no promueven la solución problemas. El aprendizaje se limita a la repetición o a la recepción, pero no al razonamiento lógico que conduzca al descubrimiento, por tanto, son escasos los logros en creatividad e innovación.

- *Antiaprendizaje*. El término de *antiaprendizaje* no fue encontrado en la literatura educativa, por lo que no se tuvo apoyo en fuentes documentales para sustentarlo, pero, la palabra puede emplearse para referirse a las acciones irresponsables que surgen en el contexto de las

prácticas de campo. Los problemas y las conductas imprudentes se refieren al comportamiento o las decisiones equivocadas de los asistentes a las prácticas sobre algunas operaciones, sin pensar en las consecuencias de sus actos, y que es necesario atender o corregir para lograr aprendizajes pertinentes y de trascendencia. El *antiaprendizaje* se refuerza con los problemas que presentan la estructura del Plan de Estudios y las deficiencias académicas de la organización en la institución.

Según el diccionario de la Real Academia de la Lengua Española, el sufijo *anti* significa opuesto o contrario a algo. El *antiaprendizaje* va en contra del concepto de aprendizaje. Para comprender el *antiaprendizaje*, es necesario recalcar lo que se define como aprendizaje, según algunos autores, como Shulman (2004), citado por Moral (2010), quién dice: “se aprende cuando se reflexiona y cuando nos cuestionamos por qué aprendemos..., pues aprender no es sólo conocer algo o ejecutarlo bien. Aprender implica el desarrollo de una serie de valores y compromisos y una disposición internalizada que va construyendo una identidad” (p.130).

Los rituales funcionan en la escuela en pequeños grupos de personas que representan la imagen general del mundo y las instituciones que rigen a la sociedad, por lo que pueden considerarse como un performance (un marco escénico), que se lleva a cabo de manera consciente o inconsciente. Así, no se sabe con precisión donde comienza la práctica académica y donde terminan las creencias del ritual. El ritual fomenta la creencia en algún hecho en particular, por lo que también en la ciencia se observa este comportamiento. Los científicos sociales y físicos están inmersos en la pasión, la construcción y la difusión de las teorías y los paradigmas, que en el fondo, son prácticas rituales.

Como puede observarse, los rituales operan como un currículo oculto, ya que de manera implícita conservan directrices políticas, económicas, culturales e ideológicas. También son diversos, pero lo que se destaca es que absorben mucho tiempo dentro de los ciclos escolares. Estos tiempos destinados a actividades generalmente superfluas, son los que verdaderamente conducen a aprendizajes instantáneos, someros, ligeros y de escasa trascendencia en el desarrollo profesional de los geógrafos. El currículo oculto se extiende a las prácticas de campo, por lo que el nivel educativo se ubica en un esquema de *antiaprendizaje*.

- *Aprendizaje trascendente*. Con base el diccionario de la Real Academia de Lengua Española, la palabra: “trascendencia, viene del latín *transcendentia*, y significa ‘cualidad que está más allá de los límites naturales’. Sus componentes léxicos son: el prefijo *trans* (más allá), *scendere* (escalar), *nt* (agente), y el sufijo *ia* (cualidad)”. Así, trascender significa la acción de sobresalir, ir

más allá de un ámbito, mediante la superación de sus límites. Para la presente investigación, el aprendizaje trascendente se refiere al que se basa en atributos geográficos integrales, se guía por las competencias disciplinarias, utiliza estrategias didácticas y pedagógicas significativas. Es trascendente porque con un conjunto de saberes y habilidades resuelve problemas de pertinencia a través del tiempo y del espacio. Bowen y Hobson (2010), se refieren al concepto de trascendencia:

Fueron los griegos quienes desarrollaron la noción que las únicas actividades merecedoras del nombre de educación eran aquellas que le permitían al hombre trascender las limitaciones del tiempo y del espacio impuestas por su finitud, es decir, aquellas limitaciones de base biológica que ligan al hombre a un momento y lugar particulares en los que vive su vida. El hombre, por lo menos en un sentido general, tiene que lograr la trascendencia mediante un conjunto debidamente organizado de experiencias, y éstas serían la práctica del lenguaje y el reino de las ideas (p. 14).

La trascendencia que hablaban los griegos, es prácticamente lo mismo a lo que se refiere en la actualidad sobre el tema, pues la trascendencia, es la superación de ciertos límites, para el logro máximo de los objetivos y metas planteadas en una actividad determinada, en este caso, llegar a la eficacia y la pertinencia en el aprendizaje de la geografía. Es importante recalcar, que en la actual era del mundo globalizado, los esfuerzos por lograr metas cada vez más elevadas, se ha traducido en una competitividad en el campo laboral docente, lo que ha favorecido a su actualización y profesionalización.

El *aprendizaje trascendente*, se puede enlazar con lo que se considera aprendizaje de calidad basado en competencias, a este respecto, Hargreaves (2003), citado por Moral (2010), realiza el comentario:

En la era de la sociedad del conocimiento, en la que están inmersos los sujetos tienen que ser hábiles para manejar una serie de conceptos, habilidades y actitudes que les permitan enfrentarse a la resolución de problemas y a una toma de decisiones responsable y autónoma. En la actualidad no basta con planear una concepción simplista de aprendizaje, pues los conceptos, habilidades y actitudes deben ser adquiridos, pero a su vez comprendidos para poder ser aplicados en la resolución de problemas reales (p.128).

Afortunadamente en las prácticas de campo existen tanto alumnos como profesores que planifican con esmero el trabajo académico. Recaban datos e información que analizan e interpretan mediante acciones de razonamiento. Elaboran productos de calidad. Realizan estancias o recorridos en las

regiones donde se identifican y resuelven problemas ambientales. A estas personas, en ocasiones, les llama de manera mordaz “*los matados*”, porque se esfuerzan en llevar a cabo con eficiencia los quehaceres y aprendizajes teórico-metodológicos. Pero, son ellos, lo que generalmente obtienen las mejores evaluaciones, se forman como profesionales útiles a la sociedad y, al finalizar la carrera definen con inteligencia su proyecto de vida y tienen mayores oportunidades de empleo. Son personas *proprácticas*, o sea, consideran que las prácticas de campo son el complemento necesario del conocimiento geográfico; muestran vehemencia por el territorio; se inclinan por la biofilia y están siempre dispuestos a mejorar sus aprendizajes.

El *aprendizaje trascendente* lo practican aquellos alumnos que se inscriben a la carrera que se sienten atraídos por los temas geográficos. Son personas que cuando viajan a las regiones del país, observan con asombro y detenimiento los paisajes. Contemplan el comportamiento de la gente, los ríos, la selva, el desierto, los océanos, las montañas, entre otros. Algunos estudiantes cuando salen a las prácticas ven el océano por primera vez y se muestran fascinados por su inmensidad y su belleza. Existen alumnos que suelen observar cualquier rasgo geográfico que les llama la atención, mientras otros, les agrada caminar hacia las montañas más altas. La experiencia dicta que las personas obsesionadas por ascender las montañas elevadas llevan en su interior un impulso de motivación hacia el conocimiento y la superación personal.

- *Aprendizaje de representación y conceptos*. Tomando en cuenta la teoría de Ausubel, la representación y los conceptos son los niveles más sencillos o elementales de aprendizaje. Los aprendizajes en las prácticas de campo, tanto de la geografía como de la pedagogía, se ubican de manera general, en estas etapas.

De manera general, en el proceso de enseñanza-aprendizaje, los conocimientos más o menos importantes que se aplican de manera significativa en las prácticas de campo son: el principio de localización y en menor medida el de distribución; mientras, lo pedagógico se queda en los conocimientos previos. Si lo anterior se coteja con la teoría ausubeliana, el nivel de aprendizaje se ubica en *representación y conceptos*, es decir, se identifican las cualidades de los objetos y pueden describirse, pero no se llega a realizar relaciones ni a la comprensión de los mismos.

El nivel académico de los alumnos que ingresan a la Facultad de Geografía es escaso entre otras razones porque llegan con deficiencias en lectura, redacción, estadística y matemáticas. Los alumnos muestran ansiedad ante los aprendizajes de geografía matemática. En décadas anteriores,

la carrera concentraba menos hombres y más mujeres, ya que éstas en mayor porcentaje preferían una licenciatura donde sólo se priorizaba en los conceptos geográficos. A partir, de la década de los ochenta del siglo XX, los planes de estudio se abrieron a otros paradigmas metodológicos, con lo que el aprendizaje geográfico se tornó hacia esquemas científicos más integradores. No obstante, se siguen teniendo problemas en el proceso de aprendizaje en la actualidad.

Si el nivel de aprendizaje se compara como ejemplo, con la taxonomía del conocimiento de Robert Marzano (2003 citado por Gallardo 2009), el grado de aprendizaje queda en el primer nivel, es decir, el conocimiento o información, equivale según el autor en: “recibir, recordar y reproducir una información dada; se evocan hechos particulares (fechas, eventos), pero sin comprenderlos necesariamente” (p.6). Empero, este nivel es crucial para avanzar a los demás y comprender a todos; y los otros aprendizajes de la taxonomía en orden progresivo, además del conocimiento son: comprensión, aplicación, análisis, síntesis y evaluación.

- *Geografía informativa.* La *geografía informativa* reúne datos, instrumentos, conocimientos, habilidades, actitudes, valores, etcétera, pero sin notables evidencias de organización y reflexión de los elementos para atender y resolver problemas. Los alumnos generalmente memorizan contenidos sin comprenderlos con sus conocimientos previos, no identifican acciones significativas o utilidad a los temas estudiados, por lo que su aprendizaje es mecánico. Algunos alumnos traen en su mente las prácticas memorísticas de sus cursos de geografía de ciclos escolares de primaria y secundaria.

La *geografía informativa* tiene sus antecedentes en los cursos de la educación básica y media. Las listas de ciudades capitales, ríos, mares y montañas, que aprendieron por repetición y de manera aislada, y sin conocimiento científico de lo que significa la geografía, ya que muchos de sus profesores no tenían la formación de la disciplina. El aprendizaje por repetición si bien es útil en cierto momento, pero cuando se suman varios cursos con la misma rutina, los resultados son sólo datos aislados.

El análisis espacial es esporádico y con poca articulación con los atributos del entorno. El método geográfico pregona que el aprendizaje debe partir de lo simple a lo complejo; en el núcleo básico, los principios elementales como la localización y la distribución; en el sustantivo, además de los principios básicos, se asciende a comparación, evolución y relación; en el integral, es forzoso, el



de integración. Mientras, las estrategias pedagógicas se aplican, pero sin teoría que sustente los trabajos, por lo que la organización es precaria.

- *Geografía formativa*. Se aboca hacia un equilibrio entre la ciencia, el humanismo y las geotecnologías. La geografía formativa debe contemplar además de práctica obligatoria del objeto de estudio de la geografía, los valores universales y geográficos con argumentos críticos. La diversidad de datos, conocimientos y temas aplicados a la geografía, requiere de un apego a las normas de la ética, ya que promueve los comportamientos deseables del ser humano.

Valores como el respeto, la honradez, la responsabilidad, honestidad, la solidaridad, entre otros, permiten desempeñar las labores geográficas en un marco de humanismo, que es necesario recalcar por las situaciones violentas que se vive en el país y en el mundo. El respeto al derecho ajeno; la honradez para manejar datos e información en procesos de investigación; responsabilidad para llegar puntual a un evento; honestidad para evaluar a un alumno; solidaridad con la gente de escasos recursos cuando se sale al campo, son ejemplos que los alumnos requieren en su formación profesional.

Algunas actitudes y los valores articulados con la geografía, son: el interés por la ciencia; el respeto por la diversidad cultural y biológica; la valoración de los recursos naturales; el cuidado de la no contaminación del medio ambiente; el reconocimiento del desarrollo sustentable para las futuras generaciones, son posturas y acciones que deben tomar en cuenta los geógrafos para observar, estudiar y preservar el medio ambiente, como marco de perfil deseable.

El estudio del pensamiento geográfico a través del tiempo con sus teorías y técnicas, conducen a la *geografía formativa*. La cartografía automatizada, los sistemas de información geográfica, las imágenes de satélite, entre otros, son una opción llevar a cabo labores geográficas de calidad, pero solamente son los medios para llegar a los fines. Lo más importante, son la comprensión y la explicación de las categorías o geofactores de la superficie terrestre, mediante las relaciones y correlaciones espaciales con extensión al enfoque crítico.

Un cuestionamiento que realiza Moral (2010), con respecto al modelo de evaluación formativa y al uso como norma de los datos e información, expresa:

El modelo de evaluación formativa es un modelo que va más allá de la sencilla reunión de datos sobre el progreso y los resultados de los alumnos y se dirige a hacer progresar a los estudiantes dentro de sus zonas de desarrollo próximo. La zona de desarrollo próximo es la región entre lo que el alumno puede hacer independientemente y lo que el alumno puede hacer con asistencia (p.363).

La geografía en la actualidad presenta grandes incertidumbres en el contexto de la globalización. Las deficiencias en su proceso enseñanza-aprendizaje ha sido un problema. Para ello, es importante fortalecer su objeto de estudio en su dualidad física y social. Este binomio, ha sido y será la base para garantizar su permanencia e identidad en el campo de las demás ciencias. Para el logro de esta tarea, Unwin (1995), asevera:

Un intento alternativo de ofrecer una base sólida a la geografía, que le permita ocupar el nivel más elevado de esfuerzo intelectual es afirmar que las piezas que conforman la investigación geográfica son la localización, posición, distancia y área, y que pueden combinarse para construir la geografía regional y demostrar su carácter distintivo del lugar la tarea real es identificar los problemas geográficos, cuestiones del hombre y del medio dentro de las regiones; no problemas de la geomorfología o historia, de la economía o la sociología, sino problemas geográficos; y utilizar nuestros conocimientos para aliviarlos y solucionarlos (p.261).

- *Metageografía*. El prefijo *meta*, significa “más allá de”, “después de”. La geografía como ciencia sistémica e integradora debe traspasar sus limitaciones actuales. La *metageografía* sugiere englobar las competencias genéricas, profesionales y específicas del modelo curricular, de manera vertical y transversal con cobertura disciplinaria, interdisciplinaria y transdisciplinaria, es decir, con articulación sistemática con las demás ciencias. Así, la meta de la geografía en las prácticas de campo es la culminación de los procesos teórico-metodológicos previos, con aplicación total de su objeto de estudio y sus principios.

Para el siglo XXI, para el cambio de una geografía universal que considere su replanteamiento epistémico para abrirse más a otros campos del estudio del espacio de manera conjunta: interdisciplinaria, transdisciplinaria y con inclusión de las ciencias sociales y naturales con enfoque crítico. Con el nuevo compromiso de la geografía, Hiernaux y Lindon (2006), expresan:

El geógrafo Peter Gould, afirmó que el siglo XXI, sería el «siglo espacial, se evoluciona hacia una fuerte conciencia espaciotemporal, un tiempo en la conciencia de lo geográfico volverá adquirir una presencia destacada en el pensamiento humano». Los planos para la nueva conciencia son: 1)

un reposicionamiento pivotal de la geografía dentro de las ciencias sociales y las humanidades; 2) es también un replanteamiento interno de la disciplina, 3) forja de una forma renovada la participación de la disciplina en los debates de la filosofía y los métodos de las ciencias humanas.

El replanteamiento de una geografía más inclusiva y universal que considere los enfoques y los métodos de otras disciplinas, sobre todo, las sociales que por definición se articulan con la otredad, con la comprensión de los eventos humanos mediante el humanismo. El eje conductor de la *metageografía* debe ser el paradigma humanista holístico y complejo, así como el modelo constructivista con énfasis a su principio principal “aprender haciendo” y el enfoque multimétodo o multiplismo, con incursión del paradigma cualitativo. De la misma manera, la aplicación pertinente de la investigación cualitativa con sus teorías basadas en la comprensión enriquece al campo de la geografía, con lo que se aproxima a la condición holística y universal.

### **Conclusiones**

Los conceptos que surgieron de la interpretación de la información, representan una propuesta para entender y comprender mejor la manera de la aplicación de la pedagogía y la geografía, tanto en las aulas como en las prácticas de campo. Son conceptos que se derivan del bagaje epistémico de la pedagogía y la geografía, pero, con enfoque e independencia del proceso de análisis y reflexión.

La teoría fundamentada inmersa en el paradigma cualitativo en la metodología de este estudio, contribuyeron no solamente con eficacia al desarrollo de la presente investigación, sino también porque se identifican con los propósitos de la geografía, las prácticas de campo y el aprendizaje significativo, pues poseen esquemas integradores con categorías del paradigma complejo y, tienen en común el enfoque reflexivo y crítico para resolver problemas.

La teoría fundamentada es un proceso que permite las relaciones entre ideas que conducen a conceptos o teorías mediante la reflexión y el razonamiento. Es una teoría articulada con las prácticas constructivistas por lo que privilegia el saber hacer. La Geografía y la pedagogía que se desarrollan en la Facultad se enriquecen con la práctica de la teoría fundamentada.

La teoría fundamentada contribuyó para entender y comprender la manera en que desarrollan los conocimientos geográficos y educativos en el salón de clases y en las prácticas de campo. Sus lineamientos permitieron conocer mejor el trabajo de calidad y algunas deficiencias en el quehacer de la Geografía.

La teoría fundamentada es útil y versátil porque pregona ideas y conceptos que surgen del trabajo con los grupos sociales y, pueden coadyuvar para el análisis y la comprensión del espacio geográfico. El marco generalmente cualitativo de la teoría fundamentada es un vínculo con el paradigma cuantitativo, ya que la asociación conduce a procesos científicos de trascendencia.

## **Bibliografía**

Álvarez Gayou, Juan Luis (2003). *Cómo hacer investigación cualitativa, fundamentos y metodología*. México, D.F. Paidós.

Araya Palacios, Fabián Rodrigo (2006). *Didáctica de la geografía para la sustentabilidad (2005-2014)*. Revista Teoría y Didáctica de las Ciencias Sociales. Núm. 11, enero-diciembre. Disponible en: Redalyc, UAEMéx.

Augé, Marc (2000). *Los no lugares, espacios del anonimato: una antropología de la sobremodernidad*. Barcelona, España. Gedisa.

Ausubel P. David, Novak D. Joseph y Hanesian, Helen (2010). *Psicología educativa, un punto de vista cognoscitivo*. México, D.F. Trillas.

Basilachis, A. (2009). *La investigación cualitativa*. Buenos Aires, Cátedra.

Bowen, James y Hobson R., Peter (2010). *Teorías de la educación*. México, D.F. LIMUSA.

Castañeda Rincón, Javier (2006). *La enseñanza de la geografía en México, una visión histórica: 1821-2005*. Universidad Autónoma de Chapingo. Estado México.

Coll Salvador, César (2008). *El aprendizaje escolar y la construcción del conocimiento*. México, D.F. Paidós.

Esquivias Serrano, María Teresa (2004). *Creatividad: definiciones, antecedentes y aportaciones*. Universidad Anáhuac. Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey. Consultado en: Revista Digital Universitaria. 31 de enero 2004 • Volumen 5 Número 1 • ISSN: 1067-6079

Gallardo Córdova, Khatarina (2009). *La taxonomía de Marzano y Kendall: una alternativa para enriquecer el trabajo educativo*. Consultado en: [www.eca.org.mx-profesores-congreso-recursos](http://www.eca.org.mx-profesores-congreso-recursos).

- Hiernaux, Daniel y Lindón, Alicia (2006). Tratado de geografía humana. México, D.F. UAM. ANTHROPOS.
- Moral Santaella, Cristina (2010). *Didáctica, teoría y práctica de la enseñanza*. Madrid, España. Pirámide.
- Moreno Jiménez, A. y Marrón, Gaité (1996). *Enseñar geografía*. Madrid, España. Síntesis.
- Plans, Pedro y Ferrer, Manuel (1998). *Geografía física y geografía humana*. Navarra, España. EUNSA.
- Rodríguez Gómez, Gregorio (1996). *Metodología de la investigación cualitativa*.
- Sandín Esteban, María Paz (2010). *Investigación cualitativa en educación, fundamentos y tradiciones*. Madrid, España. Mc Graw Hill.
- Strauss Anselm y Corbin Juliet (1998). *Basics of qualitative research. Techniques and procedures for developing grounded theory*. Segunda edición (en inglés): Sage Publications, Inc. (United States, London, New Delhi. Traducción al español por Zimmerman, Eva (2002). Universidad de Antioquia, Colombia.
- Unwin, Tim (1995). *El lugar de la geografía*. Madrid, España. Cátedra.
- Zapata A., Oscar (2005). *Herramientas para elaborar tesis e investigaciones socioeducativas*. México, D.F. PAX México.

## Capítulo VIII

### Propuesta para la Articulación del Área Socioeconómica del Plan de Estudios “E” de la Licenciatura en Geografía de la UAEM

*Bonifacio Pérez Alcántara,  
Fernando Carreto Bernal,  
Carlos Reyes Torres*  
Facultad de Geografía UAEM.

#### Resumen

El Plan de Estudios “E” de la Licenciatura en Geografía de la UAEM, vigente desde 2003, se caracteriza por ser un plan flexible, basado en competencias, centrado en el estudiante y con un sistema de créditos (Moreno, 2005).

Para su operación y funcionamiento, el plan se estructura en tres líneas de acentuación o áreas terminales: Planeación Geográfica Integral, Riesgos e Impacto Territorial y Ordenación del Territorio; así como en cinco áreas académicas: Área Física, Socioeconómica, Metodológica, Cartográfica y el Área de Geografía Aplicada.

Este trabajo se centra en el análisis de la articulación y desarticulación de las Unidades de Aprendizaje que conforman el Área Socioeconómica, con especial atención en las de tipo obligatorio, como base para el análisis de otras áreas en el marco de la reestructuración del Plan de Estudios “E” que realiza actualmente el Comité Curricular de dicha licenciatura.

#### Introducción

En el presente trabajo se realiza una revisión crítica del Plan de Estudios “E” de la Licenciatura en Geografía (UAEM, 2003), en particular a las Unidades de Aprendizaje que integran el Área Socioeconómica, a fin de identificar algunas áreas de oportunidad para la realización de aportaciones tendientes a mejorar el contenido temático del área, el orden en que se imparten las Unidades de Aprendizaje, la congruencia en sus contenidos y la misma con otras áreas de conocimiento.

Para una mejor comprensión el trabajo se estructura en cuatro grandes apartados:

En primera instancia se precisan las Unidades de Aprendizaje (UA) que integran el Área Socioeconómica, tanto las obligatorias (que se cursan por todos y cada uno de los estudiantes) como las de carácter optativo (que se eligen por el estudiante con la asesoría del tutor, en función

de su línea de acentuación<sup>1</sup>) para valorar la secuencia de las mismas en el mapa curricular (trayectoria ideal de nueve semestres) ya sea por semestre o por núcleos de acentuación<sup>2</sup>

Una vez identificadas la UA, se revisan los objetivos del área y de las UA que la integran para conocer el nivel de articulación entre si y su congruencia. Más adelante se analizan las competencias de las mismas y su correspondencia con objetivos y contenidos, verificando su congruencia con los productos requeridos en los programas.

Al final del trabajo se sugieren algunas recomendaciones derivadas del análisis del Área Socioeconómica y las UA que la integran, con el fin de que puedan ser consideradas, en un momento determinado por el Comité de Curricular quienes a la fecha llevan un gran avance de la evaluación del Plan de estudios que en breve se habrá de reestructurar.

### **El Plan de Estudio “E” de la Carrera de Licenciado en Geografía de la UAEM, breve referente.**

Como se comentó líneas antes, el Plan de Estudios “E” de la Licenciatura en Geografía, entró en vigor en 2003 y para su funcionamiento se integra por cinco grandes áreas; la Física, la Socioeconómica, Metodológica, Geografía Aplicada y Cartográfica, sin embargo, el Área Aplicada no opera como tal más que en el documento oficial (CIEES, 2006), ya que las UA que la integran, en la realidad se ubican en otras áreas como lo veremos más adelante.

Antes que nada es conveniente señalar que el Plan de Estudios destacaba seis ámbitos de competencia del Geógrafo (Juan, 2005) para aquel entonces (Cuadro No. 1), de los cuales, el Área Socioeconómica tiene una incidencia directa en cinco de ellos, el de Desarrollo Territorial, el Social, el Político, en el Económico y el Internacional, y de forma más indirecta en materia Ambiental, donde el área física tendría un impacto mayor, aunque el carácter holístico de la Geografía permite que este profesionista insida en todos y cada uno de los ámbitos de competencia contenidos en el Plan, en mayor o menor medida.

---

<sup>1</sup> El Plan de Estudios “E” de la Licenciatura en Geografía, consta de tres líneas de acentuación o áreas terminales: Planeación Geográfica Integral, Ordenación del Territorio y Riesgos e Impacto Territorial.

<sup>2</sup> Los núcleos de acentuación son tres: el básico, que otorga al estudiante los conocimientos generales de todo profesionista debe tener; el sustantivo, que brinda el conocimiento y las competencias del campo disciplinar y el integral, que prepara al estudiante para el egreso y su vida profesional.

**Cuadro 1.** Ámbitos de competencia de los geógrafos

ÁMBITO	RETOS Y TENDENCIAS
MEDIO AMBIENTE	Investigación ambiental
	Protección del medio ambiente
	Educación ambiental
	Política ambiental
DESARROLLO TERRITORIAL	Desarrollo regional equilibrado
	Desarrollo rural
	Desarrollo urbano
	Planeación y ordenación
SOCIAL	Reducción de la marginación
	Participación y cohesión social
POLÍTICO	Identidad regional y nacional
	Eficiencia del sector público
	Protección civil
	Prevención del delito
	Desarrollo marítimo nacional
ECONÓMICO	Fortalecimiento de la posición de México en la economía internacional
	Fortalecimiento e intergración de la economía interna
INTERNACIONAL	Promoción de conocimientos internacionales
	Relaciones internacionales y seguridad nacional

**Fuente:** UAEM, 2003. Plan de Estudios “E” de la Licenciatura en Geografía, Facultad de Geografía, Toluca, México

Observando los ámbitos, así como los retos y tendencias anteriores se puede apreciar la importancia que tiene el Área Socioeconómica, en la formación de los Geógrafos, sin embargo para valorar lo anterior, más adelante se revisarán con detalle todas y cada una de las UA que integran el área incluyendo las competencias y contenidos que se promueven desde las mismas, por lo pronto conviene destacar que para atender dichos retos y tendencias, los objetivos del Plan de Estudio son los siguientes:

**Objetivo general:**

Formar un profesional en el conocimiento del espacio geográfico, para resolver problemas relacionados con la evaluación de Riesgos e Impacto Territorial, la Ordenación del Territorio, la Planeación Geográfica Integral, a través de la aplicación de los principios teórico-metodológicos de la Geografía.



**Objetivos específicos:**

- 1) Identificar diversos problemas en el contexto interdisciplinario y su solución desde una perspectiva multidisciplinaria y transdisciplinaria aplicando los diferentes principios teóricos metodológicos.
- 2) Diagnosticar los sistemas territoriales, a partir de la localización, estructura, evolución y organización de los geofactores físicos, económicos y sociales, con la finalidad de establecer su clasificación y diferenciación espacial.
- 3) Identificar y clasificar desde una perspectiva holística las diversas unidades espaciales, a través del análisis del sistema de relaciones que establecen entre sí los geofactores.
- 4) Analizar bajo un enfoque holístico y temporo-espacial las relaciones causa-efecto, presentes en los procesos naturales y socioeconómicos, identificando su origen, tendencias e intensidad de transformación.
- 5) Realizar estudios geográficos comparativos y de profundidad en los diferentes niveles territoriales: local, regional, nacional, continental y global.
- 6) Elaborar regionalizaciones y zonificaciones integrales en territorios concretos, con criterios naturales, sociales y económicos y bajo un enfoque de planeación, manejo, ordenación y desarrollo sustentable.
- 7) Aplicar criterios para el análisis espacial, mediante el uso de las nuevas tecnologías para generar mapas, como formas de expresión e investigación del quehacer geográfico, y como instrumentos de gestión para la ordenación del territorio.
- 8) Construcción de escenarios y diseño de modelos espaciales deseables y posibles para la planeación, ordenación del territorio y manejo.

En este marco, como se puede apreciar en el Cuadro 2, el Área Socioeconómica contribuye en gran medida a la formación del Geógrafo, pues con la excepción de una, todas sus UA forman parte del núcleo sustantivo, pero para ser más precisos sobre las pretensiones del área en el siguiente apartado se destacan los propósitos y UA obligatorias y optativas, que integran la Socioeconómica:

**Cuadro 2.** Distribución de créditos por núcleo de acentuación

Áreas / Núcleos	Básico			Sustantivo			Integral			Total		
	U. A.	Hrs	Cr	U. A.	Hrs	Cr	U. A.	Hrs	Cr	U. A.	Hrs	Cr
Física	2	8	16	6	26	49	-	-	-	8	34	65
Socioeconómica	-	-	-	8	32	64	1	4	6	9	36	70
Cartográfica	5	22	37	5	22	37	-	-	-	10	44	74
Metodológica	4	16	28	4	16	30	3	28	33	11	60	91
Geografía aplicada	-	-	-	1	4	7	6	24	42	7	28	49
Optativas	4	16	32	-	-	-	6	24	36	10	40	68
<b>Total</b>	<b>15</b>	<b>62</b>	<b>113</b>	<b>24</b>	<b>100</b>	<b>187</b>	<b>16</b>	<b>80</b>	<b>117</b>	<b>55</b>	<b>242</b>	<b>417</b>

**Fuente:** UAEM, 2003. Plan de Estudios “E” de la Licenciatura en Geografía. Facultad de Geografía, Toluca, México

### Propósitos y Unidades de Aprendizaje del Área Socioeconómica, en el marco del Plan de Estudios “E”

El Área Socioeconómica, objeto de este análisis, en el documento oficial plantea los siguientes propósitos:

- Realizar estudios descriptivos, analíticos e integrativos sobre la estructura de la población y su relación con el medio físico natural, presentes en los procesos naturales y socioeconómicos, identificando su origen, tendencias e intensidad de transformación.
- Analizar la organización espacial y procesos dinámicos que caracterizan al espacio rural y urbano a diferentes niveles territoriales, con la finalidad de establecer diferenciación, en concordancia con el enfoque holístico.
- Elaborar regionalizaciones y zonificaciones integrales, con criterios: físicos- naturales, sociales y económicos, bajo un enfoque de planeación, manejo, ordenación y desarrollo sustentable

Para dar cumplimiento a los mismos se integra de nueve UA obligatorias, cinco optativas básicas y 11 optativas integrales, como se muestra en el siguiente cuadro:

**Cuadro 3.** Unidades de Aprendizaje obligatorias y optativas del Área Socioeconómica

UNIDAD DE APRENDIZAJE	
UA Obligatorias	UA Optativas
Geografía de la Población	Introducción a las Ciencias Sociales (básica)
Geografía Sociopolítica	Desarrollo Humano (básica)
Geografía de México	Geografía Cultural (básica)
Geografía Urbana	Geografía Histórica (básica)
Geografía Económica Regional	Geografía Regional de México (básica)
Geografía Rural	Vulnerabilidad del Riesgo (integral 1)
Geografía Industrial	Gestión del Riesgo (integral 1)
Geografía del Comercio y los Servicios	Geografía Socioeconómica Aplicada (integral 2)

Administración de los Sistemas Territoriales	Geografía Turística (integral 2)
	Diagnostico Socioeconómico para la Ordenación del Territorio (integral 2)
	Uso del Suelo para la Ordenación del Territorio (integral 2)
	Gestión del Ordenación del Territorio (integral 2)
	Participación Social en la Ordenación del Territorio (integral 2)
	Métodos de Regionalización Socio-económica (integral 3)
	Geografía de los Sistemas Urbanos (integral 3)
	Geografía de los Sistemas Agrarios (integral 3)

**Fuente:** UAEM, 2003. Plan de Estudios “E” de la Licenciatura en Geografía. Facultad de Geografía, Toluca, México

Sin embargo, desde el punto de vista operativo, además de las anteriores se incorporan a dicha área, las UA de Regionalización Geográfica Integral, Planeación Geográfica Integral y Regionalización Cultural, del Área de Geografía Aplicada, las dos primeras de carácter obligatorio y la última como optativa integral, quedando estructurada, para fines de operación, con 11 obligatorias, cinco optativas básicas y 12 optativas integrales.

Una primera crítica es precisamente el hecho de que no se respeta la estructura oficial de las UA que integran cada área, y la Socioeconómica, al igual que el resto, operan con UA de la de Geografía Aplicada, sin que les corresponda como tal, lo que significa que hay un problema de un área que está incidiendo en las demás.

Antes de continuar, conviene destacar también que el propósito de la UA de Regionalización Geográfica Integral, es aplicar métodos que permitan elaborar regionalizaciones con bases físicas con una proyección aplicativa hacia una mejor utilización del espacio, pudiendo apreciar con ello la estrecha relación del objetivo de la UA objeto del análisis con la pretensión del área sujeta al análisis, evidenciando con ello, en parte, el alineamiento constructivo (Biggs J. , 2006) del curriculum, es decir la congruencia entre propósitos del área con los objetivos de las UA correspondientes, y decimos que en parte porque no hay una absoluta congruencia entre los mismos, o de estos con los de la carrera, toda vez que la base teórica no permea de manera explícita ninguno de estos propósitos, siendo una exigencia del Plan de Estudios para este profesionista, por otro lado, como lo veremos también, salvo Administración de los Sistemas Territoriales, todas las UA obligatorias tienen exclusivamente horas teóricas, lo que representa una clara contradicción con los propósitos del Área.

Lo anterior implica que otras áreas serían las que se encargan del sustento teórico del geógrafo y no es lógico, porque la parte socioeconómica finca sus bases de estudio en distintos argumentos

teóricos y metodológicos, desde los clásicos del análisis espacial en la perspectiva socioeconómica como Von Thünen, Alfred Weber, August Lösch, Walter Cristaller o François Perroux, solo por mencionar algunos ejemplos, hasta los contemporáneos como Ángel Bassols, Javier Delgadillo, Carlos Garrocho y Juan Campos, quienes han realizado importantes aportes en esta materia desde diferentes perspectivas, útiles para comprender las cuestiones regionales, de servicios, así como de pobreza y marginación, entre otros aspectos.

Es interesante apreciar que, de acuerdo con los propósitos ya referidos, por un lado, se motiva desde el documento oficial a que se realicen trabajos descriptivos, y aunque parezca raro es mucho más común de lo que nos imaginamos, tanto en esta como en otras áreas.

Otro aspecto relevante es el hecho de darse mayor importancia a la parte procedimental, como identificar el origen, tendencias e intensidad de transformación de la población o elaborar regionalizaciones y zonificaciones, que sin duda alguna son relevantes pero habría que analizar el contexto en el que se suscitan estas acciones o procesos y sobre qué argumentos teóricos, que si bien es cierto que algunos docentes lo hacemos a lo largo del curso, muchas veces no los plasmamos en el programa, tal vez como consecuencia de la propia omisión en los propósitos del área, pero no es una justificación válida para nadie, es muy importante que todos y cada uno de los docentes que participamos en la misma, trabajemos los fundamentos teóricos de forma implícita y explícita, a fin de evitar lagunas cuando los estudiantes realizan trabajos de mayor envergadura que inciden en cualquier problemática territorial.

### **Congruencia entre Unidades de Aprendizaje del Área Socioeconómica.**

Siendo el Plan de Estudios “E” un plan basado en competencias, es necesario revisar primero la correcta articulación entre las UA que la conforman, según los periodos en que se ofertan, los núcleos donde se ubican y las líneas de acentuación en las que inciden, para valorar su correcta articulación y más adelante verificar la congruencia entre las competencias, objetivos y contenidos que se promueven. Lo anterior derivado de que tal vez en un principio cuando el Comité Curricular correspondiente concretó dicho Plan, es posible que existiera absoluta congruencia entre los argumentos de referencia, sin embargo, con el correr de los años, mucho del trabajo de revisión y reestructuración de los programas no necesariamente ha sido de tipo colegiado, lo que podría incidir en problemas de desarticulación, vacíos o sobreposición de contenidos u otros problemas

que afecten la correcta operación y aplicación del Plan y los programas, en detrimento de la formación profesional.

Ante esta situación, es conveniente retomar las UA que integran el área y valorar primero, su correcta articulación.

Como se puede apreciar en el mapa curricular, las UA obligatorias del área que se imparten son las siguientes:

En el primer semestre Geografía de la Población, cuyo objetivo es fomentar la habilidad en el manejo de instrumentos de análisis de hechos demográficos, generando una mayor cultura y conciencia de las causas y efectos de los problemas sociodemográficos actuales y futuros de la sociedad nacional y promoviendo la discusión y reflexión del fenómeno poblacional integral en los diferentes escenarios geográficos, con énfasis en el Estado de México y en el país.

El segundo periodo no contempla ninguna UA obligatoria del Área.

En el tercer periodo se encuentra ubicada la UA de Geografía Sociopolítica con el siguiente objetivo: Conocer la organización y estructura de la sociedad y el estado a través del análisis de las relaciones sociedad-estado-naturaleza en el contexto nacional e internacional. Del mismo modo en este periodo se oferta Geografía de México y su objetivo es Analizar los diferentes paisajes del territorio nacional como resultado de la interacción entre geofactores físico – económicos – sociales a fin de identificar su problemática y oportunidades de desarrollo.

El cuarto periodo contempla dos UA más del área, Geografía Urbana y Geografía Rural, la primera plantea como objetivo: Describir y explicar el proceso de urbanización desde la perspectiva geográfica su evolución temporal y de la diferenciación espacial en consonancia con los respectivos contextos culturales, los tipos de organización social, económica y política y el nivel de desarrollo de la técnica, entre otros, la segunda de ellas (Geografía Rural) sugiere: Caracterizar la estructura y dinámica de los espacios rurales bajo diversas ópticas teórico-metodológicas, en función de sus variables naturales y socioeconómicas, con el propósito de definir su organización y su orientación.

Más adelante, en el quinto periodo, la Geografía Industrial plantea: Conocer y aplicar las teorías de localización espacial de la industria y los de análisis y desarrollo económico en estudios concretos, identificando las ventajas competitivas de la localización industrial en el contexto del

nuevo orden mundial y Geografía del Comercio y los Servicios establece: Analizar y obtener conclusiones a través de las áreas de influencia y flujos comerciales, así mismo la importancia del sector terciario como base para una gestión administrativa y toma de decisiones para su ordenamiento y planeación.

En el sexto periodo se oferta una UA; Geografía Económica Regional con el siguiente objetivo: Identificar los fundamentos de la economía política, como base para estudiar la organización espacial de las actividades económicas y su relación con la sociedad y el medio físico, con el fin de elaborar regionalizaciones y zonificaciones, con criterios naturales y económicos. Por último, en el séptimo periodo figura como obligatoria la UA de Administración de los Sistemas Territoriales, la cual plantea: Conocer los diversos sistemas de administración que permitan formular desarrollos ambientales y socioeconómicos en los sistemas territoriales.

Como se indicó desde un principio, en el documento oficial la UA de Regionalización Geográfica Integral, no figura en el Área Socioeconómica, sino en la Metodológica, pero operativamente está incorporada en la primera, por ello planteamos a continuación su objetivo y posteriormente procederemos con un breve análisis crítico de los objetivos y la congruencia entre UA por semestre. El objetivo de la UA de Regionalización Geográfica Integral es: Aplicar métodos que permitan elaborar regionalizaciones con bases físicas con una proyección aplicativa hacia una mejor utilización del espacio.

Como se puede apreciar en los objetivos anteriores de las UA, en términos generales están bien planteados, incluso poniendo especial atención en promover determinadas competencias, como fomentar la habilidad en el manejo de instrumentos de análisis o conocer la organización y estructura de la sociedad, analizar los diferentes paisajes, conocer y aplicar teorías así como aplicar métodos ya establecidos, sin embargo hay casos de UA donde los objetivos no necesariamente están bien planteados, toda vez que siendo UA del núcleo sustantivo y ya en un cuarto periodo describir el proceso de urbanización no es suficiente, aunque se pretenda también explicar, por el nivel de los estudiantes y las exigencias del núcleo es importante explicar por qué se da un fenómeno o proceso de tal o cual forma, por otro lado, identificar los fundamentos de la economía política no basta para explicar lo que ocurre con un sistema económico, de ahí que digamos que en términos generales están bien planteados los objetivos, pero sin duda alguna se requiere de mayor reflexión y análisis.

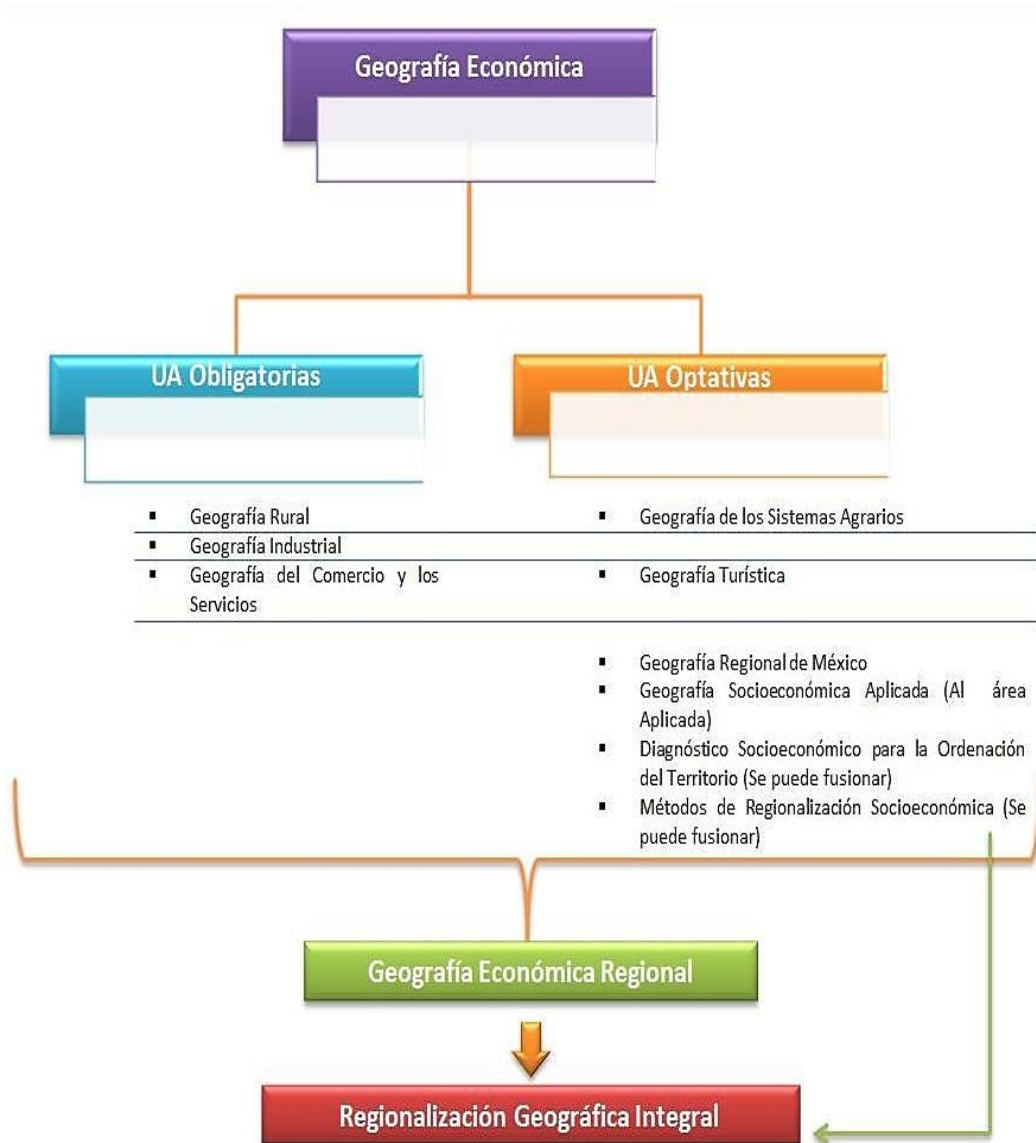
Otro punto que vale la pena analizar es la congruencia entre las UA tal como están planteadas y sugerir algunas modificaciones.

Siendo uno de los objetivos de la carrera, que el geógrafo tenga una sólida base teórica, y habiendo detectado que el Área Socioeconómica carece de ella, o al menos no se deja ver con los objetivos de la UA obligatorias, y obviamente no se analizan a profundidad las optativas porque si el estudiante decide no cursarlas, aunque su base teórica fuese adecuada, el estudiante no tendría acceso a ella, por lo tanto el análisis se centra en las obligatorias y si la teoría es débil, sería conveniente reforzar esa parte con la inclusión de una UA que otorgue los fundamentos teóricos desde un principio a los estudiantes, además de articular las UA, sus competencias y contenidos con fundamento teórico para una mejor formación.

La propuesta es la siguiente: Arrancar la secuencia del Área con una UA de Geografía Económica, que dé soporte a las UA de connotación sectorial, como la Geografía Rural, la Geografía Industrial y la del Comercio y los Servicios; la Rural apoyada con la optativa correspondiente a Sistemas Agrarios, la del Comercio y los Servicios con la optativa de Geografía Turística, seguidas todas ellas de la UA de Geografía Económica Regional y por último la de Regionalización Geográfica Integral, en la cual podría estar incorporada la de Métodos de Regionalización Socioeconómica, en lugar de ser optativa, aunque eso requeriría necesariamente modificar las horas y créditos, al fusionar dos unidades, en cuyo caso la de Regionalización Geográfica Integral tendría que ser de 6 hrs. y en lugar de siete créditos incrementar al menos a ocho. La propuesta se sustenta en el hecho de dar una mayor consistencia al área de referencia.

Las Unidades de Aprendizaje obligatorias de Geografía Industrial, Geografía del Comercio y los Servicios y Geografía Económica Regional, deberían tener una base teórica general de origen como es la Geografía Económica, que incluso, es una de las grandes divisiones de la ciencia geográfica, materia que debe ser incluida desde el primer semestre y que servirá de fundamento para el análisis de tipo más sectorial como es el caso de lo industrial, los servicios y el comercio (en el caso de las Unidades de Aprendizaje obligatorias); y para el caso de las optativas el Turismo, Geografía Socioeconómica Aplicada y Diagnóstico Socioeconómico para la Ordenación del Territorio (éstas dos últimas no tienen gran diferencia y además pertenecen al mismo núcleo de formación), donde adicionalmente se culminaría con la Unidad de Métodos de Regionalización Socioeconómica (optativa).

**Figura 1** Propuesta de Reestructuración del Área Socioeconómica

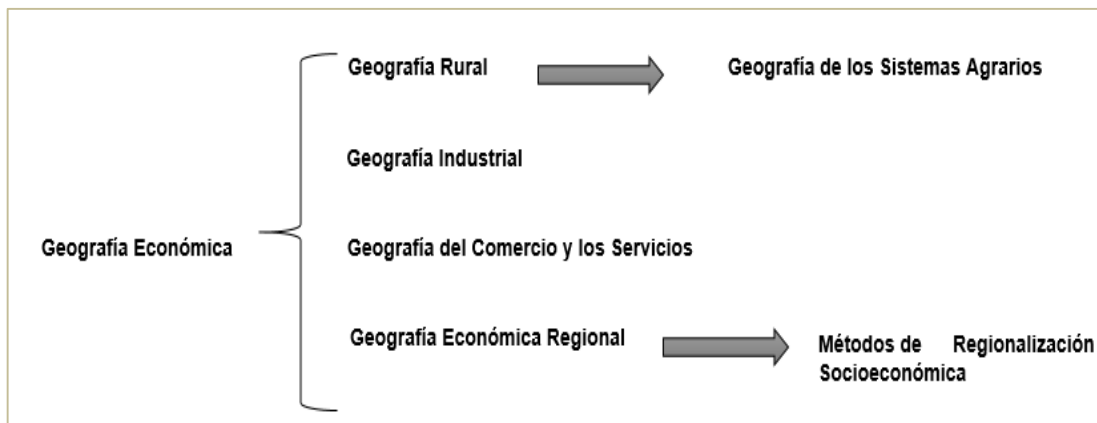


**Fuente:** Elaboración propia con base en Plan de Estudios E, de la Facultad de Geografía de la UAEM

Finalmente cabe destacar que para complementar el análisis desde la Geografía Económica, estaría ausente la Geografía del sector primario el cual puede ser abordado desde la Geografía Rural (que tiene como objetivo caracterizar la estructura y dinámica de los espacios rurales) y la unidad optativa de Geografía de los Sistemas Agrarios (Figura 2). Sin embargo se genera el problema de la modificación de los créditos en general de toda la carrera, por lo que es necesario introducir este tipo de discusiones al Comité Curricular para análisis y posible incorporación, así como la reestructuración de las trayectorias posibles de la licenciatura.



**Figura 2.** Secuencia propuesta de las unidades de aprendizaje del área socioeconómica



**Fuente:** Elaboración propia con base en Plan de Estudios E, de la Facultad de Geografía de la UAEM

Cabe destacar, en este grupo de unidades de aprendizaje, que casi la mayoría de ellas tienen una optativa que permite profundizar en el análisis de la temática, aunque para el caso de geografía industrial y del comercio y servicios, quedan truncadas al no existir optativas, aunque no es una regla que existan.

Por otro lado, hay otro grupo de Unidades de Aprendizaje que bien pueden ordenarse a partir de un tema general que sería Geografía de México, para posteriormente cursar temas más específicos como la Geografía de la Población y que sirve de pauta para analizar cuestiones más concretas en ciertos espacios del territorio, como son las ciudades analizadas dentro de la Geografía Urbana, finalizando con la Unidad de Aprendizaje de Geografía Sociopolítica unidad orientada a conocer la organización y estructura de la sociedad y el estado (Figura No. 3 continuación).

**Figura 3.** Secuencia propuesta de las unidades de aprendizaje del área socioeconómica (continuación)

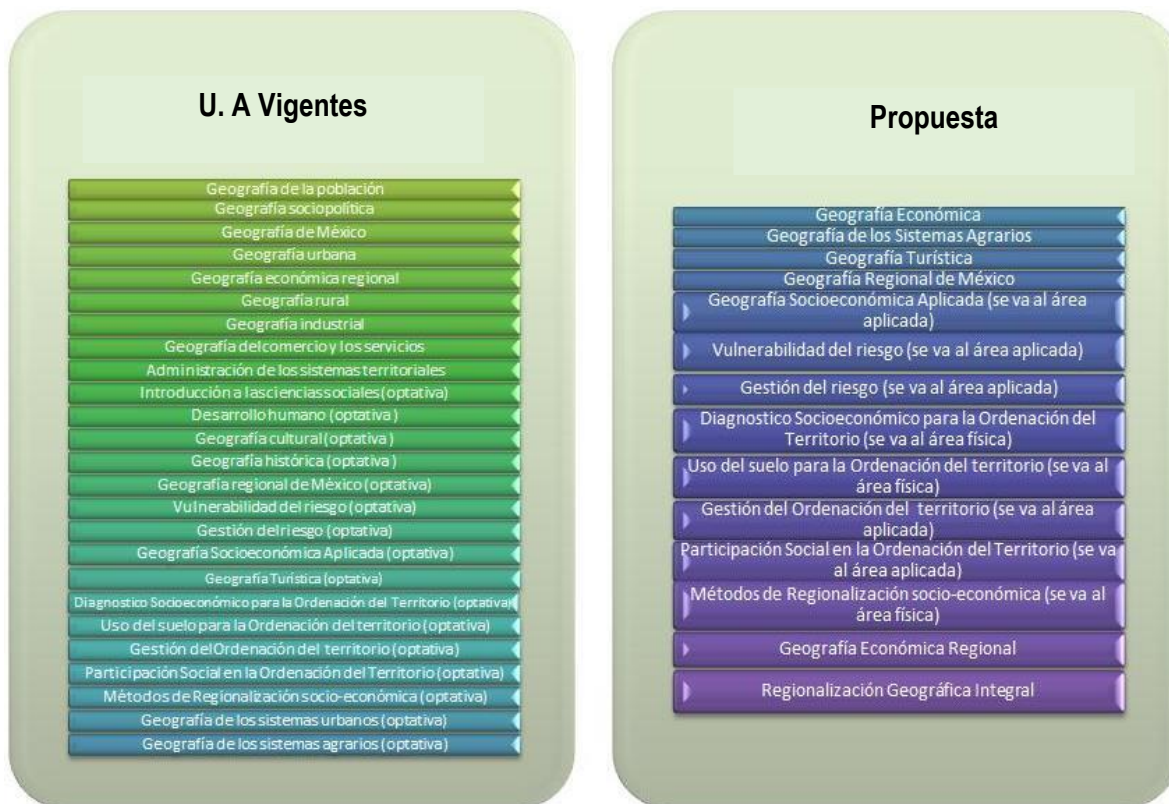


**Fuente:** Elaboración propia con base en Plan de Estudios E, de la Facultad de Geografía de la UAEM

Finalmente la Unidad Administración de los Sistemas Territoriales (obligatoria), que tiene como objetivo conocer los diversos sistemas de administración que permitan formular desarrollos ambientales y socioeconómicos en los sistemas territoriales, y las Unidades Optativas Vulnerabilidad del Riesgo, Gestión del Riesgo, Uso del Suelo para la Ordenación del Territorio, Gestión para la Ordenación del Territorio y Participación Social en la Ordenación del Territorio, parece tener más pertinencia en el área de conocimiento de Geografía Aplicada, ya que si se analiza la temática de las Unidades de Aprendizaje, son complementarias a las acciones de planeación, ordenación del territorio, por lo habría que considerarse tal observación (Cuadro No. 2), además que tal acción balancearía el contenido de las unidades de aprendizaje de las áreas de conocimiento Socioeconómica y Geografía Aplicada.

A manera de resumen en el cuadro 2 se sintetizan los cambios propuestos en las unidades de aprendizaje que conforman el área socioeconómica, mientras que en el cuadro 3 se hace la sugerencia de los cambio y orden dentro de la trayectoria de la Licenciatura.

**Cuadro 4** Propuesta para la reestructuración de las Unidades de Aprendizaje, Área Socioeconómica



**Fuente:** Elaboración propia con base en Plan de Estudios E, de la Facultad de Geografía de la UAEM

**Cuadro 5.** Trayectoria ideal de la Licenciatura en Geografía (nueve semestres), propuesta para el Área Socioeconómica

ÁREA DEL CONOCIMIENTO	PRIMER SEMESTRE	SEGUNDO SEMESTRE	TERCER SEMESTRE	CUARTO SEMESTRE	QUINTO SEMESTRE	SEXTO SEMESTRE	SÉPTIMO SEMESTRE	OCTAVO SEMESTRE
<b>SOCIOECONÓMICA</b>	Geografía de la Población		Geografía de México	Geografía urbana	Geografía del comercio y los servicios	Geografía económica regional	Administración de los sistemas territoriales	
			Geografía sociopolítica	Geografía rural	Geografía industrial			
<b>PROPUESTA SOCIOECONÓMICA</b>	Geografía Económica	Geografía de la Población	Geografía de México	Geografía Rural	Geografía Industrial	Geografía del Comercio y los Servicios	Geografía Económica Regional	Regionalización Geográfica Integral
			Geografía Sociopolítica	Geografía Urbana				
<b>GEOGRAFÍA APLICADA</b>							Geografía ambiental	Evaluación de riesgos e impacto territorial
							Ordenación del territorio	Modelos de ordenación del territorio
							Regionalización geográfica integral	Planeación geográfica integral
								Aplicación de los sistemas de información geográfica
<b>PROPUESTA GEOGRAFÍA APLICADA</b>							Geografía Ambiental	Evaluación de Riesgos e Impacto Territorial
							Ordenación del Territorio	Modelos de Ordenación del Territorio
								Planeación Geográfica Integral
								Aplicación de los Sistemas de Información Geográfica
				Desarrollo Humano Optativa 1 Integral	Geografía de los Sistemas Agrarios Geografía de los Sistemas Urbanos		Geografía Turística	

**Nota:** en noveno semestre no hay cambios, se mantiene como está en el programa, con Prácticas Profesionales y el Seminario de Investigación II

En general es posible identificar algunas oportunidades de mejora para integrar los conocimientos del área socioeconómica. A pesar de que en evaluaciones como esta, donde se solicita al profesor hacer una crítica sobre el contenido del plan de estudios y se vierten aportaciones valiosas, es necesario que este tipo de propuestas sean discutidas ampliamente en las áreas académicas y por los comités curriculares a fin de lograr un consenso y aportaciones relevantes para el desarrollo de nuestras licenciaturas.

### **Bibliografía**

Biggs, J. (2006). *Calidad en el Aprendizaje Universitario*. Madrid: Narcea.

CIEES. (2006). *Dictamen de evaluación de la Licenciatura en Geografía UAEM*. Toluca, Méx.: CIEES.

Campos A. J. (2005). *Crítica al Programa del Área Académica*. Toluca, Méx.: UAEM.

Moreno, Z. M. et. al (2005). *Bases para el Modelo de Innovación Curricular*. Toluca, Méx.: UAEM.

UAEM. (2003). *Plan de Estudios "E" de la Licenciatura en Geografía*. Toluca, Méx.: UAEM.