

# ATLAS DE LA CUENCA DEL LAGO DE CUITZEO: ANÁLISIS DE SU GEOGRAFÍA Y ENTORNO SOCIOAMBIENTAL



# ATLAS DE LA CUENCA DEL LAGO DE CUITZEO: ANÁLISIS DE SU GEOGRAFÍA Y ENTORNO SOCIOAMBIENTAL



## Compiladores

Silke Cram, Leopoldo Galicia e Isabel Israde-Alcántara

## Formación y diseño cartográfico

Celia López Miguel

## Formación y diseño editorial

Brenda Ávila Flores



Universidad Nacional  
Autónoma de México



Universidad Michoacana de  
San Nicolás de Hidalgo

## Universidad Nacional Autónoma de México

Dr. José Narro Robles  
**Rector**

Dr. Sergio M. Alcocer Martínez de Castro  
**Secretario General**

Lic. Enrique del Val Blanco  
**Secretario Administrativo**

M. en C. Javier de la Fuente Hernández  
**Secretario de Desarrollo Institucional**

M. en C. Ramiro Jesús Sandoval  
**Secretario de Servicios a la Comunidad**

Lic. Luis Raúl González Pérez  
**Abogado General**

Enrique Balp Díaz  
**Director General de Comunicación Social**

Dr. Carlos Arámburo de la Hoz  
**Coordinador de la Investigación Científica**

## Instituto de Geografía

Dra. Irasema Alcántara Ayala  
**Directora**

Dra. Silke Cram Heydrich  
**Secretaria Académica**

Biól. Armando Peralta Higuera  
**Coordinador de Vinculación**

Lic. Antonio Mancera Ponce  
**Secretario Administrativo**

## Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental

Dr. Gerardo Bocco Verdinelli  
**Director**

Dr. Antonio Vieyra Medrano  
**Secretario Académico**

Dr. Manuel Bollo Manent  
**Coordinador de Docencia**

M. en C. Estela Carmona Jiménez  
**Secretaria Técnica**

## Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo

Dra. Silvia Concepción Figueroa Zamudio  
**Rectora**

M. en C. José Napoleón Guzmán Ávila  
**Coordinador de Investigación Científica**

## Instituto de Investigaciones Metalúrgicas

Dr. Víctor Hugo Garduño Monroy  
**Jefe del Departamento de Geología y Mineralogía**

### *Atlas de la Cuenca del Lago de Cuitzeo: Análisis de su Geografía y Entorno Socioambiental*

Primera edición, octubre de 2010

**ISBN:** 978-607-02-1830-9

Derechos Reservados © 2010

Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geografía  
Circuito Exterior, Ciudad Universitaria, México D.F. Del. Coyoacán, CP 04510

Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo  
Av. Francisco J. Mujica s/n. Ciudad Universitaria. Morelia, Michoacán

Prohibida la reproducción total o parcial por cualquier medio sin la autorización escrita del titular de los derechos patrimoniales

Impreso y hecho en México

**Compiladores:** Silke Cram, Lepoldo Galicia e Isabel Israde-Alcántara

**Apoyo técnico:** Pilar Fernández Lomelín, Irene Sommer

**Cuidado editorial:** Brenda Ávila Flores, Pilar Fernández Lomelín

**Revisión cartográfica:** Atlántida Coll-Hurtado, Oralia Oropeza, Manuel E. Mendoza

**Edición y formación cartográfica:** Celia López Miguel, Ana R. Rosales Tapia

**Diseño y formación editorial:** Brenda Ávila Flores

### **Nota:**

Los datos, gráficas e imágenes de los capítulos de este atlas y la información cartográfica son responsabilidad de sus respectivos autores, y son resultado de estudios realizados en la cuenca de Cuitzeo, avalados por las instituciones correspondientes.

## Coordinadores de capítulos:

Dr. Manuel E. Mendoza

### Características Físicas

M. en C. Pilar Fernández Lomelín

### Biodiversidad

Dra. Ma. Teresa Sánchez Salazar

### Características Socioeconómicas

Dr. Luis Chías Becerril

### Infraestructura

Dra. Isabel Israde-Alcántara

### Manejo del Agua

M. en C. Irene Sommer Cervantes

### El Lago de Cuitzeo

**Recursos iconográficos:** *Diseño e iconografía Michoacán, geometrías de la imaginación.* CNCA, Dirección General de Culturas Populares, Programa Nacional de Arte Popular, Universidad Latina de América, A. C., México. 2007

**Fotografía portada:** Zoltan Vekerdy

## Agradecimientos:

Agradecemos el apoyo de la Subsecretaría de Infraestructura (SI) a través del proyecto Sistema de Información Geográfica (SIGSI) del la SI-SCT para la publicación de esta obra.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (Conacyt) por el apoyo a través del Fondo Mixto Conacyt-Gobierno Del Estado De Michoacán - MICH-2003-C01-12041 “Tendencias temporales y espaciales de la contaminación en el lago de Cuitzeo”.

A Manuel E. Mendoza por el aporte de la base topográfica que se utilizó en los mapas a escala 1:310,000 y 1:600,000 y la delimitación geográfica de la cuenca.

El Instituto de Investigaciones Metalúrgicas, UMSNH, agradece el apoyo económico de la Coordinación de Investigación Científica para la edición de esta obra.



Universidad Nacional  
Autónoma de México



Universidad Michoacana de  
San Nicolás de Hidalgo



Instituto de Investigaciones  
Metalúrgicas

# ABREVIATURAS, SIGLAS, ACRÓNIMOS, SIGNOS Y SÍMBOLOS

## Abreviaturas

<b>°C</b>	Grados centígrados
<b>a.P.</b>	Antes del Presente
<b>Al</b>	Aluminio
<b>ANP</b>	Área(s) Natural(es) Protegida(s)
<b>As</b>	Arsénico
<b>Ca</b>	Calcio
<b>ca.</b>	Alrededor, aproximadamente
<b>CCUT</b>	Cambio en la cobertura y uso del terreno
<b>Cd</b>	Cadmio
<b>CE</b>	Conductividad eléctrica
<b>cm</b>	Centímetro
<b>Co</b>	Cobalto
<b>com. pers.</b>	Comunicación personal
<b>Corg</b>	Carbono orgánico
<b>COT</b>	Carbono orgánico total
<b>Cr</b>	Cromo
<b>CT</b>	Cobertura del terreno
<b>Cu</b>	Cobre
<b>CVTM</b>	Cinturón Volcánico Transmexicano
<b>EPT</b>	Elementos potencialmente tóxicos
<b>FBI</b>	Índice Biótico de Familias
<b>Fe</b>	Hierro
<b>ha</b>	Hectárea(s)
<b>hab</b>	Habitante(s)
<b>HAP</b>	Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos
<b>Hg</b>	Mercurio
<b>IFN</b>	Inventario Forestal Nacional
<b>ind</b>	Individuo(s)
<b>IPS</b>	Índice de Polusensibilidad Específica
<b>K</b>	Potasio
<b>Ka</b>	Kiloaños (mil años)
<b>km</b>	Kilómetro
<b>L</b>	Litro
<b>m</b>	Metro
<b>M.a.</b>	Millones de años
<b>MDE</b>	Modelo Digital de Elevación
<b>mg</b>	Miligramo(s)

<b>min</b>	Minuto(s)
<b>mm</b>	Milímetro(s)
<b>Mm</b>	Millones de metros
<b>Mn</b>	Manganeso
<b>msnm</b>	Metros sobre el nivel del mar
<b>Na</b>	Sodio
<b>Ni</b>	Níquel
<b>NMP</b>	Número más probable
<b>P</b>	Fósforo
<b>Pb</b>	Plomo
<b>PEA</b>	Población económicamente activa
<b>PEL</b>	Límite de efecto probable
<b>PGRM</b>	Procesos gravitacionales de remoción de masas
<b>pH</b>	Potencial hidrógeno (grado de acidez)
<b>Pt</b>	Platino
<b>REPDA</b>	Registro Público de Derechos de Agua
<b>RNS</b>	Número relativo de susceptibilidad
<b>Sb</b>	Antimonio
<b>Se</b>	Selenio
<b>SIG</b>	Sistema de Información Geográfica
<b>Sr</b>	Estroncio
<b>TCMA</b>	Tasa de crecimiento media anual
<b>TDPA</b>	Tránsito diario promedio anual
<b>Ti</b>	Titanio
<b>ton</b>	Tonelada(s)
<b>UFC</b>	Unidades formadoras de colonias
<b>UT</b>	Uso del terreno
<b>UTM</b>	Universal Transverse Mercator (Sistema de Coordenadas Universal Transversal de Mercator)
<b>V</b>	Vanadio
<b>VACB</b>	Valor agregado censal bruto
<b>ZMM</b>	Zona Metropolitana de Morelia
<b>ZMMU</b>	Zona Metropolitana de Moreleón-Uriangato
<b>Zn</b>	Cinc

## Siglas y Acrónimos

<b>INEGI</b>	Instituto Nacional de Estadística y Geografía
<b>INIRENA</b>	Instituto de Investigaciones de Recursos Naturales
<b>CFE</b>	Comisión Federal de Electricidad
<b>UMSNH</b>	Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo
<b>SEMARNAT</b>	Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales
<b>CONAPO</b>	Consejo Nacional de Población
<b>SEDESOL</b>	Secretaría de Desarrollo Social
<b>PROFEPA</b>	Procuraduría Federal de Protección al Ambiente
<b>UNAM</b>	Universidad Nacional Autónoma de México
<b>CONAPESCA</b>	Comisión Nacional de Acuicultura y Pesca
<b>SAGARPA</b>	Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Social, Pesca y Alimentación

## Signos y Símbolos

~	Aproximadamente
%	Por ciento
°	Grados
μ	Micro
>, <	Mayor que, menor que

☸ <b>Abreviaturas, Siglas, Acrónimos, Signos y Símbolos</b>	<b>4</b>	☸ <b>Acerca de los Autores y Agradecimientos</b>	
☸ <b>Índice de Capítulos y Mapas</b>	<b>6</b>	Capítulo 1. Características Físicas	<b>286</b>
☸ <b>Presentación</b>		Capítulo 2. Biodiversidad	<b>288</b>
Dra. Irasema Alcántara Ayala	<b>13</b>	Capítulo 3. Características Socioeconómicas	<b>289</b>
M. en C. Eduardo Ríos Patrón	<b>15</b>	Capítulo 4. Infraestructura	<b>289</b>
Dr. Gerardo Bocco	<b>17</b>	Capítulo 5. Manejo del Agua	<b>290</b>
		Capítulo 6. El Lago de Cuitzeo	<b>291</b>
☸ <b>Capítulos</b>		☸ <b>Anexos</b>	
1. Características Físicas	<b>19</b>	I. Lista de Especies de Aves Registradas en la	
2. Biodiversidad	<b>75</b>	Cuenca de Cuitzeo	<b>298</b>
3. Características Socioeconómicas	<b>115</b>	II. Aves de la Cuenca del Lago de Cuitzeo	<b>303</b>
4. Infraestructura	<b>161</b>		
5. Manejo del Agua	<b>187</b>		
6. El Lago de Cuitzeo	<b>215</b>		
☸ <b>Consideraciones Finales</b>	<b>263</b>		
☸ <b>Bibliografía</b>			
Capítulo 1. Características Físicas	<b>270</b>		
Capítulo 2. Biodiversidad	<b>274</b>		
Capítulo 3. Características Socioeconómicas	<b>278</b>		
Capítulo 4. Infraestructura	<b>279</b>		
Capítulo 5. Manejo del Agua	<b>280</b>		
Capítulo 6. El Lago de Cuitzeo	<b>282</b>		

## Capítulo 1. Características Físicas

<b>1.1 Área de Estudio</b>	<b>20</b>
<i>Luis Miguel Morales Manilla</i>	
<b>1.2 Clima</b>	<b>24</b>
<i>Rosalía Vidal Zepeda</i>	
<b>1.3 Geología</b>	<b>28</b>
<i>Víctor Hugo Garduño-Monroy, Isabel Israde-Alcántara</i>	
<b>1.4 Susceptibilidad de la Inestabilidad de Laderas</b>	<b>34</b>
<i>Víctor Manuel Hernández-Madrigal, Manuel E. Mendoza, Víctor Hugo Garduño-Monroy</i>	
<b>1.5 Distribución de Cárcavas</b>	<b>38</b>
<i>Hugo Zepeda Castro, Alberto Gómez Tagle Chávez, Alberto F. Gómez Tagle Rojas, Fabricio Mariano Domínguez</i>	
<b>1.6 Suelos</b>	<b>44</b>
<i>Arcelia Cabrera González, Lenin Ejecatl Medina Orozco María Alcalá De Jesús, José Francisco Sánchez Espinoza Juan Manuel Ayala Gómez</i>	
<b>1.7 Geomorfología</b>	<b>48</b>
<i>Manuel E. Mendoza, Gerardo Bocco</i>	
<b>1.8 Cobertura Vegetal y Uso del Terreno</b>	<b>54</b>
<i>Erna López, Manuel E. Mendoza, Gerardo Bocco</i>	
<b>1.9 Complejidad Temática y Espacial en la Cobertura Vegetal y Uso del Suelo</b>	<b>60</b>
<i>Stephane Couturier</i>	
<b>1.10 Unidades Geohidrológicas de la Región de Morelia-Cuitzeo</b>	<b>66</b>
<i>Víctor Hugo Garduño-Monroy, Víctor Hugo Medina-Vega Isabel Israde-Alcántara, Víctor Manuel Hernández-Madrigal Jorge Alejandro Ávila-Olivera</i>	
<b>1.11 Hidrología y Regionalización Hidrogeográfica</b>	<b>70</b>
<i>Teodoro Carlón Allende, Manuel E. Mendoza, Erna López</i>	

## Mapas

<b>1.1 Área de Estudio</b>	
<i>1.1a - Localización de la cuenca</i>	<b>21</b>
<i>1.1b - Área de estudio: cuenca del lago de Cuitzeo</i>	<b>23</b>
<b>1.2 Clima</b>	
<i>1.2a - Hipsometría</i>	<b>25</b>
<i>1.2b - Temperatura</i>	<b>25</b>
<i>1.2c - Precipitación</i>	<b>25</b>
<i>1.2d - Clima</i>	<b>25</b>
<b>1.3 Geología</b>	
<i>1.3 - Geología</i>	<b>29</b>
<b>1.4 Susceptibilidad de la Inestabilidad de Laderas</b>	
<i>1.4a - Deslizamientos</i>	<b>35</b>
<i>1.4b - Susceptibilidad</i>	<b>36</b>
<i>1.4c - Detalle del mapa inventario de procesos gravitacionales de ladera, región Morelia</i>	<b>37</b>
<b>1.5 Distribución de Cárcavas</b>	
<i>1.5 - Cárcavas</i>	<b>41</b>
<b>1.6 Suelos</b>	
<i>1.6 - Suelos</i>	<b>45</b>
<b>1.7 Geomorfología</b>	
<i>1.7a - Hipsometría</i>	<b>49</b>
<i>1.7b - Pendientes</i>	<b>49</b>
<i>1.7c - Densidad de disección del relieve</i>	<b>50</b>
<i>1.7d - Unidades geomorfológicas</i>	<b>51</b>
<i>1.7e - Paisajes geomorfológicos</i>	<b>52</b>
<b>1.8 Cobertura Vegetal y Uso del Terreno</b>	
<i>1.8a - Vegetación y uso del suelo, 1975</i>	<b>56</b>
<i>1.8b - Vegetación y uso del suelo, 2000</i>	<b>57</b>
<i>1.8c - Uso del terreno, 2003</i>	<b>59</b>
<b>1.9 Complejidad Temática y Espacial en la Cobertura Vegetal y Uso del Suelo</b>	
<i>1.9 - Cobertura vegetal y uso del suelo</i>	<b>61</b>
<b>1.11 Hidrología y Regionalización Hidrogeográfica</b>	
<i>1.11a - Subcuencas y su agrupación en regiones hidrogeográficas, 1975</i>	<b>71</b>
<i>1.11b - Subcuencas y su agrupación en regiones hidrogeográficas, 2000</i>	<b>73</b>

## Capítulo 2. Biodiversidad

<b>2.1 Flora de la Cuenca</b>	<b>76</b>
<i>Jerzy Rzedowski</i>	
<b>2.2 Recursos Forestales</b>	<b>80</b>
<i>Xavier Madrigal Sánchez</i>	
<b>2.3 Insectos y Arácnidos</b>	<b>84</b>
<i>Javier Ponce Saavedra, Ana F. Quijano Ravell</i>	
<b>2.4 Insectos Acuáticos de los Ríos</b>	<b>88</b>
<i>Catherine Mathuriau, Susana Herrejón Escutia</i>	
<b>2.5 Peces</b>	<b>92</b>
<i>Martina Medina Nava, Juan Manuel Ortega Rodríguez</i>	
<b>2.6 Anfibios y Reptiles</b>	<b>96</b>
<i>Uri Omar García-Vázquez, Oscar Alberto Flores Villela</i>	
<b>2.7 Avifauna</b>	<b>98</b>
<i>Laura E. Villaseñor Gómez, J. Fernando Villaseñor Gómez</i>	
<b>2.8 Ecología Espacial de las Aves</b>	<b>102</b>
<i>Jorge E. Schondube, Ian MacGregor-Fors, Lorena Morales-Pérez, Erna López, Manuel E. Mendoza</i>	
<b>2.9 Mamíferos Silvestres</b>	<b>108</b>
<i>Arturo Núñez Garduño</i>	
<b>2.10 Áreas Naturales Protegidas</b>	<b>110</b>
<i>Rocío Aguirre López, Neyra Sosa Gutiérrez</i>	

## Mapas

<b>2.1 Flora de la Cuenca</b>	
<i>2.1a - Sectores más explorados en cuanto a su flora</i>	<b>76</b>
<i>2.1b - Áreas de urgente protección ecológica</i>	<b>78</b>
<b>2.4 Insectos Acuáticos de los Ríos</b>	
<i>2.4 - Abundancia relativa de los principales órdenes (&gt;1%) de insectos acuáticos</i>	<b>89</b>
<b>2.5 Peces</b>	
<i>2.5 - Panorama general de la distribución de los peces en la cuenca de Cuitzeo</i>	<b>93</b>
<b>2.7 Avifauna</b>	
<i>2.7 - Avifauna</i>	<b>99</b>
<b>2.8 Ecología Espacial de las Aves</b>	
<i>2.8a - Distribución espacial de la riqueza de especies de aves en la cuenca de Cuitzeo</i>	<b>103</b>
<i>2.8b - Distribución espacial de la abundancia de aves en la cuenca de Cuitzeo</i>	<b>105</b>
<b>2.10 Áreas Naturales Protegidas</b>	
<i>2.10 - Áreas Naturales Protegidas a nivel cuenca y estatal</i>	<b>111</b>



## Capítulo 3. Características Socioeconómicas

<b>3.1 Reflejo de la Cultura</b>	<b>116</b>
<i>María del Carmen Carreón Nieto</i>	
<b>3.2 Situación Social</b>	<b>118</b>
<i>María Teresa Sánchez Salazar, José María Casado Izquierdo</i>	
<b>3.3 Población Económicamente Activa Ocupada Según Nivel de Ingreso</b>	<b>126</b>
<i>María Teresa Sánchez Salazar, José María Casado Izquierdo</i>	
<b>3.4 Actividades Económicas</b>	<b>130</b>
<i>María Teresa Sánchez Salazar, José María Casado Izquierdo</i>	
<b>3.5 Migración</b>	<b>134</b>
<i>Clemencia Santos Cerquera, Enrique Pérez Campuzano</i>	
<b>3.6 Sector Pesquero</b>	<b>140</b>
<i>María Teresa Sánchez Salazar, José María Casado Izquierdo</i>	
<b>3.7 Manejo Agrícola</b>	<b>144</b>
<i>María Teresa Sánchez Salazar, José María Casado Izquierdo</i>	
<b>3.8 Manejo Ganadero</b>	<b>150</b>
<i>María Teresa Sánchez Salazar, José María Casado Izquierdo</i>	
<b>3.9 Manejo Forestal</b>	<b>156</b>
<i>María Teresa Sánchez Salazar, José María Casado Izquierdo</i>	

## Mapas

<b>3.2 Situación Social</b>	<b>119</b>
<i>3.2 - Marginación a nivel municipal y localidad</i>	
<b>3.3 Población Económicamente Activa Ocupada Según Nivel de Ingreso</b>	<b>127</b>
<i>3.3 - Población económicamente activa ocupada según nivel de ingreso por localidad, 2000</i>	
<b>3.4 Actividades Económicas</b>	<b>131</b>
<i>3.4 - Orientación sectorial de la economía municipal, 2003-2005</i>	
<b>3.5 Migración</b>	<b>135</b>
<i>3.5a - Balance neto migratorio, 1995-2000</i>	
<i>3.5b - Porcentaje de población inmigrante por municipio, 2000-2005</i>	<b>137</b>
<i>3.5c - Porcentaje de población inmigrante internacional por municipio, 2000-2005</i>	<b>139</b>
<b>3.6 Sector Pesquero</b>	<b>141</b>
<i>3.6 - Valor Agregado Censal Bruto en el sector pesquero, 2003</i>	
<b>3.7 Manejo Agrícola</b>	<b>145</b>
<i>3.7 - Valor de la producción agrícola por cultivo, 2005</i>	
<b>3.8 Manejo Ganadero</b>	<b>151</b>
<i>3.8 - Valor de la producción ganadera por municipio por tipo de producto, 2005</i>	
<b>3.9 Manejo Forestal</b>	<b>157</b>
<i>3.9 - Valor de la producción forestal maderable y no maderable, 2005</i>	

## Capítulo 4. Infraestructura

<b>4.1 Urbanización</b>	<b>162</b>
<i>Irma Escamilla Herrera, Adrián Guillermo Aguilar</i>	
<b>4.2 Disponibilidad de Drenaje y Agua en la Vivienda</b>	<b>166</b>
<i>María Teresa Sánchez Salazar, José María Casado Izquierdo</i>	
<b>4.3 Actividades Secundarias y Terciarias</b>	<b>170</b>
<i>María Teresa Sánchez Salazar, José María Casado Izquierdo</i>	
<b>4.4 Infraestructura Vial</b>	<b>174</b>
<i>Luis Chías Becerril, Brenda Alcalá Escamilla, María de Lourdes Hermsillo Plascencia, Héctor Daniel Reséndiz López</i>	
<b>4.5 Ubicación y Caracterización Geológica Ambiental de Tiraderos</b>	<b>180</b>
<i>Isabel Israde-Alcántara, Otoniel Buenrostro Delgado, Víctor Manuel Hernández-Madrigal, Víctor Hugo Garduño Monroy</i>	

### Mapas

<b>4.1 Urbanización</b>	
<i>4.1a - Clasificación de población por rango-tamaño, 2005</i>	<b>163</b>
<i>4.1b - Crecimiento poblacional, 1990-2000</i>	<b>164</b>
<i>4.1c - Crecimiento poblacional, 2000-2005</i>	<b>165</b>
<b>4.2 Disponibilidad de Drenaje y Agua en la Vivienda</b>	
<i>4.2a - Características de la disponibilidad de agua en la vivienda por municipio, 2005</i>	<b>166</b>
<i>4.2b - Características del drenaje en la vivienda por municipio, 2005</i>	<b>167</b>
<b>4.3 Actividades Secundarias y Terciarias</b>	
<i>4.3 - Valor Agregado Censal Bruto de las actividades secundarias y terciarias, 2003</i>	<b>171</b>
<b>4.4 Infraestructura Vial</b>	
<i>4.4a - Red de carretera de la cuenca del lago de Cuitzeo</i>	<b>175</b>
<i>4.4b - Isócronas</i>	<b>176</b>
<i>4.4c - Densidad de población por isócrona</i>	<b>177</b>
<i>4.4d - Tiempos medios de recorrido</i>	<b>178</b>
<b>4.5 Ubicación y Caracterización Geológica Ambiental de Tiraderos</b>	
<i>4.5 - Caracterización geológica ambiental y ubicación de tiraderos</i>	<b>181</b>

## Capítulo 5. Manejo del Agua

<b>5.1 Agua Subterránea</b>	<b>188</b>
<i>Liliana Andrea Peñuela Arévalo, José Joel Carrillo-Rivera</i>	
<b>5.2 Usos del Agua Superficial y Subterránea</b>	<b>192</b>
<i>Alba Esmeralda Zarco Arista</i>	
<b>5.3 Calidad del Agua Subterránea</b>	<b>196</b>
<i>Alba Esmeralda Zarco Arista</i>	
<b>5.4 Calidad del Agua Superficial</b>	<b>198</b>
<i>Alba Esmeralda Zarco Arista</i>	
<b>5.5 Descargas de Aguas Residuales</b>	<b>202</b>
<i>Alba Esmeralda Zarco Arista</i>	
<b>5.6 Evaluación de la Calidad del Agua de los Ríos con la DQO y la DBO<sub>5</sub></b>	<b>206</b>
<i>Catherine Mathuriau, Susana Herrejón Escutia, Juan Rangel Camarena</i>	
<b>5.7 Evaluación de la Calidad del Agua de los Ríos con Bioindicadores</b>	<b>210</b>
<i>Catherine Mathuriau, Isabel Israde-Alcántara, Susana Herrejón Escutia, Manuel Maass Moreno</i>	

### Mapas

<b>5.1 Agua Subterránea</b>	
<i>5.1 - Agua subterránea, localización de pozos y manantiales</i>	<b>191</b>
<b>5.2 Usos del Agua Superficial y Subterránea</b>	
<i>5.2a - Volumen y usos del agua superficial</i>	<b>192</b>
<i>5.2b - Volumen y usos del agua subterránea</i>	<b>193</b>
<b>5.3 Calidad del Agua Subterránea</b>	
<i>5.3 - Concentración de bicarbonatos, sulfatos, sodio y cloruros en el agua subterránea</i>	<b>197</b>
<b>5.4 Calidad del Agua Superficial</b>	
<i>5.4 - Calidad del agua superficial</i>	<b>199</b>
<b>5.5 Descargas de Aguas Residuales</b>	
<i>5.5a - Procedencia y volumen de las descargas</i>	<b>204</b>
<i>5.5b - Composición de las descargas industriales</i>	<b>204</b>
<i>5.5c - Composición de las descargas agropecuarias y municipales</i>	<b>205</b>
<b>5.6 Evaluación de la Calidad del Agua de los Ríos con la DQO y la DBO<sub>5</sub></b>	
<i>5.6a - Calidad del agua con base en la DQO</i>	<b>206</b>
<i>5.6b - Calidad del agua con base en la DBO<sub>5</sub></i>	<b>207</b>
<b>5.7 Evaluación de la Calidad del Agua de los Ríos con Bioindicadores</b>	
<i>5.7a - Calidad biológica del agua con base en la utilización del FBI</i>	<b>212</b>
<i>5.7b - Calidad biológica del agua con base en la utilización del IPS</i>	<b>213</b>

## Capítulo 6. El Lago de Cuitzeo

<b>6.1 Evolución del Lago en los Últimos 100 Mil Años</b>	<b>216</b>
<i>Isabel Israde-Alcántara, Rodrigo Velázquez Durán, Ma. Socorro Lozano García, Víctor Hugo Garduño Monroy, Rosario Ortega Murillo, Gabriela Domínguez Vázquez</i>	
<b>6.2 Dinámica del Lago</b>	<b>220</b>
<i>Zoltan Vekerdy, Manuel E. Mendoza</i>	
<b>6.3 Algas, Zooplancton y Macroinvertebrados</b>	<b>224</b>
<i>María del Rosario Ortega-Murillo, Reyna Alvarado-Villanueva, Isabel Israde-Alcántara, Marbella Ojeda-Arredondo, Juan Diego Sánchez-Heredia, Gabriel Soria-Luna, Ivón Martínez-Sánchez, Isi Yadira Pompa-López, María Araceli Martínez Pantoja</i>	
<b>6.4 Dinámica Poblacional Bacteriana</b>	<b>230</b>
<i>Iris Pedraza Agustin, Ruth Alfaro Cuevas-Villanueva, Rodolfo Farías Rodríguez, Raúl Cortés Martínez, Juan Manuel Sánchez Yáñez</i>	
<b>6.5 Flora del Lago</b>	<b>234</b>
<i>Rodrigo Velázquez-Durán</i>	
<b>6.6 Tendencias Espaciales de la Contaminación</b>	<b>238</b>
<b>a. Distribución de Elementos Geogéneos al Interior del Lago</b>	<b>239</b>
<i>Irene Sommer Cervantes, Pilar Fernández Lomelín, Carlos Díaz Ávalos, Claudia Ponce de León Hill, Verónica Becerra, Silke Cram Heydrich</i>	
<b>b. Elementos Contaminantes a Nivel Cuenca</b>	<b>242</b>
<i>Silke Cram Heydrich, Irene Sommer Cervantes, Claudia Ponce de León Hill, Pilar Fernández Lomelín, Catherine Mathuriau, Isabel Israde-Alcántara, Verónica Becerra</i>	
<b>c. Elementos Contaminantes al Interior del Lago</b>	<b>246</b>
<i>Pilar Fernández Lomelín, Irene Sommer Cervantes, Claudia Ponce de León Hill, Carlos Díaz Ávalos, Verónica Becerra, Silke Cram Heydrich</i>	
<b>6.7 Características Socioeconómicas de las Zonas Ribereñas</b>	
<b>a. Manejo del Tule</b>	<b>250</b>
<i>Celia Franco Gaona, Silke Cram Heydrich, Leopoldo Galicia</i>	

<b>b. Actividad Pesquera</b>	<b>252</b>
<i>Celia Franco Gaona, Silke Cram Heydrich, Leopoldo Galicia</i>	
<b>c. Prácticas Agrícolas en Áreas Ejidales</b>	<b>256</b>
<i>Celia Franco Gaona, Silke Cram Heydrich, Leopoldo Galicia</i>	
<b>d. Prácticas Ganaderas</b>	<b>260</b>
<i>Celia Franco Gaona, Silke Cram Heydrich, Leopoldo Galicia</i>	

### Mapas

<b>6.2 Dinámica del Lago</b>	
<i>6.2 - Batimetría del lago de Cuitzeo</i>	<b>221</b>
<b>6.5 Flora del Lago</b>	
<i>6.5 - Tipos de vegetación en el lago de Cuitzeo</i>	<b>235</b>
<b>6.6 Tendencias Espaciales de la Contaminación</b>	
<b>a. Distribución de Elementos Geogéneos al Interior del Lago</b>	
<i>6.6a1 - Valores de pH</i>	<b>241</b>
<i>6.6a2 - Contenidos de arcilla</i>	<b>241</b>
<i>6.6a3 - Concentración de hierro</i>	<b>241</b>
<i>6.6a4 - Concentración de aluminio</i>	<b>241</b>
<b>b. Elementos Contaminantes a Nivel Cuenca</b>	
<i>6.6b1 - Concentración de arsénico</i>	<b>242</b>
<i>6.6b2 - Concentración de cinc</i>	<b>243</b>
<i>6.6b3 - Concentración de plomo</i>	<b>244</b>
<i>6.6b4 - Concentración de cobre</i>	<b>244</b>
<i>6.6b5 - Concentración de cadmio</i>	<b>245</b>
<i>6.6b6 - Concentración de níquel</i>	<b>245</b>
<b>c. Elementos Contaminantes al Interior del Lago</b>	
<i>6.6c1 - Conductividad eléctrica</i>	<b>247</b>
<i>6.6c2 - Contenido de carbono orgánico</i>	<b>247</b>
<i>6.6c3 - Concentración de arsénico</i>	<b>247</b>
<i>6.6c4 - Concentración de cinc</i>	<b>247</b>
<b>6.7 Características Socioeconómicas de las Zonas Ribereñas</b>	
<b>b. Actividad Pesquera</b>	
<i>6.7b - Distribución de las especies pesqueras</i>	<b>253</b>

Imagen: Sitio aledaño a la autopista federal 15 y el poblado Estación Queréndaro.



Fotografía: Vanessa Garrido Hernández

La formulación e implementación de políticas ambientales y de desarrollo urbano consideran un balance entre la protección de los recursos naturales y el desarrollo económico-regional, por lo que es necesario compilar y analizar la información relacionada con los aspectos físicos, biológicos, económicos, sociales, demográficos y culturales de un territorio, que sirvan para su entendimiento y ordenamiento. Dicha información debe estar disponible de manera continua y de ser posible, incluir, entre otros, datos acerca del valor y de la protección de determinadas áreas, además de aspectos sobre la sensibilidad o vulnerabilidad de los ecosistemas ante las actividades antrópicas a los que están sujetos. Para esto, se requiere del uso de mapas, que son representaciones geográficas en imágenes que sintetizan la realidad y permiten explicar las causas y consecuencias de la conformación de un territorio específico.

Un atlas, definido como una colección de información sistematizada y estandarizada de diferentes temáticas que representa a un territorio y a uno o varios fenómenos geográficos, es una herramienta útil para el análisis de las problemáticas de deterioro ambiental y su manifestación espacial. Es por ello que el *Atlas de la Cuenca del Lago de Cuitzeo*, integra datos básicos relacionados con los aspectos del medio físico, social, económico y las formas de aprovechamiento de los recursos del área.

Investigadores de diversas entidades académicas que han trabajado en la cuenca en diferentes temas que conciernen a la región, participaron en la elaboración de esta herramienta con el objetivo de que constituya un sistema de información geográfica, útil en el seguimiento de acciones que lleven a la utilización sustentable del entorno geográfico.

El Atlas está constituido por 6 capítulos: el primero y segundo describen el medio físico y biológico, por ser la base sobre la cual se desarrollan las actividades socioeconómicas; el tercero y cuarto hacen referencia a las acciones humanas sobre el uso de los recursos y del entorno; el quinto aborda el manejo del agua en cuanto a su aprovechamiento, calidad y destinos de las descargas; y el sexto capítulo presenta información específica sobre la ribera del lago de Cuitzeo, receptor final de muchos de los procesos de la cuenca y en el que se reflejan las dinámicas naturales y las actividades antrópicas, tanto del uso de los recursos como de las políticas ambientales.

En cada capítulo del Atlas se expone el objetivo del tema y la metodología, y la mayoría presenta uno o más mapas, describiendo la distribución espacial, su utilidad como instrumento de análisis y soporte para la toma de decisiones, y la base para el aprovechamiento racional y conservación de los recursos regionales.

Casi toda la información cartográfica del medio físico se presenta a una escala de 1:310,000 y la del medio socioeconómico a 1:450,000; en algunos casos, y por la

necesidad de presentar una mayor extensión del territorio, se utilizan escalas más grandes. Asimismo, los procesos se analizan en rangos temporales de millones de años, como los geológicos y la evolución del lago; mientras que los cambios de uso del suelo y la dinámica del lago se describen en decenas de años. También se estudian de forma más puntual los ciclos anuales de producción, como es el manejo del tule y las actividades pesquera, agrícola y ganadera.

Asimismo, fue importante incluir en el Atlas capítulos que no presentan mapas, pues ofrecen información relevante en el contexto geográfico, tal es el caso de Unidades Geohidrológicas, Mamíferos, Anfibios y Reptiles, Insectos y Arácnidos, Evolución del Lago en los Últimos 100 Mil años, entre otros.

En general, la representación espacial de la información del medio físico se analizó utilizando un límite geográfico natural como es la cuenca hidrológica, demarcación reconocible que atiende bases teóricas de funcionalidad del territorio. Este límite ha sido adoptado, tanto a nivel mundial como en México, en la gestión integral del recurso hídrico, considerando a la cuenca hidrográfica como unidad básica de administración del agua.

Por otro lado, en la expresión de las características socioeconómicas se utilizan límites territoriales establecidos, construidos social e históricamente, los cuales marcan también la jurisdicción política. La cuenca del lago de Cuitzeo está integrada por 19 municipios, incluidos total o parcialmente, de los cuales 17 corresponden al estado de Michoacán y dos al de Guanajuato. Sin embargo, para fines de diversos estudios, se han considerado otros municipios dada la afectación directa sobre la dinámica de la cuenca.

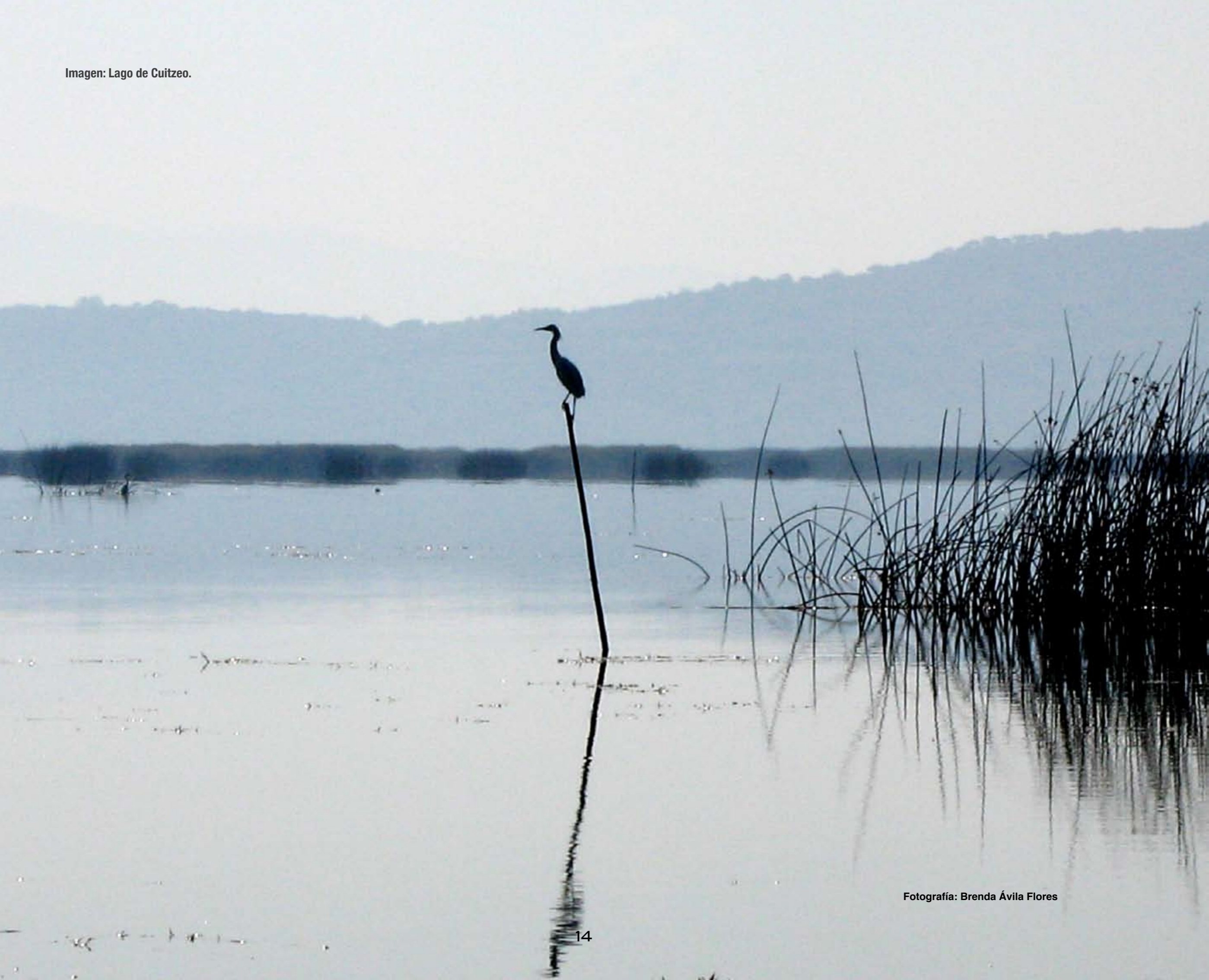
La información cartográfica sistematizada sobre las características biofísicas y socioeconómicas de los lagos en México es escasa,<sup>1</sup> por lo que es imprescindible y urgente la implementación de un formato de información espacial que funcione como un instrumento de análisis que permita la interacción continua con especialistas en diferentes áreas del conocimiento.

Así, este atlas pretende dar un primer paso para mejorar la toma de decisiones sobre la planeación integral del lago, poniendo a disposición de los usuarios de los recursos, tomadores de decisiones, directores de programas de emergencia, científicos ambientales y público en general, la información pertinente e indispensable sobre la región.

Dra. Irasema Alcántara Ayala  
**Directora del Instituto de Geografía, UNAM**

<sup>1</sup> Cotler Ávalos, H., M. Mazari Hiriart y J. de Anda Sánchez (eds.) 2006. *Atlas de la Cuenca Lerma-Chapala, Construyendo una Visión Conjunta*. SEMARNAT-INE-UNAM-IE. México, pp.46-51.

Imagen: Lago de Cuitzeo.



Fotografía: Brenda Ávila Flores

**D**e lo global a lo nacional y de lo regional a lo local es la visión que está impresa en las políticas públicas; sin embargo, la manufactura de la política ambiental requiere del matiz que dan las particularidades de una región, cuenca, municipio, ejido, comunidad o localidad con respecto a otra del país para alinear y concurrir con efectividad.

Este matiz es muy apropiado cuando se habla de la cuenca del lago de Cuitzeo, un territorio con zonas donde la dinámica poblacional ha generado amplias extensiones de terreno sin atender, pero otras donde el avance del desarrollo urbano a terrenos con vocación agrícola y forestal producen no sólo altos costos de oportunidad en términos de lo que se deja de producir o aprovechar, sino también un costo ambiental considerable por los servicios y productos que se pierden. Aprovechamiento, conservación, restauración y protección como guías del actuar económico y social se dan sólo si existe un componente geográfico, es por eso que el territorio es inseparable de la política ambiental en todas sus etapas.

Este atlas es una compilación que representa un enorme esfuerzo de especialistas que aportan su conocimiento, técnicas y metodologías de interpretación geográfica, para que el decisor técnico y ejecutivo tengan herramientas apropiadas y de calidad que generen estrategias para llegar al sitio y con el programa adecuado en el momento preciso, y poder así implementar en forma más eficaz el quehacer gubernamental.

El adecuado aprovechamiento sustentable de los recursos naturales de la cuenca de Cuitzeo se mejorará con este trabajo al dar a conocer a diversos actores clave las características biofísicas de la región en el marco de los aspectos y condiciones socioambientales, identificando áreas de oportunidad perdidas al no considerar a la cuenca. Es preciso reorientar la conservación a través del conocimiento de su red hidrológica, de la relación e importancia del lago con la vida en la

cuenca y de las respuestas que se han dado para proteger a la flora y fauna de la región. La restauración ambiental como actividad necesaria para recuperar el recurso natural ya degradado es una actividad dispersa, por lo que la información geográfica permitirá al sector gubernamental identificar con toda precisión dónde es fundamental invertir en restauración y dónde en conservación y protección, y así impactar en mayor medida y más rápido.

El Atlas es un insumo básico para la evaluación de la política ambiental, la generación de nuevo conocimiento y la orientación y direccionamiento del esfuerzo interinstitucional. Este libro es inédito ya que reúne una gran diversidad de temas duales: Cuitzeo y su cuenca, agua y población, vida y recursos naturales. Además, se le considera loable, pues requirió de un esfuerzo interinstitucional e interdisciplinario de muchas personas que han decidido compartir para crear y construir. Es necesario entonces, que dicha información sea usada en las decisiones, análisis y el logro del bien común que es y debe ser la razón de ser del servidor público. No hay mejor agradecimiento a los investigadores y académicos que comparten su información con el público en general que la acción derivada del uso de la misma.

Con esta herramienta de consulta se ha logrado vincular al sector académico con el gubernamental a fin de que el conocimiento, a través de la acción de gobierno, pueda apoyar al compromiso social que la investigación científica debe siempre tener, y que el habitante de esta maravillosa cuenca aprecie, valore, respete cada día más el entorno en el que vive y sepa que es un actor elemental en el paradigma hacia el desarrollo sustentable, estado que ha de dirigirse la cuenca donde reside el segundo vaso lacustre más grande de México: el lago de Cuitzeo.

M. en C. Eduardo Ríos Patrón  
**Unidad de Planeación y Política Ambiental**  
**SEMARNAT, Michoacán**





**E**l Atlas de la Cuenca del Lago de Cuitzeo complementa una serie de trabajos científicos y diversos esfuerzos por comprender su dinámica ambiental e intervenir en los lineamientos de política pública que pueden servir para regular el desarrollo sustentable en su territorio. Desde hace más de 40 años se ha venido estudiando el lago y su cuenca desde diversas perspectivas: limnológica, paleoambiental, geomorfológica, hidrológica y del uso del suelo, entre otras.<sup>1</sup> Ello ha contribuido a disponer de un conocimiento razonable para una región que encierra a una ciudad capital que se acerca al millón de habitantes –Morelia–, y a un entramado de asentamientos humanos de varias dimensiones, cuyos habitantes disponen de los recursos naturales que se albergan tanto en el vaso como en el resto de la cuenca. Utilizan asimismo la infraestructura de diversa índole que atraviesa esta unidad fluvio-lacustre. Se trata de una de las cuencas más representativas del México central, tanto desde el punto de vista del medio biofísico como de sus actividades socioeconómicas. Asimismo, presenta un proceso que ha marcado el desarrollo de México de las últimas décadas: la migración internacional. Estas características son las que han quedado plasmadas en este Atlas.

Un atlas es un instrumento de divulgación del conocimiento de una región, con particular énfasis en la expresión geográfica del mismo. Ése es su mérito y su alcance. De manera adicional, otros instrumentos juegan un papel relevante en el conocimiento regional y en la toma de decisiones en cuanto al manejo de sus recursos en el territorio. Uno de ellos, tal vez de los más relevantes, es el Ordenamiento Ecológico Territorial (OET). En el caso de una cuenca (tal es el que nos ocupa), un OET se aproxima a un plan de manejo integrado de la misma.

En este sentido, conviene recordar que en junio de 2006 el gobierno del Estado de Michoacán decretó el Ordenamiento del Lago de Cuitzeo (Imagen A), con el auspicio de la Secretaría de Urbanismo y Medio Ambiente estatal, misma que condujo los talleres requeridos y la entonces Unidad Académica del Instituto de Geografía de la UNAM (hoy Centro de Investigaciones en Geografía ambiental, CIGA-UNAM, Campus Morelia), cuyos académicos proporcionaron las bases técnicas necesarias para desarrollar las etapas del OET.<sup>2</sup> El estudio técnico del

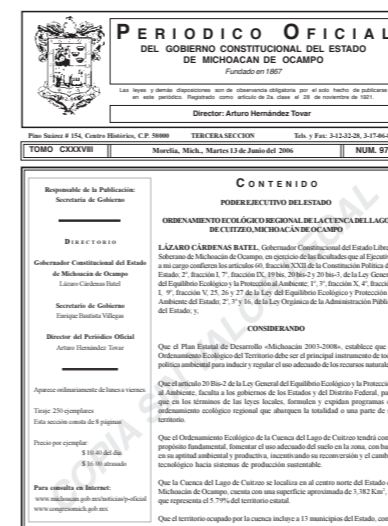
Ordenamiento Ecológico de la Cuenca del Lago de Cuitzeo revela la intensidad del uso de suelo por parte de los sectores productivos de la región, así como las áreas que requieren de atención prioritaria para el mantenimiento de los bienes y servicios ambientales que proporciona.

El documento concluye señalando que es importante controlar el cambio de uso del suelo en la cuenca debido a que se da principalmente en ecosistemas que aún conservan cierta integralidad en sus funciones, tal es el caso de áreas forestales y cuerpos de agua, cuyo valor para las poblaciones de la cuenca es vital.

El Modelo de Ordenamiento Ecológico propuesto estuvo encaminado a hacer el mejor uso y ocupación del territorio; su principal función es la de dirigir las políticas públicas hacia las zonas que requieren la implementación de programas específicos para su aprovechamiento, conservación, protección o restauración. Asimismo constituye la base para la toma de decisiones de los distintos sectores productivos de la cuenca, ya que su elaboración se basó tanto en información científica como en el consenso entre sectores. Ello minimizará los conflictos ambientales y favorecerá el desarrollo integral y sustentable de la región.

Dr. Gerardo Bocco

Director Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental, UNAM



**Imagen A. Periódico Oficial del Gobierno Constitucional del Estado de Michoacán de Ocampo con el decreto del Ordenamiento Ecológico Regional de la Cuenca del Lago de Cuitzeo. 13 de junio de 2006.**

1 La Investigación Ambiental en la Cuenca del Lago de Cuitzeo: Una Revisión de la Bibliografía Publicada. Gerardo Bocco, Erna López Granados y Manuel E. Mendoza. En prensa. CIGA-UNAM-INIFAP. Morelia, Mich. Se trata de un capítulo de un libro resultado de un simposio sobre la cuenca del lago de Cuitzeo, Morelia, 2008, coordinado por M. Mendoza (UNAM) y M. Bravo (INIFAP).

2 El estudio técnico se basó en las tesis doctorales de Manuel Mendoza C. y Erna López G. (disponibles en [www.ciga.unam.mx](http://www.ciga.unam.mx) o [mendoza@ciga.unam.mx](mailto:mendoza@ciga.unam.mx)). Los talleres fueron coordinados por el Biól. Alejandro Torres, con el apoyo de la Biól. Rocío Aguirre, ambos de SUMA ([www.michoacan.gob.mx](http://www.michoacan.gob.mx)).



# 1

## CARACTERÍSTICAS FÍSICAS



Fotografía: Zoltan Vekerdy

## Área de Estudio

Luis Miguel Morales Manilla

El lago de Cuitzeo se localiza entre los paralelos 19°53'15" y 20°04'30" de latitud norte y los meridianos 100°50'20" y 101°19'30" de longitud oeste, a una altitud aproximada de 1,830 msnm. Su ubicación dentro de la región fisiográfica conocida como Sistema Volcánico Transversal, en la zona centro-sur de México, favorece su origen debido a la obstrucción del drenaje superficial por la formación de volcanes, pero también se debe a la presencia de fallas geológicas activas de longitud considerable y dirección predominante este-oeste. El lago de Cuitzeo y su cuenca se encuentran ubicados en los límites de los estados de Michoacán y Guanajuato. La extensión de la cuenca es de aproximadamente 4,000 km<sup>2</sup>, de los cuales la mayor parte corresponde a Michoacán. La extensión promedio del lago, incluyendo zonas de inundación (Mapa 1.1a), es de aproximadamente 400 km<sup>2</sup> (Bravo *et al.*, 2008).

Si bien, algunas cuencas de lagos poseen una salida, normalmente las del tipo lacustre son cerradas o endorreicas, como es el caso del lago de Cuitzeo, en la que el drenaje superficial se concentra en la porción más baja de la cuenca, en el norte de la misma, formando un cuerpo de agua cuya extensión varía dependiendo de factores tanto naturales como antrópicos. El agua contenida en el lago proviene de los escurrimientos superficiales de la cuenca, principalmente de los ríos Grande de Morelia, Queréndaro y Zinapécuaro, del agua de lluvia que precipita directamente sobre el lago, y de manantiales de aguas termales que se encuentran dentro y en los alrededores del mismo. Las únicas salidas naturales del agua son las causadas por la evaporación y los aportes a acuíferos. Sin embargo, durante una época el lago contó con una salida artificial en la parte norte, a través de la cual se drenaba el agua cuando estaba muy lleno (Galindo, 2005). El dren La Cinta y el canal se construyeron durante la época colonial para comunicar al lago con la laguna de Yuriria (Martínez, 2002). Las continuas sequías que afectaron al lago generaron que el dren La Cinta fuera bloqueado por los pescadores en 1988 (Valdivia *et al.*, 1996).

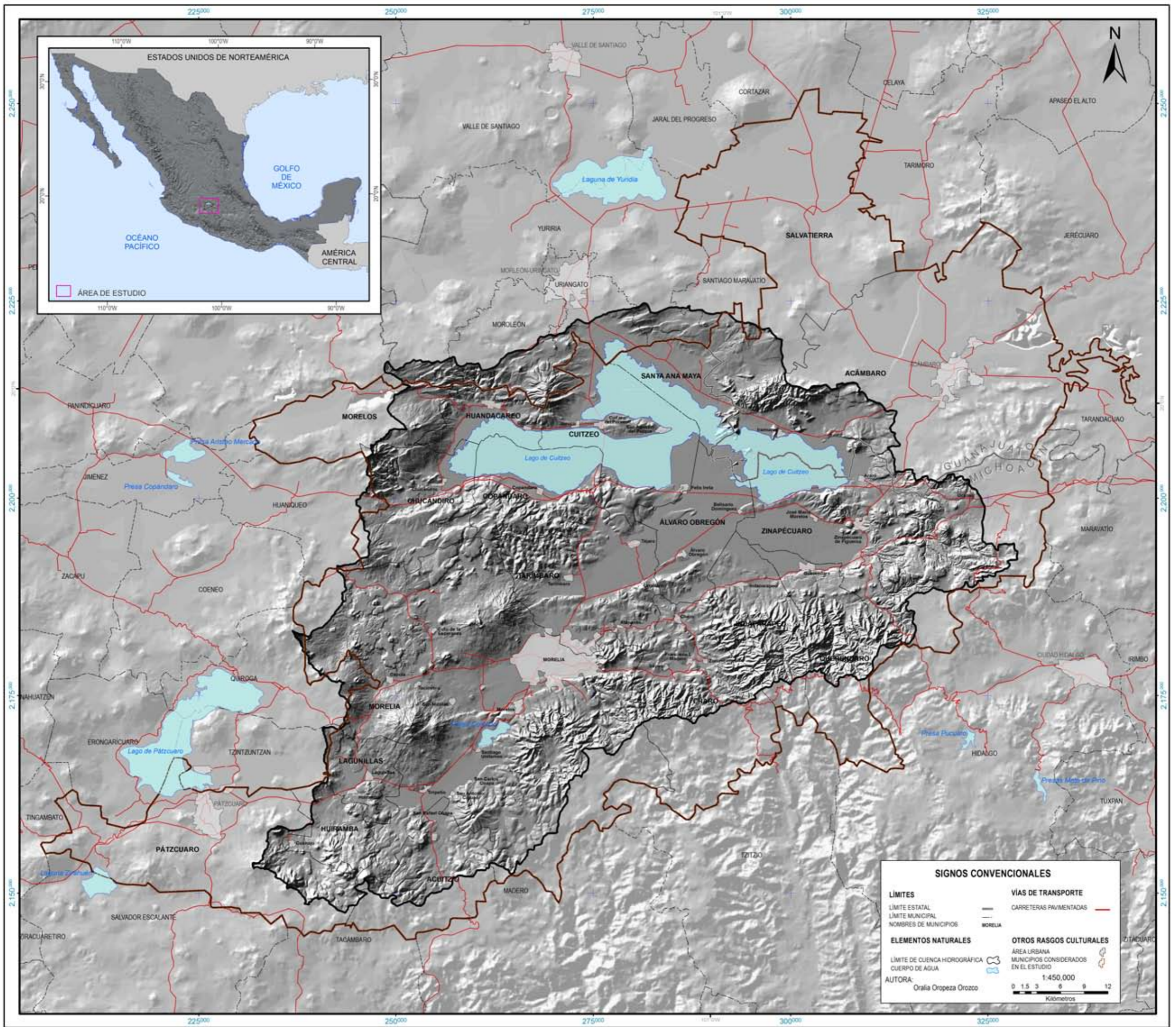
El volumen medio anual de agua en el lago alcanza los 255 millones de metros cúbico (Mm<sup>3</sup>), el volumen de agua promedio por escurrimiento que recibe en un año es de 456 Mm<sup>3</sup> y la evaporación es de 766 Mm<sup>3</sup>; con lo que el déficit lluvia/evaporación es de 310 Mm<sup>3</sup> (CONABIO, 2008).

Por su extensión, el lago de Cuitzeo es el segundo cuerpo de agua de origen natural más grande de la República Mexicana, solamente superado por el de Chapala. Sin embargo, esta condición podría perderse relativamente pronto si los procesos de desecación del lago y de azolvamiento en menor medida, continúan de forma acelerada. Si esto llegara a ocurrir, el lago de Pátzcuaro, también ubicado en el estado de Michoacán, o el de Catemaco, en Veracruz, tomarían esa posición.

El lago de Cuitzeo es un cuerpo de aguas someras y salobres. La profundidad varía dependiendo de la porción del lago; en más de un tercio de su extensión la lámina de agua llega a ser de algunos centímetros e incluso en ocasiones, estas áreas se secan. Las zonas más profundas pueden tener poco más de dos metros, aunque esto también es muy relativo debido a que en estas partes el

fondo está ocupado por sedimentos muy poco consolidados, lo que hace difícil decidir en dónde termina el agua y comienza el lecho lacustre. Estas diferencias de profundidad pueden apreciarse fácilmente en el Mapa 1.1b porque, en general, la coloración azul claro del lago indica zonas someras (unos pocos centímetros) debido a que los sedimentos reflejan fuertemente la longitud de onda de la radiación solar que corresponde a este color.

El Mapa 1.1b pertenece a la porción de una escena captada por el satélite Landsat a principios del año 2000. Las diferencias de color que se observan en los cuerpos de agua son debidas al contenido de sedimentos y la profundidad del agua: los colores azul claro corresponden a aguas someras y/o con alto contenido de sedimentos en suspensión. La vegetación natural se muestra en tonos de verde claro a verde muy oscuro. Las áreas de cultivo se encuentran indicadas en tonos de verde muy claro (agricultura de riego) y rosa (agricultura de temporal). Los centros de población más importantes aparecen en color lila. La línea negra sólida representa el límite de la cuenca del lago de Cuitzeo, la línea gris el límite entre los estados de Michoacán y Guanajuato, y las líneas rojas corresponden a vías de comunicación.



Fuente: Landsat ETM +7, 2000.

# 1 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS

La calidad del agua del lago es cada vez menor. El incremento en la salinidad es provocada por el déficit hídrico y los aportes de sales provenientes de corrientes superficiales y manantiales de aguas termales. La contaminación es generada por las descargas de aguas residuales de las zonas urbanas localizadas en la cuenca y los escurrimientos provenientes de las áreas agrícolas en las que se usan agroquímicos (Bravo *et al.*, 2008; Izurieta *et al.*, 2002).

El cuerpo del lago era antes una superficie continua y conectada de agua. En la actualidad, como se observa en el Mapa 1.1b, el lago está fragmentado en tres porciones por dos barreras: una totalmente artificial en su porción centro-occidental, constituida por los terraplenes de la carretera federal número 43 y de la autopista de cuota Morelia-Salamanca; y otra parcialmente natural, en su porción centro-oriental, creada por el crecimiento de vegetación hidrófita (en color verde claro en el mapa, hacia el centro-este del lago) en aguas muy someras, que en la última década se ha incrementado por el aporte de nutrientes disponibles para las plantas de las aguas negras que entran al lago a través del Río Grande de Morelia. La construcción de un bordo alrededor de 2,500 hectáreas ha favorecido la reducción de la porción centro-oriental del lago, el estancamiento de nutrientes y el crecimiento de la vegetación hidrófita. El bordo se construyó con el fin de evitar inundaciones y darle uso agropecuario entre 1976 y 1978.

Como consecuencia de la escasa profundidad y la presencia de barreras, no existe una circulación importante del agua dentro del lago, lo que acelera el proceso de eutrofización, creando zonas con marcadas diferencias hidrológicas, fisicoquímicas y biológicas. Así, la porción occidental (A, en el mapa) es la más somera y, ocasionalmente, se ve sometida a periodos de desecación total en los que el lecho del lago se encuentra expuesto por varios meses y en donde la vegetación predominante es halófila (Rojas y Novelo, 1995); la porción central (B, en el mapa) se caracteriza por ser ligeramente más profunda que la anterior, pero sufre de problemas graves de contaminación, ya que en ella se concentran las descargas de aguas residuales urbanas de las localidades de Cuitzeo y San Agustín del Pulque y las provenientes de las áreas de agricultura de riego del Distrito 020 y otras zonas aledañas en la ribera norte; finalmente, la porción oriental (C, en el mapa) tiene una mejor calidad de agua y posee una mayor diversidad biológica que las dos anteriores (Rojas y Novelo, 1995), aunque en los últimos años también se ha visto sometida a un proceso de desecación importante según se observa en imágenes de satélite más recientes (Google Maps, 2008).

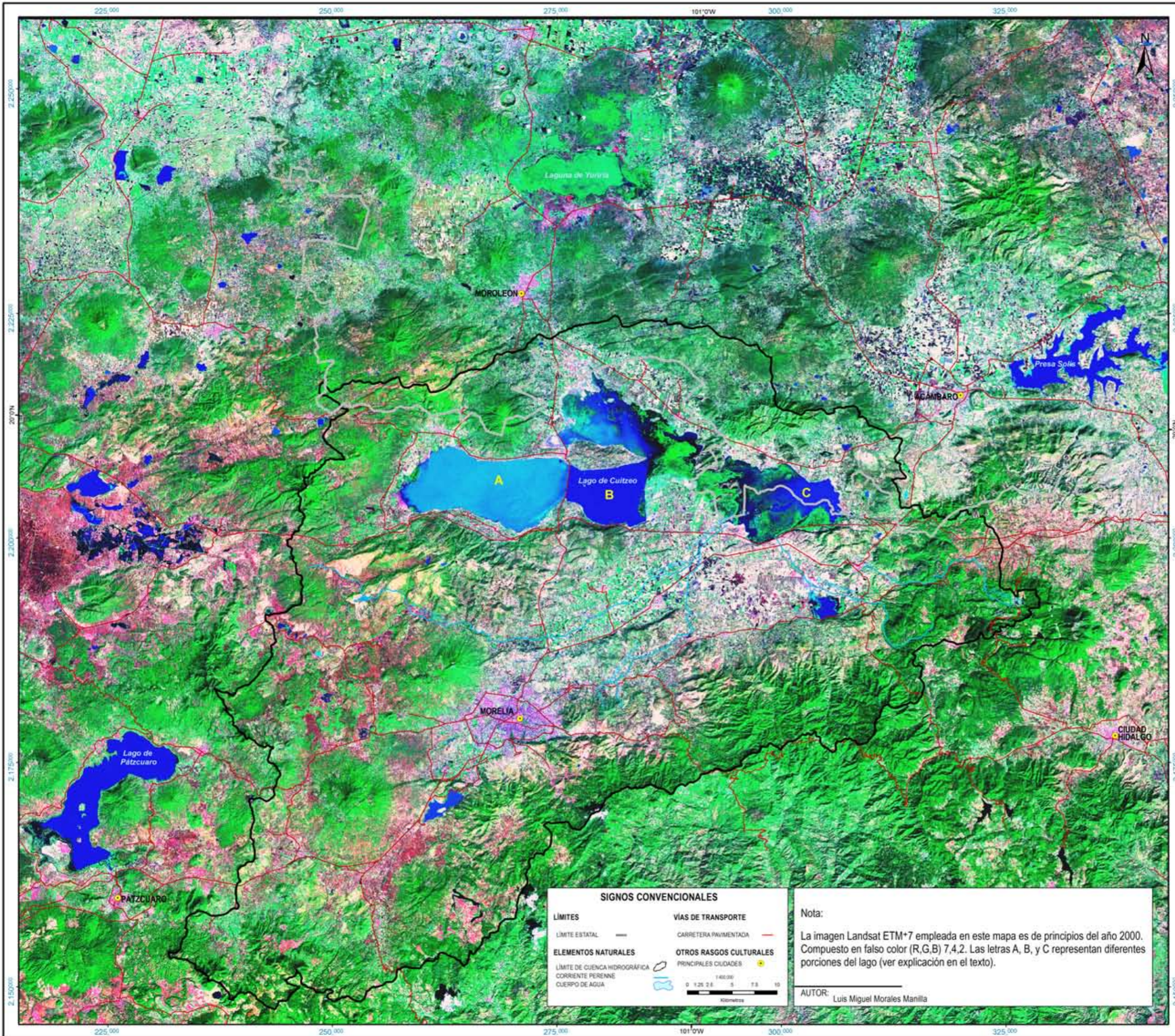
El resto de la cuenca se encuentra ocupada por zonas extensas de agricultura de riego (áreas de color verde muy claro en el mapa) hacia el centro de la cuenca y en las inmediaciones del lago de Cuitzeo, y agricultura de temporal (áreas de color rosa), principalmente en las porciones oeste y sureste de la cuenca. También notable en el Mapa 1.1b, por su extensión y en color violeta claro, es la Ciudad de Morelia, principal centro de población de la cuenca y del estado de Michoacán, y dos cuerpos de agua más pequeños: la presa Cointzio, al sureste de Morelia, y la laguna de Queréndaro, justo debajo del límite oriental del lago de Cuitzeo.

La vegetación natural terrestre aparece en el mapa con diversos tonos de verde y consiste en pastizal inducido y matorral subtropical (verde pardo) en las partes de lomerío, y bosques de encino y pino con diversos grados de conservación en las zonas montañosas (verde claro intenso y oscuro), especialmente a lo largo de todo el límite sur, sureste y suroeste de la cuenca.

El relieve es fácilmente discernible con las zonas montañosas localizadas principalmente a lo largo del límite de la cuenca, con las partes más altas en las porciones suroeste, sur, sureste y este, y las zonas de planicie ubicadas en las inmediaciones del lago de Cuitzeo, especialmente en su porción al sur. El resto del territorio está dominado por lomeríos de poca elevación. Especialmente importantes en el relieve son varias estructuras lineales con orientación general este-oeste. Éstas se aprecian en todo el centro de la cuenca y son particularmente visibles en el límite sur del lago de Cuitzeo, al sur y sureste de la Ciudad de Morelia, y entre esta localidad y el lago de Cuitzeo; las cuales corresponden a grandes fallas geológicas activas que representan zonas de peligro para la infraestructura y los asentamientos humanos, especialmente durante la ocurrencia de movimientos sísmicos.

Otras zonas de relieve singular se encuentran en los límites este y oeste de la cuenca. En el este, al oriente de la laguna de Queréndaro, se observa una zona extensa de elevaciones del terreno, de estructura redondeada, en la que no se aprecia claramente el desarrollo de la red de drenaje superficial, debido a que éstas corresponden a extensas coladas de lava de edad geológica reciente, que aún no han sido sujetas a la erosión hídrica de manera intensiva como el resto de las áreas de montaña. Particularmente notorias, por su geometría regular, son una serie de estructuras circulares de tamaño pequeño observables sobre todo en el límite oeste de la cuenca, y que corresponden a conos de cenizas y arenas volcánicas, algunos de los cuales son explotados como bancos de material pétreo (estos últimos en color morado oscuro en el Mapa 1.1b).







# Clima

Rosalía Vidal Zepeda

La cuenca cerrada del lago de Cuitzeo está situada en la parte sur de la Altiplanicie Mexicana. El lago ocupa la porción más baja de la cuenca, la cual está rodeada al sur por elevaciones que forman parte del Eje Volcánico en su porción de las sierras Tarasca y Oztumatlán; al sureste por las de Mil Cumbres y Ucareo; y al norte limita con la región del Bajío regada por el río Lerma. Se localiza al sur del paralelo 20° Norte, en la zona intertropical.

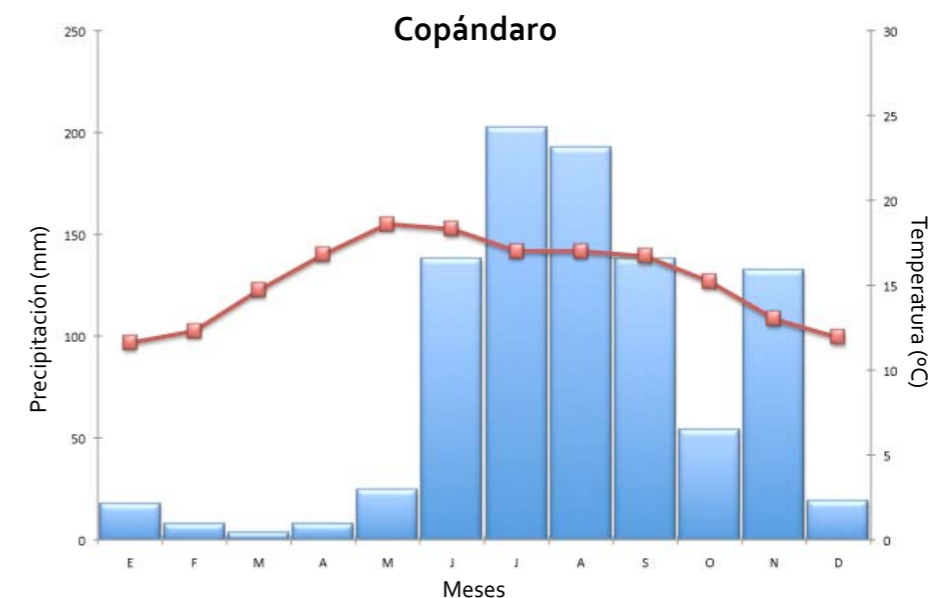
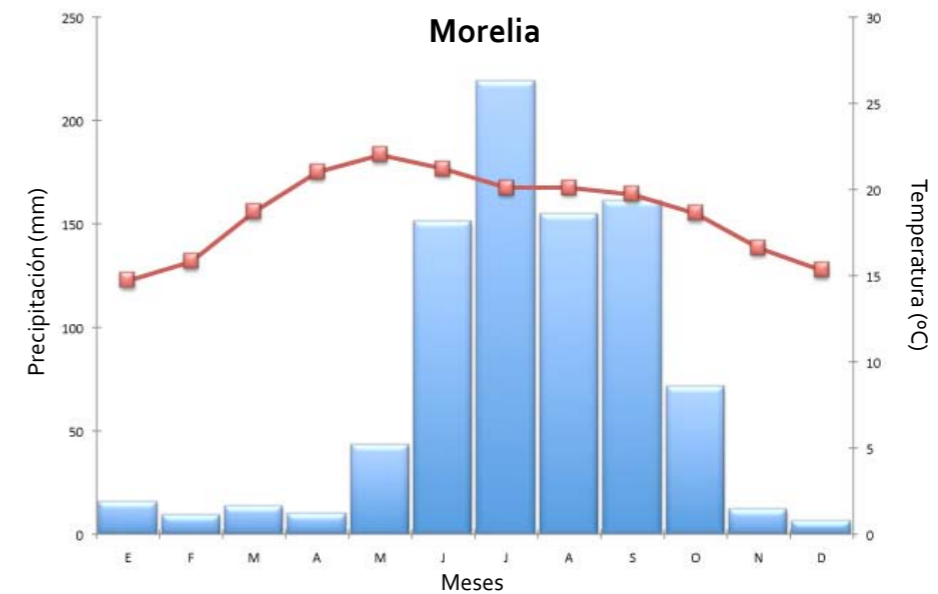
En los mapas se muestra información de alrededor de 50 estaciones meteorológicas, cuya altitud varía de 1,250 msnm en el valle de Morelia, hasta 2,800 msnm en los alrededores de Los Azufres. Esta porción central del país cuenta con la red más completa de sitios de observación por ser la más poblada y productiva. Se presentan gráficas de precipitación y temperatura por mes en las estaciones de Morelia, Copándaro, Huingo, Cuitzeo del Porvenir, Santa Rita, Molinos de Caballero, Iramuco y Carrillo Puerto (periodo 1941-2000).

## Temperatura

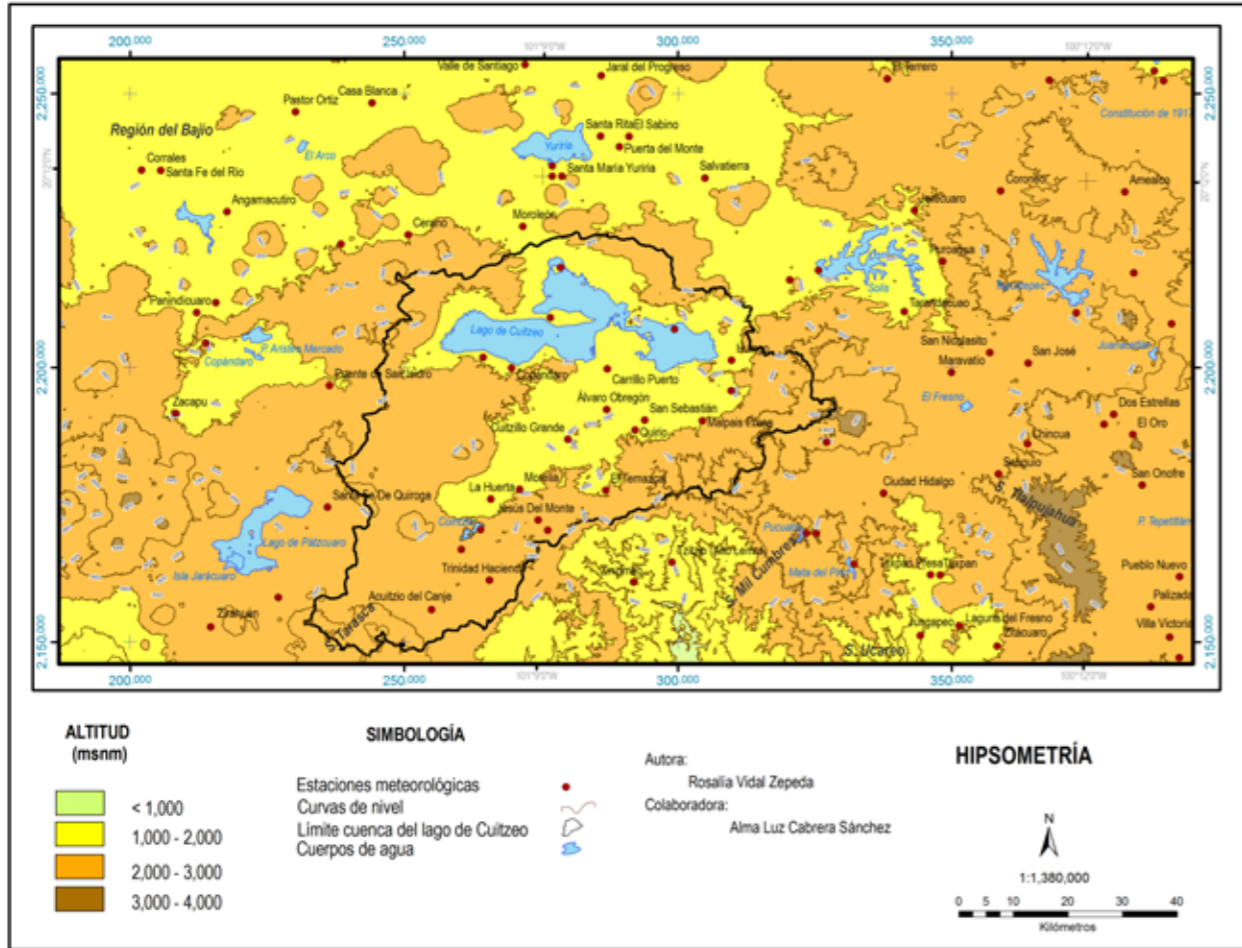
Los fenómenos volcánicos fueron muy numerosos en la región y formaron varias cuencas con valles altos, como Cuitzeo a 1,900 msnm y Pátzcuaro a más de 2,000 msnm. Por su altitud, las temperaturas medias anuales comprendidas son entre 18 y 22°C, consideradas semicálidas. A mayor altitud, entre 2,000 y 2,800 msnm, el clima es templado con temperatura media anual entre 12 y 18°C, por lo que se considera benigno. En altitudes entre 2,800 y 4,000 msnm en las montañas, las temperaturas anuales disminuyen a valores menores de 12°C, clasificadas como semifrías (Mapa 1.2a).

La temporada caliente comprende de abril a septiembre, meses en los que las temperaturas son menores a 18°C en la sierras de Oztumatlán y Mil Cumbres, mientras que al este del lago de Cuitzeo predominan las condiciones semicálidas. Por la distribución de su temperatura mensual, mayo y junio son los meses más calientes y puede notarse una disminución de la temperatura en los meses más lluviosos que son julio, agosto y septiembre. En octubre se inicia la temporada fría, la distribución de la temperatura en este mes es semejante a la de marzo y al promedio anual (Mapa 1.2b).

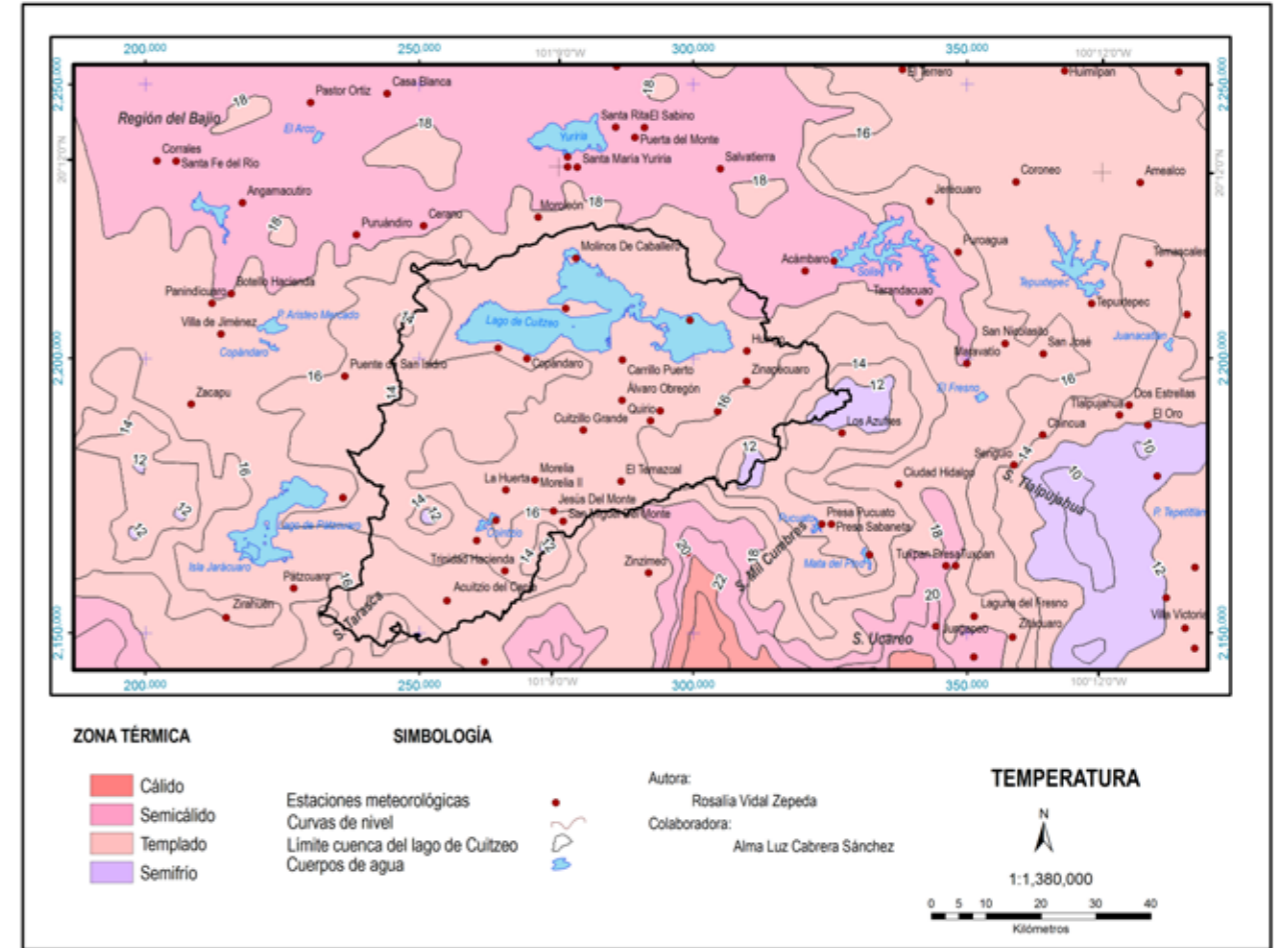
Debido a la oscilación anual de las temperaturas medias mensuales, las áreas situadas a mayor altitud, como las sierras Tarasca y de Ucareo, son isotermales (i, en la fórmula climática), lo que significa que la diferencia de temperatura entre el mes más caliente del año y el mes más frío es inferior a 5°C. En la cuenca del lago de Cuitzeo son i' con una oscilación de 5 a 7°C. Hacia la región del Bajío algunos lugares son extremosos (e) con una oscilación térmica entre 7 y 14 °C. En las gráficas se observa la marcha anual de las temperaturas que muestran los dos máximos característicos de los lugares situados en la zona intertropical del planeta, el primero es más marcado. El mes más caliente en la mayor parte de la región es mayo, por lo que la marcha de la temperatura es tipo ganges (g en la fórmula climática), que es el anterior al solsticio de



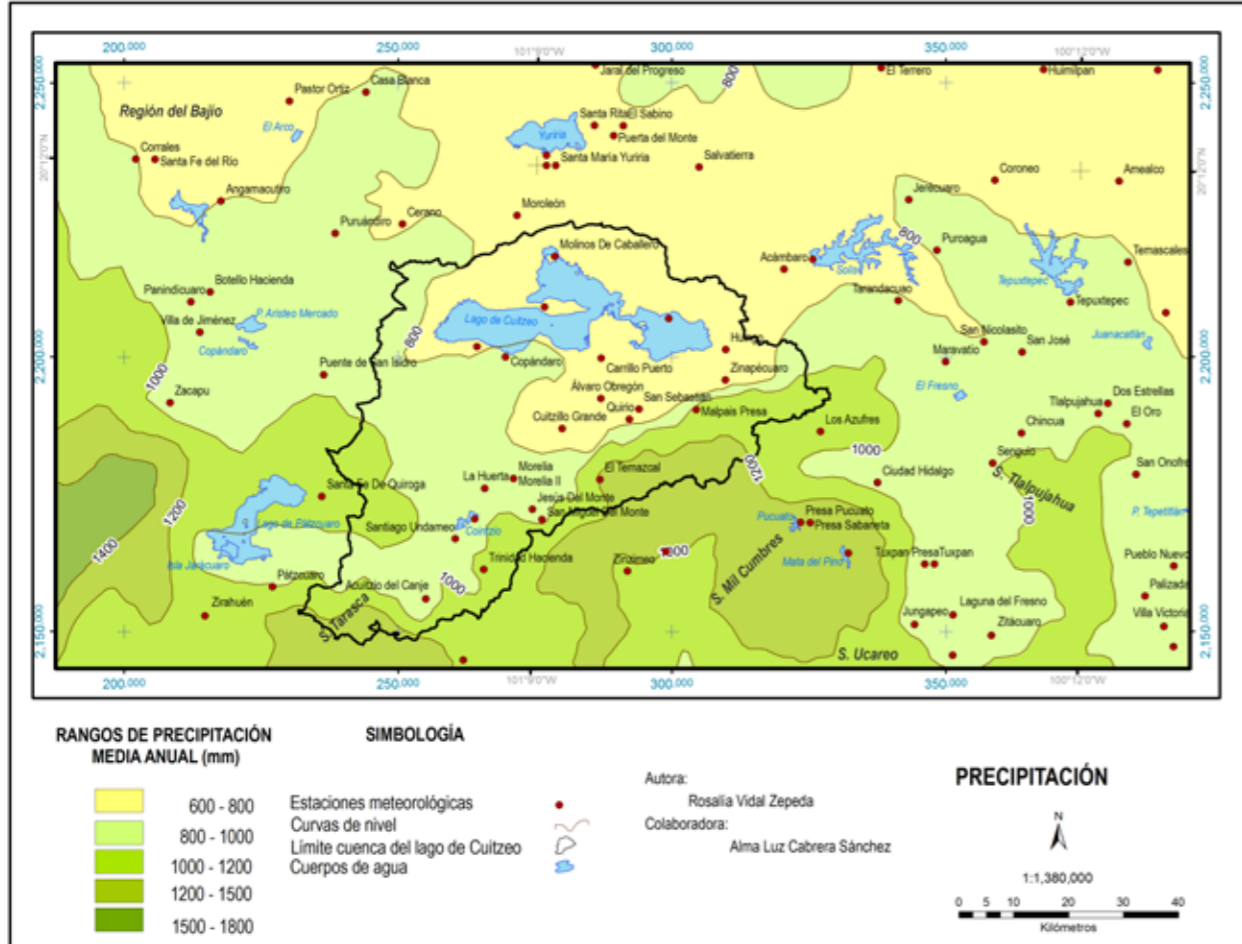
**Mapa 1.2a - Hipsometría**



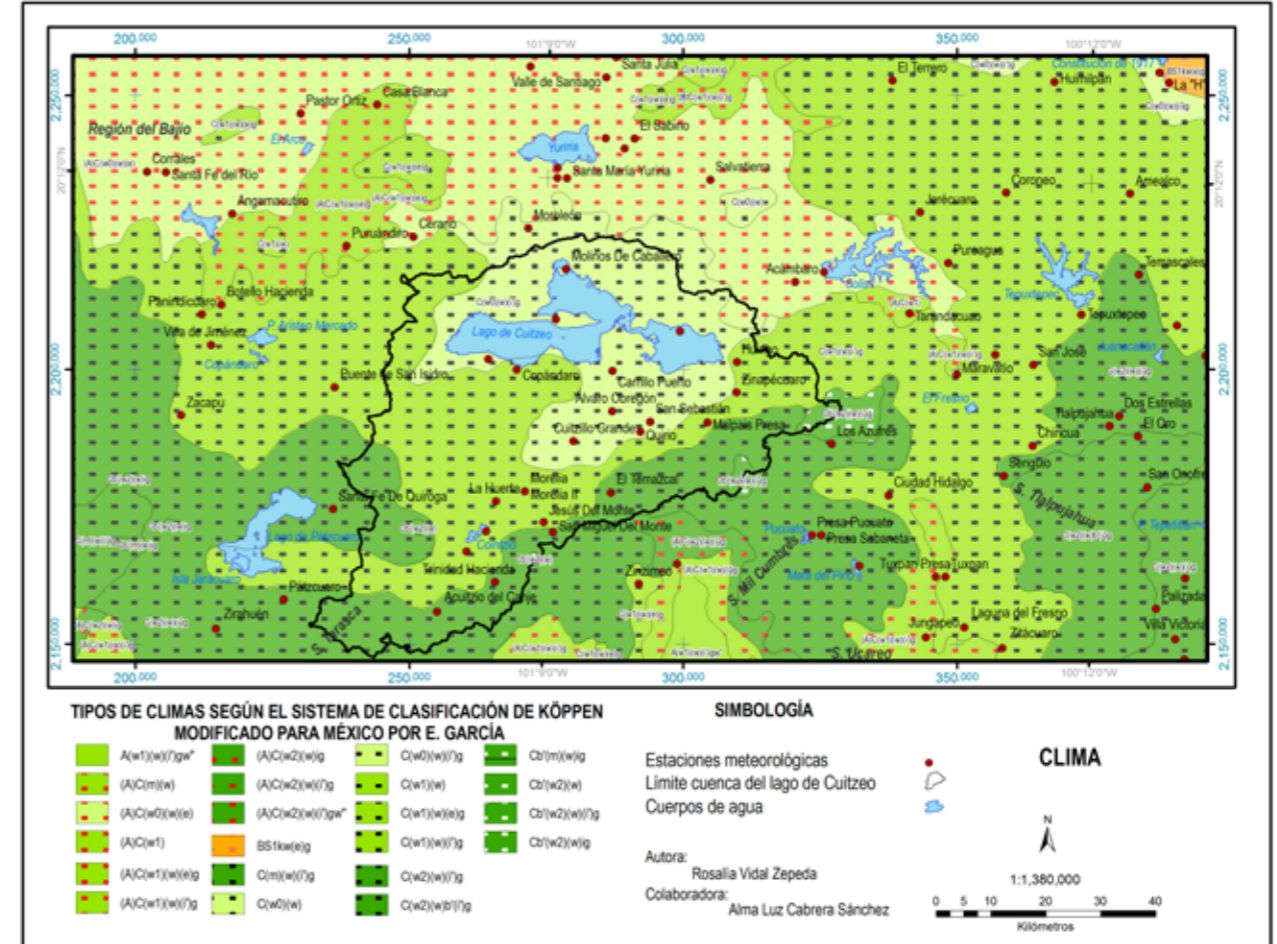
**Mapa 1.2b - Temperatura**



**Mapa 1.2c - Precipitación**



**Mapa 1.2d - Clima**



# 1 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS

verano, es decir, previo a junio. El segundo máximo se atenúa mucho por la presencia de la temporada de lluvias y a veces desaparece, mostrándose sólo como una meseta en las gráficas de temperatura.

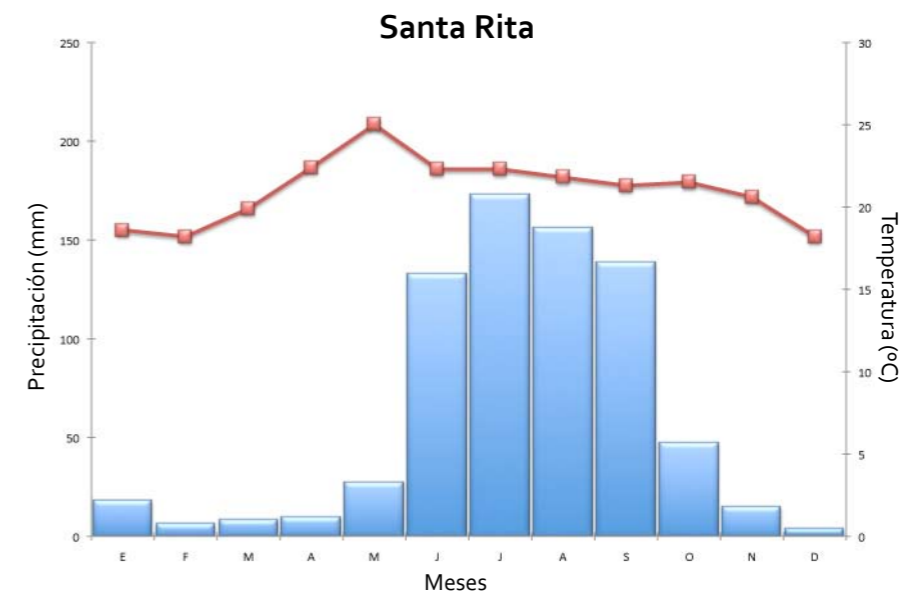
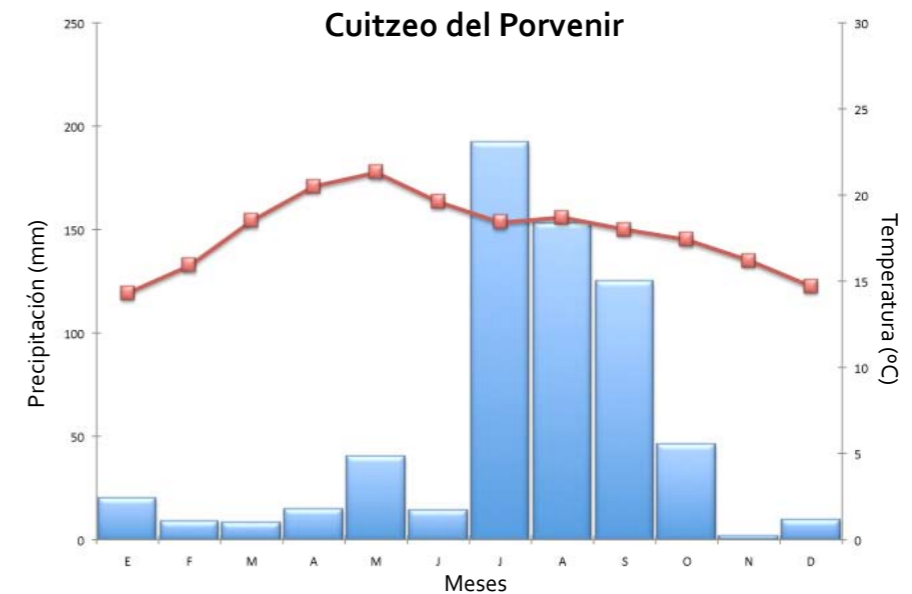
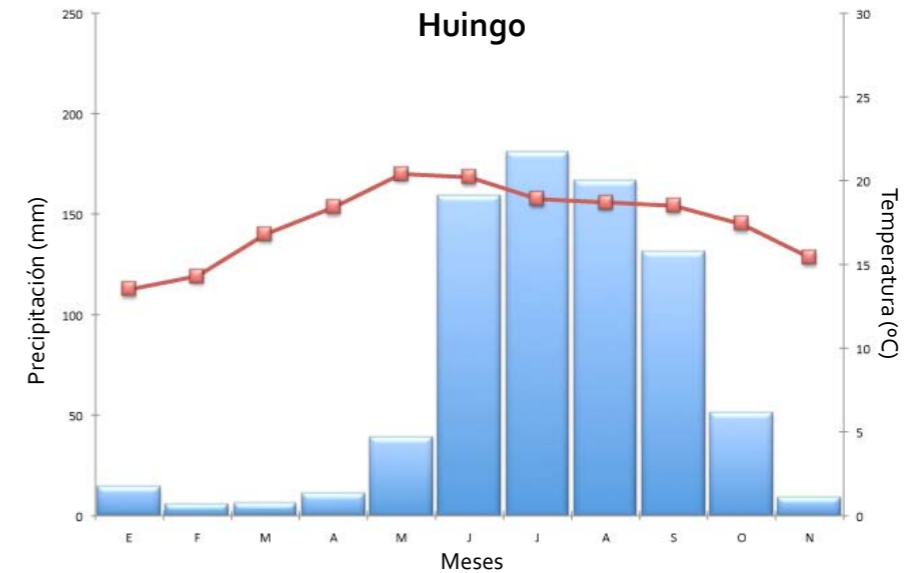
## Precipitación

El relieve tiene gran importancia en la distribución de la lluvia. En la cuenca del lago de Cuitzeo predominan precipitaciones de 600 a 800 mm anuales. La lluvia aumenta sobre las sierras que rodean el lago. En la parte más baja se reciben de 800 a 1,000 mm y a mayor altitud, la precipitación es superior a 1,200 mm anuales. La temporada lluviosa abarca el verano y parte del otoño (periodo de mayo a octubre), en el resto del año la condición es de sequía (noviembre a abril); de hecho, febrero y marzo son los meses más secos. La lluvia en invierno representa menos del 5% de la anual, lo que se indica con los símbolos w (w en la fórmula climática); (Mapas 1.2c y 1.2d).

La región se encuentra en la zona de dominio de los vientos alisios del noreste, que se caracterizan por la desviación de su dirección original a causa del relieve. Debido a ello, existen contrastes muy marcados de humedad entre los valles y las partes altas de las montañas, y entre laderas con diferente orientación. Las expuestas a los vientos húmedos se inclinan al noreste y por tanto reciben mayor precipitación; el caso contrario ocurre en las de orientación suroeste.

Durante la mitad caliente del año, como consecuencia de la elevación de la temperatura que predomina sobre la Altiplanicie Mexicana, se observa circulación monzónica, es decir, el aire sopla del Océano Pacífico y del Golfo de México hacia la Altiplanicie y la mayor parte de la humedad penetra por el oeste, donde el relieve es menos elevado. La humedad se incrementa al presentarse fenómenos ciclónicos que ocurren tanto en el océano Pacífico como en el Atlántico, por lo tanto estas tormentas giratorias introducen abundante humedad en la tropósfera media, que después es transportada por los vientos monzónicos hacia el interior del país.

En invierno y debido a la elevada altitud, la región intercepta la base de los vientos altos del oeste que son secos, ya que se encuentran lejos de la fuente de humedad del océano. Éstos contribuyen a provocar la sequía característica durante la temporada fría del año en la que predominan cielos despejados. Aunque las masas de aire frío polar, ondas frías y “nortes” del Golfo de México sufren el efecto de barrera de las sierras transversales y de la Sierra Madre Oriental, que son profundas, las traspasan produciendo disminución de la temperatura y escasa precipitación.



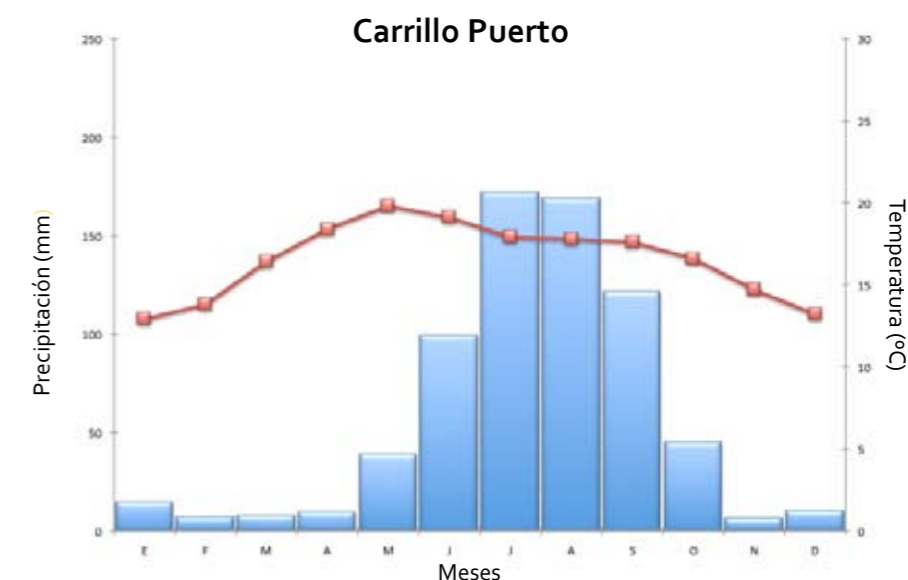
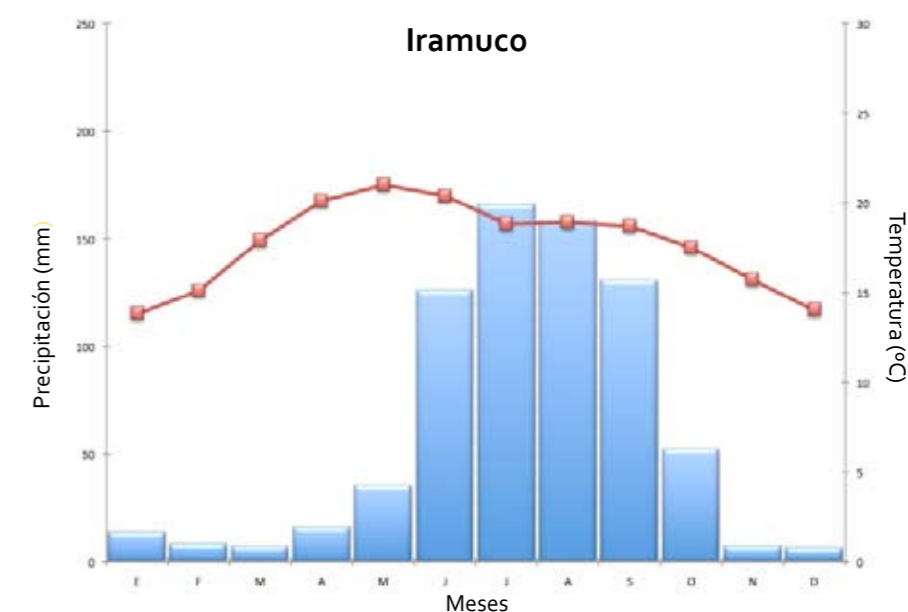
## Clima

Las diferencias de altitud y exposición a los vientos dominantes, al modificar la cantidad de lluvia y el valor de las temperaturas, originan que en una región puedan encontrarse distintos grados de humedad y de temperatura, lo que se traduce en una amplia diversidad de climas (Mapa 1.2d).

En la región del lago de Cuitzeo predominan los climas templados subhúmedos con lluvias en verano Cwo y Cw1. Por ejemplo, en Cuitzeo el clima es Cwo(w)b(i')g; mientras en Copándaro y Huingo es Cw1(w)b(i')g, estos tres lugares presentan un clima templado subhúmedo, con lluvias en verano; pero el tipo Cwo es menos húmedo que el Cw1. Hacia el norte del lago, en el Bajío, las temperaturas son más altas, los climas son semicálidos subhúmedos, como en Moroleón (A)Cwo(w)a(i')g, con régimen de lluvia en verano, y menos de 5% de lluvias en invierno. En contraste, hacia el sur donde se encuentra la ciudad de Morelia, el clima es un poco más lluvioso, semicálido subhúmedo (A)Cw1(w)b(e)g, también con escasa lluvia invernal, con un verano fresco y largo como indica la letra b. Por la oscilación de su temperatura media anual es extremo, hay 7°C de diferencia entre el mes más caliente (mayo) y el mes más frío (enero) y la marcha de su temperatura es tipo ganges, es decir, que el mes más caliente del año es mayo.

Los climas semicálidos tienen rasgos intermedios entre climas cálidos A y templados C, por lo que constituyen un grupo de transición que, por presentar características de ambos climas, permite el desarrollo de una mayor diversidad de vegetación y de plantas cultivadas. Así, los climas semicálidos subhúmedos predominan en las partes bajas de la región, mientras que al aumentar la altitud se transforman en templados subhúmedos.

De cara al calentamiento global se esperan importantes cambios en el clima durante el siglo XXI. Según los escenarios propuestos por el grupo de expertos del Centro de Ciencias de la Atmósfera de la Universidad Nacional Autónoma de México, la temperatura podría incrementarse hasta 2°C en la región centro-sur de México, lo cual ocasionaría modificaciones en los sectores más vulnerables como la agricultura, el agua y los bosques, particularmente en el vaso del lago. Sin embargo, en México existe escasa investigación sobre los problemas emergentes en los lagos por los efectos del cambio climático y la reducción de flujos profundos que los alimentan, que también contribuyen a la degradación de estos ecosistemas. En un escenario posible el clima será más cálido, lo cual disminuirá el nivel de humedad de los suelos y será necesario aumentar el riego y a su vez, si el proceso de evapotranspiración del ciclo del agua se potencializa, disminuirán los acuíferos. Así, el cambio climático constituye un gran desafío que debe tomarse en cuenta en los programas de conservación y desarrollo de la región del lago de Cuitzeo.



# Geología

Víctor Hugo Garduño-Monroy  
Isabel Israde-Alcántara

El lago de Cuitzeo forma parte de una serie de depresiones que se encuentran a lo largo de un sistema de fallas geológicas este-oeste en el centro de México, donde también se localiza el lago de Chapala y las antiguas depresiones lacustres de Zacapu y Maravatío (Figura 1); (Israde-Alcántara y Garduño-Monroy, 1999). Las fallas son resultado de los efectos del deslizamiento del piso del Océano Pacífico y de la Placa de Cocos (subducción) por debajo de la Placa Norteamericana (Estados Unidos de Norteamérica y México). Este proceso generó un hundimiento del continente americano donde se ubican las cuencas lacustres del centro de México (Pasquaré *et al.*, 1991; Garduño y Gutiérrez, 1992; Ferrari *et al.*, 1994). Debido al roce que se genera por la fricción de las dos placas surge el vulcanismo del Cinturón Volcánico Transmexicano (CVTM), en el que se encuentran los volcanes más activos de México, como el Popocatepetl, el Volcán de Colima, el Nevado de Toluca y el Pico de Orizaba.

En este capítulo se caracteriza la geología de la cuenca del lago de Cuitzeo.

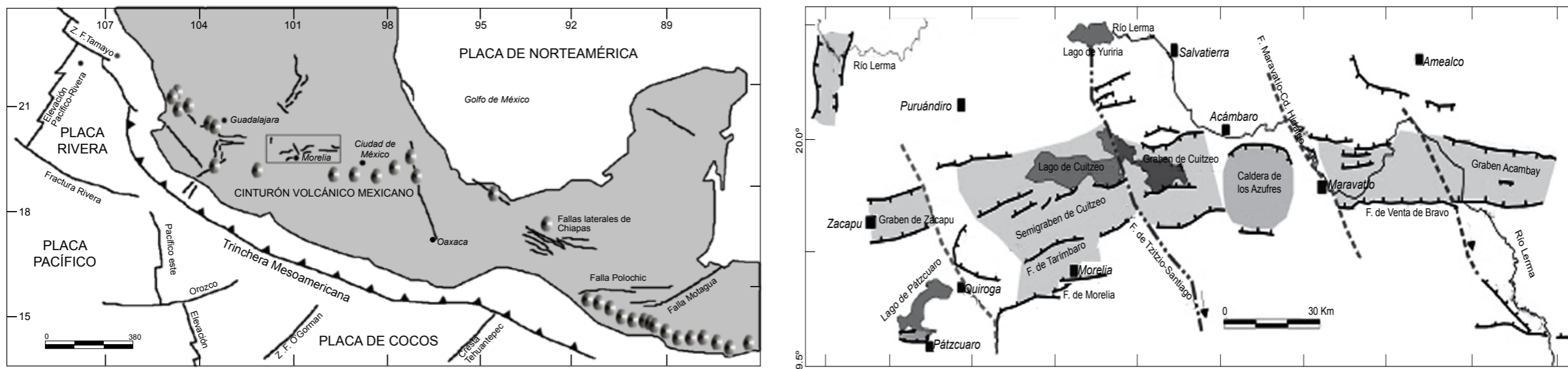
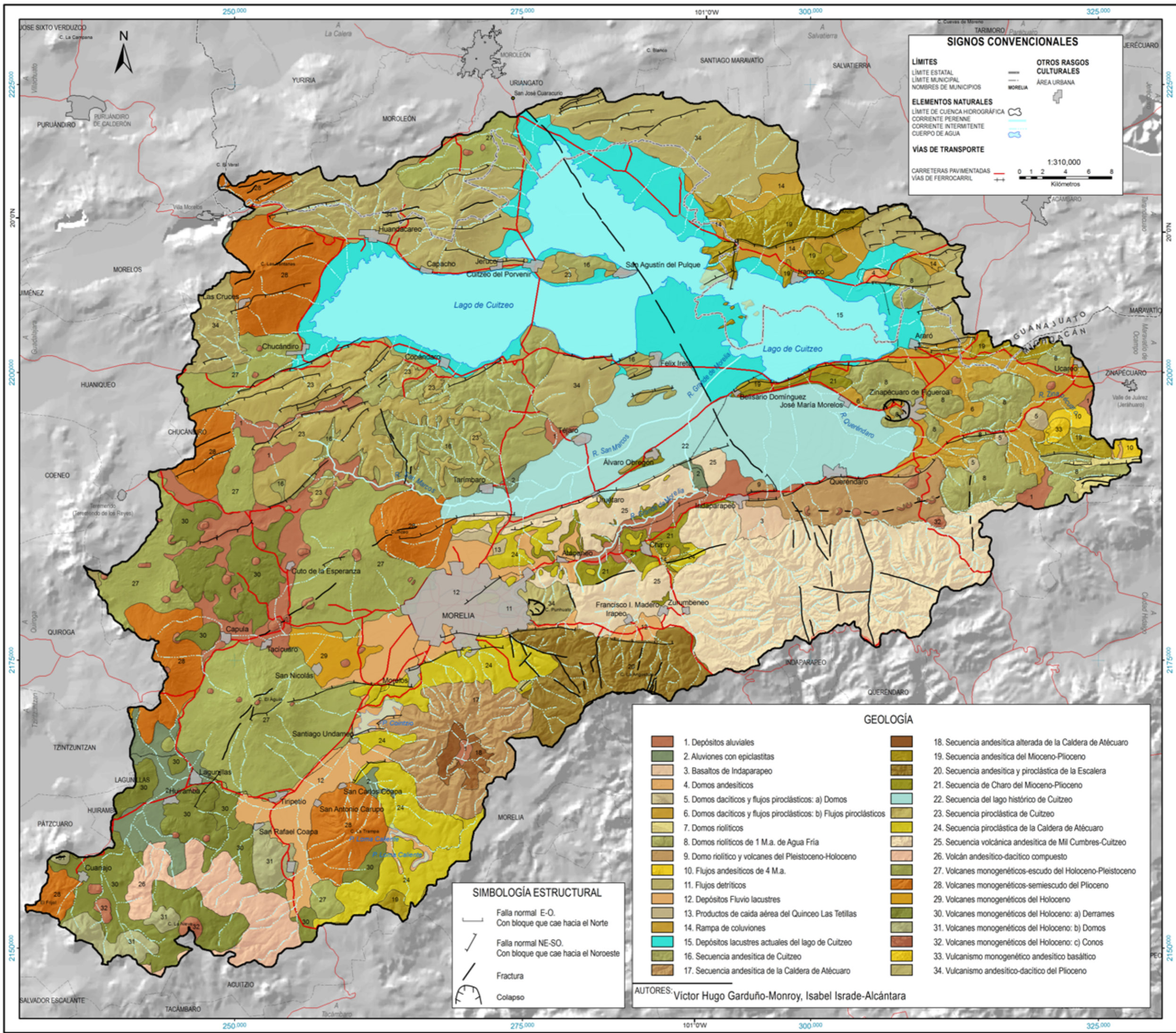


Figura 1. Marco tectónico de la cuenca de Cuitzeo y sus relaciones con el fallamiento Morelia-Acambay (este-oeste) y un sistema más antiguo (noroeste-sureste).

## Geología de la Cuenca

Dentro de la cuenca se puede distinguir una serie de lomeríos alargados, limitados por fallas este-oeste que corresponden a bloques de rocas volcánicas muy fracturadas que limitan la porción norte y sur del lago de Cuitzeo (Mapa 1.3, simbologías 16 a 25) y flujos piroclásticos de color rosa (cantera de Morelia), estas unidades se cubren por secuencias de materiales terrígenos de origen lacustre o fluvio-lacustre formadas durante el periodo Mio-Pleistoceno (Mapa 1.3, 21). El conjunto de estas fallas produjeron un hundimiento hacia el norte, por lo que las lomas de rocas volcánicas y secuencias lacustres se observan inclinadas hacia el sur. La falla geológica más meridional que está bien representada en la ciudad de Morelia, denominada La Paloma, es una estructura que corre desde el sur del lago de Pátzcuaro hasta la región de Acambay en el Estado de México. Es una falla de tipo normal con un hundimiento hacia el norte de hasta 200 m. Este proceso generó la formación de las depresiones lacustres en Maravatío y Cuitzeo y está relacionada con el vulcanismo tipo Parícutín de la zona sur de Cuitzeo (Queréndaro).



Esta gran estructura es el límite de dos dominios geológicos bien definidos en la región:

## I- Dominio de la Sierra de Mil Cumbres (Oligoceno-Mioceno)

Al sur de la cuenca de Cuitzeo se aprecia la sierra de Mil Cumbres (Mapa 1.3, del 16 al 25), representada por una secuencia de rocas volcánicas donde se observan grandes estructuras de estrato volcanes formados de andesitas, dacitas y riolitas que dieron origen a estructuras caldéricas, que a su vez conformaron las mesetas de flujos piroclásticos riolíticos de la “Cantera de Morelia”. La edad de esta secuencia va del Oligoceno al Mioceno. Por su morfología actual y las fallas que lo enmarcan, forman una elevación (*horst*) que al sur está delimitada por la falla La Escalera, que permite una vista hacia la Tierra Caliente; y en dirección norte, la falla La Paloma produce la depresión de Morelia. Ambas forman parte del sistema este-oeste Morelia-Acambay. Secuencias de este tipo se aprecian en los bloques basculados (inclinados) hacia el sur, de Tarímbaro-Copándaro, Álvaro Obregón y el norte de Morelia (Peña del Panal); (Imagen 1). También se observan en Iramuco y Santa Ana Maya, pero en estos últimos sectores las rocas volcánicas antiguas están cubiertas por vulcanismo andesítico más joven (Plioceno).

## II. Dominio del Cinturón Volcánico Mexicano (Pliocuaternario)

Hacia el norte de la falla La Paloma se distinguen diferentes morfologías asociadas a la geodinámica del CVTM, de las que se pueden separar:

- Zona morfológica de lomeríos bajos y valles.** Los lomeríos bajos están integrados por bloques basculados compuestos de andesitas e ignimbritas de la sierra de Mil Cumbres del Mioceno medio superior, destacando los bloques de Tarímbaro-Copándaro, con un intenso fallamiento noreste-suroeste, Álvaro Obregón y de Cuitzeo (Mapa 1.3, simbologías del 16 al 25). Estas secuencias volcánicas están cubiertas en la zona de Charo por aproximadamente 40 m de depósitos fluvio-lacustres del Mioceno-Pleistoceno (Israde-Alcántara y Garduño-Monroy, 1999); (Figura 2). Dentro de esta secuencia se han encontrado restos de équidos, proboscidos, roedores, camellos, entre otros (Carranza, 1976); (Mapa 1.3, 21).
- En contraste con los lomeríos, se encuentran los **valles y planicies** ocupadas por secuencias lacustres y fluvio-lacustres de hasta 100 m de espesor. De acuerdo a un estudio gravimétrico actual y a la geología del subsuelo existen más de 500 m de depósitos terrígenos de este tipo. La depresión

del lago tiene dos estilos: al poniente se representa como un semigraben y al oriente como un graben; ambos separados por la falla Tzitzio-Valle de Santiago (Figura 3).

- Al oeste y norte del lago de Cuitzeo y al oeste de Morelia aflora el **vulcanismo del CVTM**. Destacan los volcanes semiescudo de El Águila y Quinceo-Las Tetillas (Mapa 1.3, simbología 13), (Suter *et al.*, 2001), conformados por un ciclo eruptivo compuesto de alternancias de productos efusivos y explosivos. Sus bases van más allá de 10 km y sus pendientes son muy suaves. Sobre el edificio se formaron conos parásitos de actividad tipo estromboliana denominados Las Tetillas. Sus lavas contienen piroxenos y

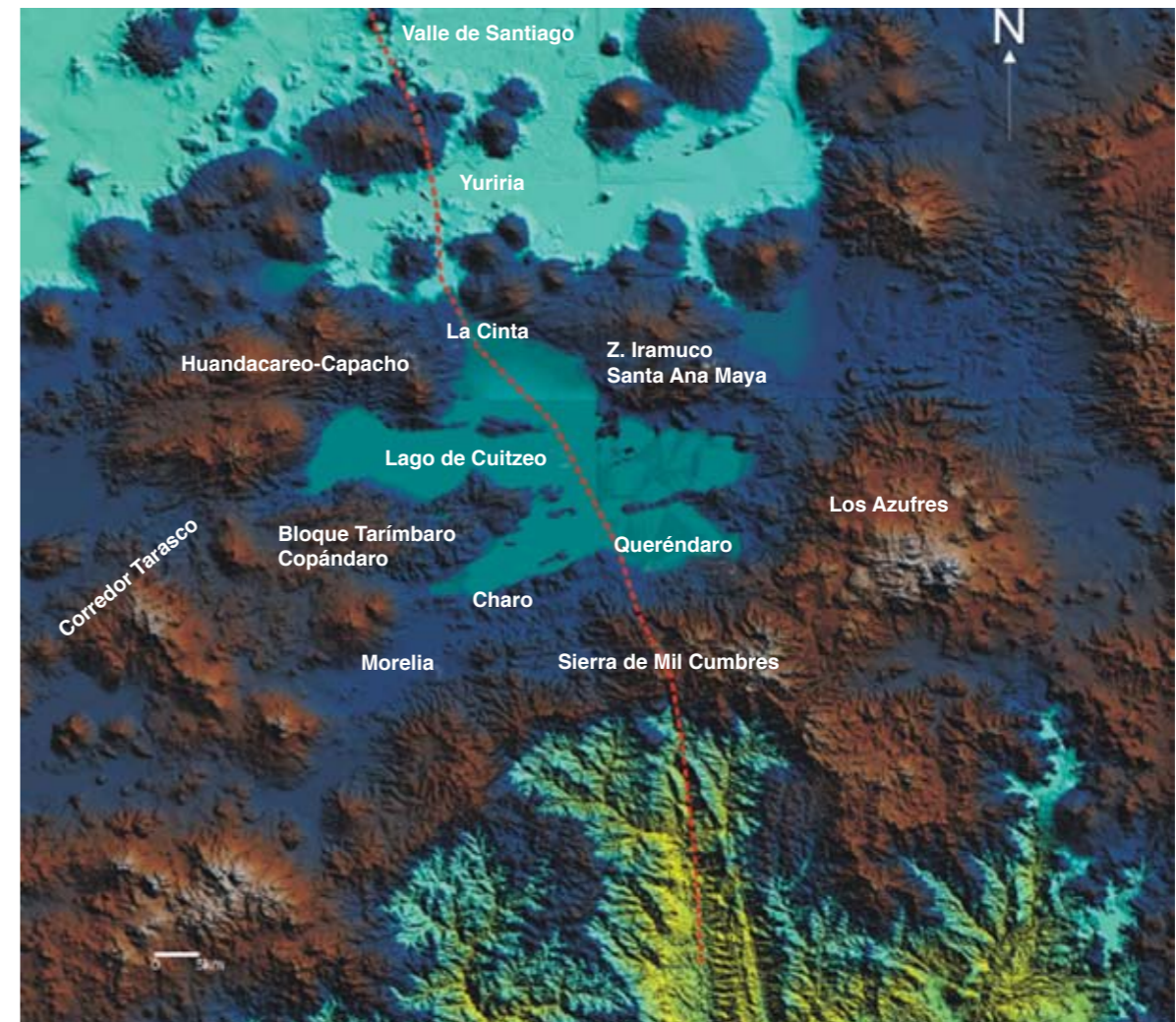


Figura 2. Modelo de terreno donde se pueden apreciar los principales elementos morfoestructurales de la región de Morelia-Cuitzeo. Se destaca la presencia de la falla de dirección noroeste-sureste (Tzitzio-Valle de Santiago) que divide el graben de la zona de Zinapécuaro y el semigraben de la zona de Morelia Cuitzeo.

Fotografía: Isabel Israde-Alcántara



Imagen 1. Basculamiento de los bloques de rocas volcánicas al sur del lago de Cuitzeo-Acambay (este-oeste) y un sistema más antiguo (noroeste-sureste).



anfíboles, además de silicatos propios de las rocas andesítico basálticas (Mapa 1.3, 27 a 34). El vulcanismo monogenético del Corredor Tarasco se caracteriza por morfologías más bajas, pero siempre formando pequeñas elevaciones; se compone de domos: conos cineríticos, conos de lava y derrames.

Resaltan en la cuenca los pequeños conos de Queréndaro que surgieron hace aproximadamente 700 mil años (Pradal y Robin, 1994); (Mapa 1.3, simbología 32). También se observa hacia el poniente el vulcanismo de Capula (Holoceno), Copándaro-Huaniqueo. En la región sur de la cuenca, el vulcanismo culmina con una emisión de pómez que termina con el

paleolago de Charo (Figura 3, Imagen 2) y con lavas históricas provenientes del Quinceo-Las Tetillas. Todos estos productos sobreyacen o se intercalan con las secuencias fluviolacustres y lacustres del Pleistoceno Holoceno del lago de Cuitzeo (Israde-Alcántara, 1995; Israde-Alcántara y Garduño-Monroy, 1999).

d. En el sector oriente del lago de Cuitzeo se observan **productos volcánicos de la Caldera de Los Azufres**, la cual está conformada de las siguientes unidades (Mapa 1.3, 4 al 9):

d.1 Una secuencia andesítica muy fracturada y alterada que a veces forma parte de la sierra de Mil Cumbres originada en el Mioceno. Su espesor es desconocido pero los pozos geotérmicos han perforado hasta 2,000 m de profundidad sin encontrar su base. Este aparato forma la base de la caldera y el yacimiento geotérmico.

d.2 Productos piroclásticos e ignimbritas en la sierra de Santa Inés con varios pulsos. Su edad es de 4 millones de años (Pradal y Robin, 1994).

d.3 Domos riolíticos de un millón de años que se encuentran en la zona de Ucareo y Zinapécuaro, cuyos productos más característicos son los depósitos de obsidiana y flujos piroclásticos. Dentro del campo geotérmico se conocen como los domos de Agua Fría.

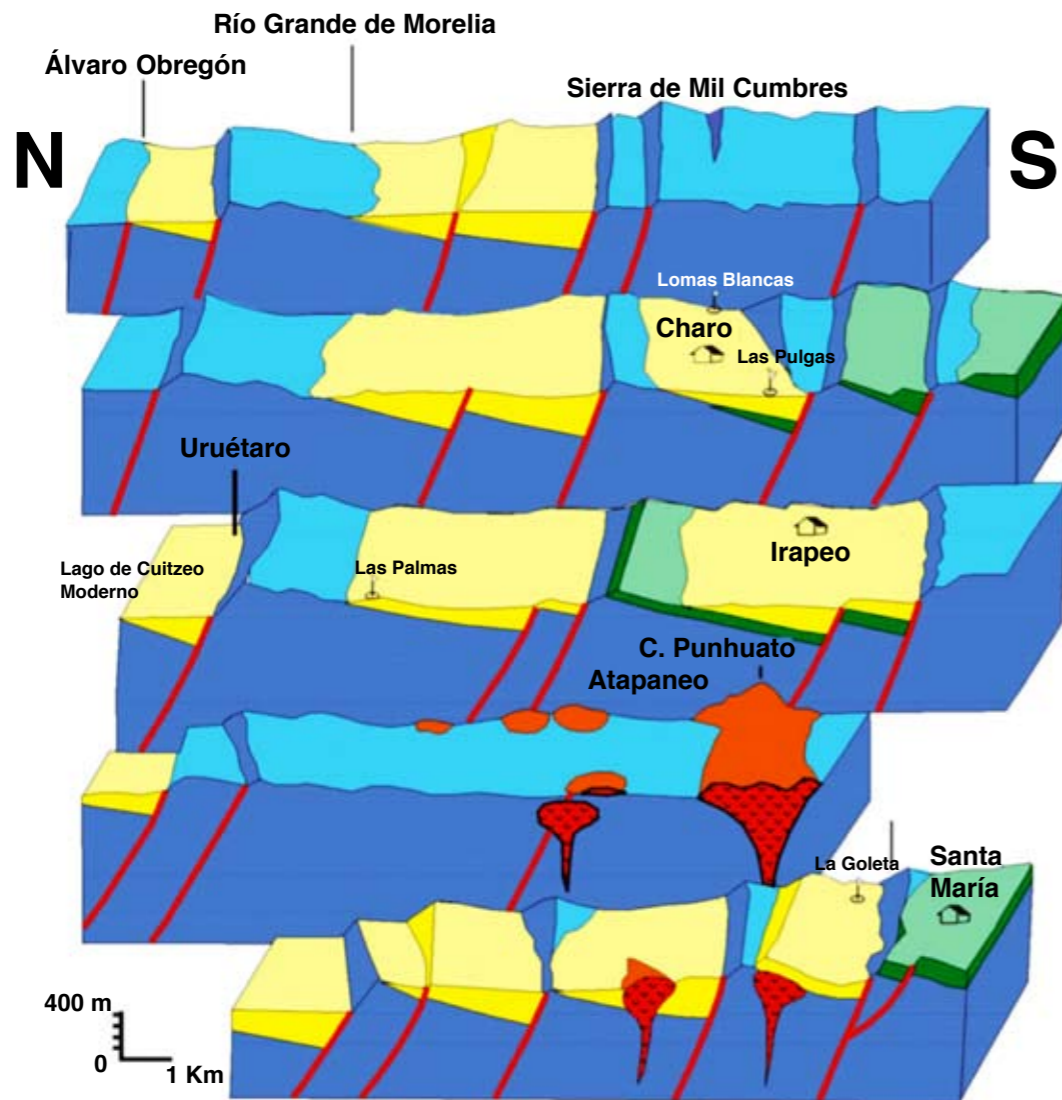


Figura 3. Esquemas que ilustran la geometría en semigraben del subsuelo del lago de Cuitzeo (Israde-Alcántara, 1995; Israde y Garduño, 1999).



Imagen 2. Depósitos volcánicos (ignimbritas y tobas) que coronan el antiguo lago previo a su desplazamiento hacia el norte hasta su posición actual.

- d.4 Domos dacíticos y vulcanismo monogenético de 700 mil años que integran los volcanes de El Mozo y San Andrés (Pradal y Robin, 1994).
- d.5 Domos riolíticos de la Hierbabuena de 300 mil años.
- d.6 Por último, la caldera se reactiva durante el Pleistoceno-Holoceno, emitiendo productos piroclásticos con eventuales inyecciones de obsidiana que se observan en el sector oeste de la caldera. Los productos piroclásticos y epiclásticos (materiales volcánicos retrabajados) están intercalados con las secuencias terrígenas de la cuenca de Cuitzeo del Pleistoceno-Holoceno.

### Planicie San José Cuaracurio

Dividiendo a las dos secuencias volcánicas anteriores y fluviolacustres del Mioceno-Pleistoceno tardío, se observa la planicie de San José Cuaracurio, que es el punto más elevado que han alcanzado las aguas del lago de Cuitzeo, para permitir que se desborden hacia la depresión lacustre de Yuriria en tiempos del Plioceno-Pleistoceno. Para los años cuarenta, se construyó el dren La Cinta que la hace exorreica nuevamente. En este sector se conforma un límite estructural que divide el semigraben al poniente y el graben al oriente del lago de Cuitzeo (Figuras 1 y 2).

### Geología Estructural (Figuras 1 y 2 y Mapa 1.3)

La depresión de Cuitzeo presenta cuatro estilos bien definidos: 1) Al oriente forma un graben casi simétrico. 2) Al poniente un estilo de semigraben con bloques basculados al sur, inclinaciones de 5 y 10° en Morelia y de hasta 30° en Cuitzeo (Imagen 1). 3) El graben y semigraben están separados por la falla de dirección noroeste-sureste denominada Tzitzio-Valle de Santiago, que en la cuenca produce el alargamiento del lago de Cuitzeo. Se deduce que esta “lengua” del lago de Cuitzeo pudo drenar hacia Moroleón en el Plioceno-Pleistoceno bajo condiciones de mayor humedad. 4) Finalmente, las estructuras más evidentes son aquellas este-oeste y forman parte del sistema de fallas Morelia-Acambay, que produce desniveles en rocas tanto del Mio-Pliocuaternario como del Holoceno; estos desplazamientos van desde unos centímetros hasta 200 m de desnivel; el más evidente es el de la falla La Paloma en la ciudad de Morelia. Sus desplazamientos normales reales alcanzan hasta 250 m, cabe mencionar que son potencialmente sísmicas.

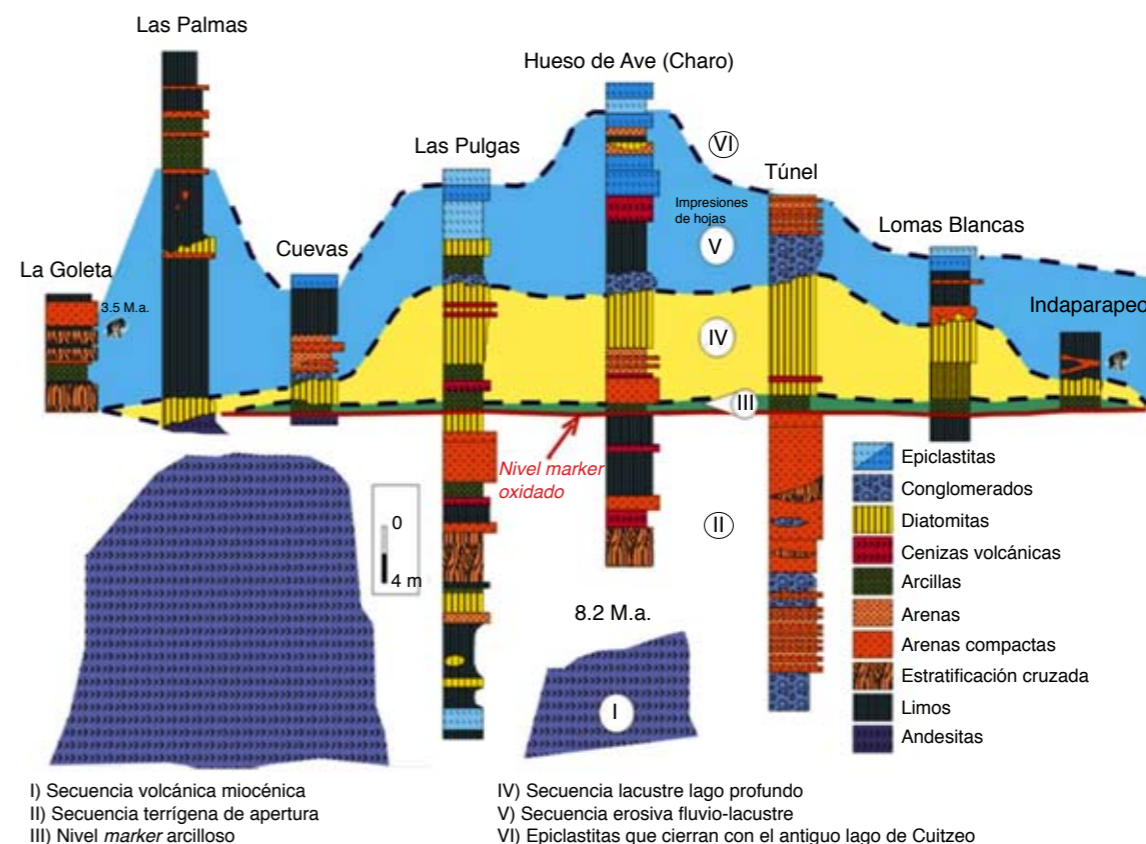


Figura 4. Estratigrafía que testimonia el origen del lago de Cuitzeo hace aproximadamente 8 M.a. (Israde-Alcántara, 1995; Israde y Garduño, 1999).



Imagen 3. Depósitos sedimentarios conformados por diatomitas y arcillas que testimonian el origen del lago de Cuitzeo en la región de Charo hace ca. 8 M.a.

## Susceptibilidad de la Inestabilidad de Laderas

Víctor Manuel Hernández-Madrigal  
Manuel E. Mendoza  
Víctor Hugo Garduño-Monroy

Los procesos gravitacionales de remoción en masa (PGRM), conocidos popularmente como derrumbes, deslizamientos o simplemente “deslaves”; consisten en el movimiento que se produce ladera abajo de una masa de roca, detritos y suelos, limitada o no por fallas de esfuerzo cortante, y formada en respuesta a un tipo de ajuste que los materiales de ladera hacen en relación con su ambiente físico (Hernández-Madrigal, 2001; 2005).

La fuerza de gravedad representa el factor esencial en la generación de deslizamientos; además existen dos grupos de factores que influyen en la inestabilidad de una ladera: los condicionantes y los detonantes. Los primeros propician las condiciones idóneas para que el fenómeno se presente, por ejemplo, a través de la intemperización de los materiales, modificaciones geométricas de la ladera o bien, sobrecargas naturales y artificiales, entre otras; mientras que en el segundo grupo, se encuentran factores que disparan el proceso gravitacional, tales como sismos, precipitaciones excepcionales y obras antropogénicas, principalmente.

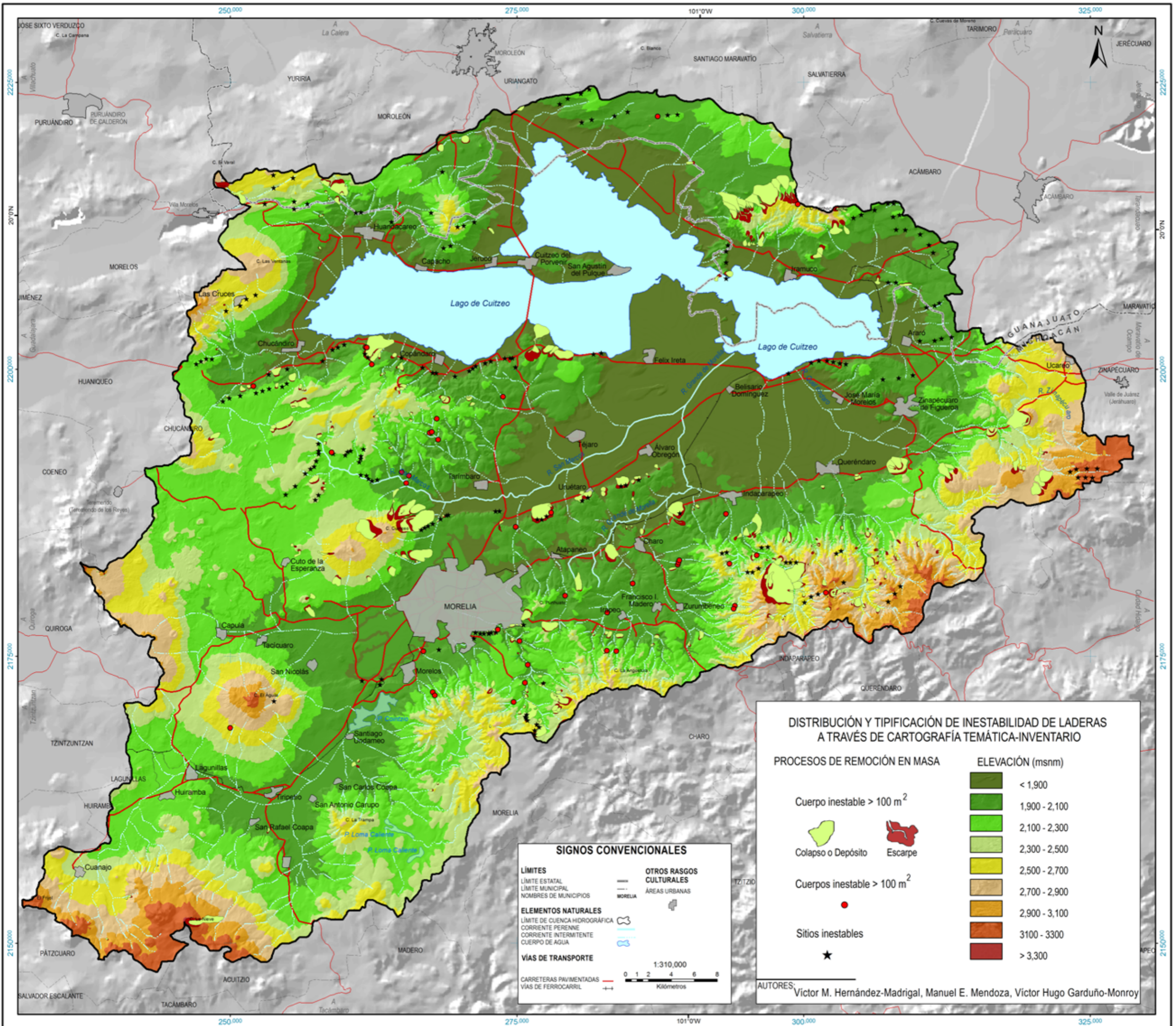
El riesgo por colapso de laderas a la que se encuentra sometida una determinada región de interés, constituye uno de los insumos fundamentales que debe ser considerado en los planes de desarrollo, especialmente los de carácter urbano.

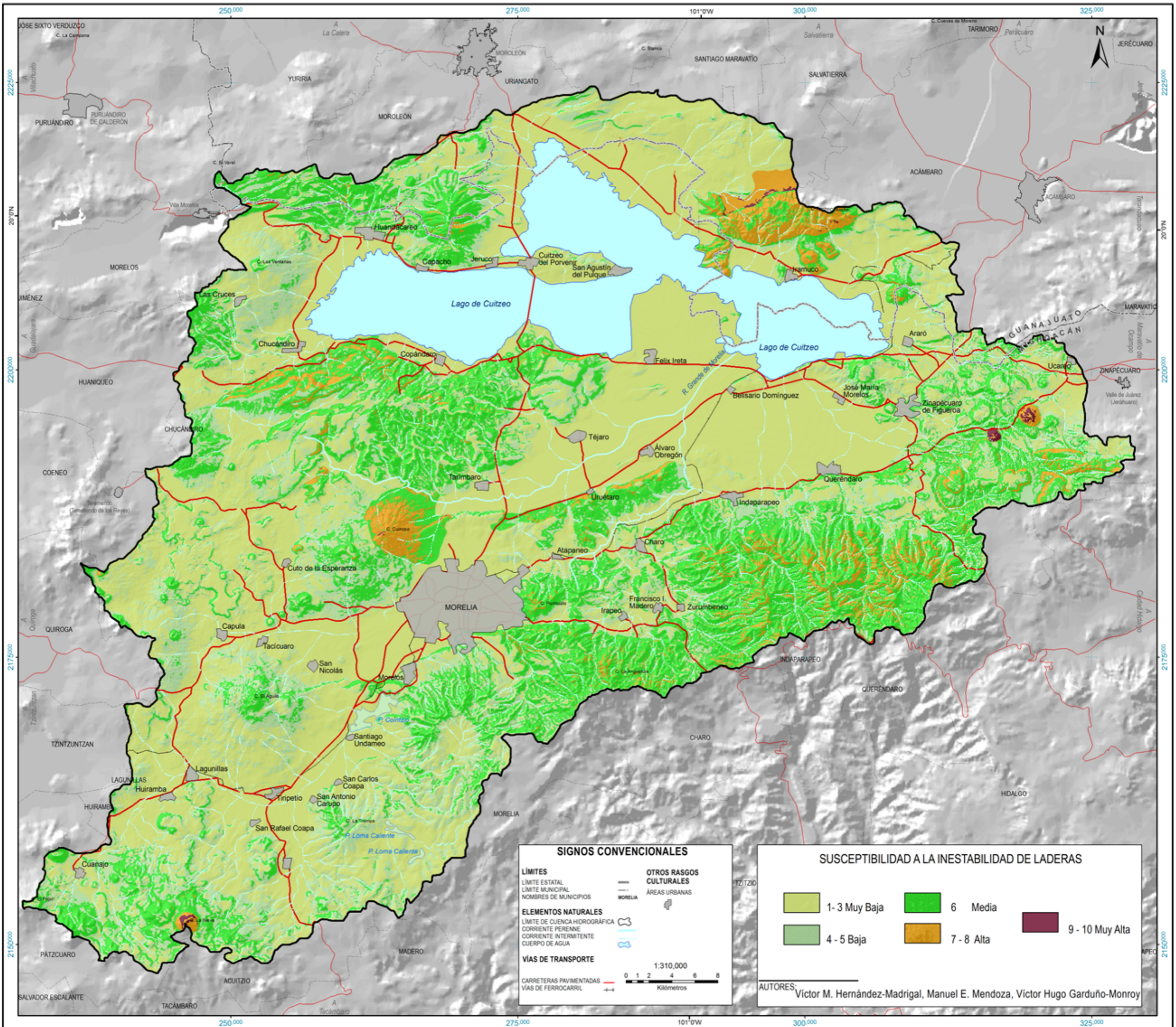
Los antecedentes bibliográficos revelan un consenso generalizado de que la cartografía temática-inventario de procesos de remoción en masa, constituye el primer elemento a ser obtenido en cualquier enfoque aplicable para la evaluación del riesgo por inestabilidad de laderas y programas de mitigación. Esta cartografía consiste en el reconocimiento de dos de los elementos principales de cualquier inestabilidad: escarpe o zona de despegue y el cuerpo o depósito; así, el mapa-inventario es el conjunto de datos que puede representar eventos de inestabilidad múltiples o simples (Spiker y Gori, 2003). Sin embargo, de acuerdo con resultados obtenidos por Brabb (1993), en la mayoría de los países considerados de primer mundo, su cartografía temática-inventario apenas cubre 25% de su superficie total. En México no se tiene un reporte oficial sobre el estado que guarda el avance de la cartografía temática-inventario de procesos de remoción en masa de su territorio; por lo que este trabajo en la cuenca de Cuitzeo constituye uno de los primeros antecedentes de este tipo de cartografía. La evaluación de la susceptibilidad de la inestabilidad de laderas en esta área de estudio se realizó aplicando un método semicuantitativo propuesto por Brabb *et al.* (1972); (Tabla 1). En este método, el insumo principal es el inventario de cuerpos inestables (Mapa 1.4a) y el resultado (Mapa 1.4b) se expresa en términos de un número relativo de susceptibilidad (RNS).

Las inestabilidades de laderas cartografiadas corresponden principalmente a deslizamientos traslacionales y rotacionales, flujos de detritos, avalancha de detritos y rocas, y deformaciones gravitacionales profundas de laderas (flujos de rocas o *sackung*). La distribución de la inestabilidad de laderas en la cuenca de Cuitzeo responde a tres características principales del terreno:

- 1) Fallas geológicas de dirección este, noreste-oeste y suroeste definen una distribución lineal de la inestabilidad, particularmente en el sector centro-sur de la cuenca (fallas La Paloma y Tarímbaro); (Mapa 1.4c).
- 2) Unidades litológicas muy alteradas y fuertemente disectadas que alojan enjambres de cuerpos inestables, particularmente en las formaciones andesíticas del Mioceno-Plioceno en la comunidad de San Pedro Pejo, secuencia andesítica y piroclástica de La Escalera al sureste de la ciudad de Morelia, y secuencia volcánica andesítica de Mil Cumbres-Cuitzeo al sureste de Indaparapeo.
- 3) Estructuras volcánicas con forma de domos y conos monogenéticos semiescudo que alojan inestabilidades locales en sus laderas.

Las zonas de muy alta susceptibilidad a los PGRM se localizan en los sectores este y noreste de la cuenca, específicamente en los domos dacíticos y flujos piroclásticos al este de Zinapécuaro, y en la secuencia andesítica del Mioceno-Plioceno de San Pedro Pejo. La ciudad de Morelia se encuentra limitada al noroeste y sureste por zonas de alta a muy alta susceptibilidad, que corresponden

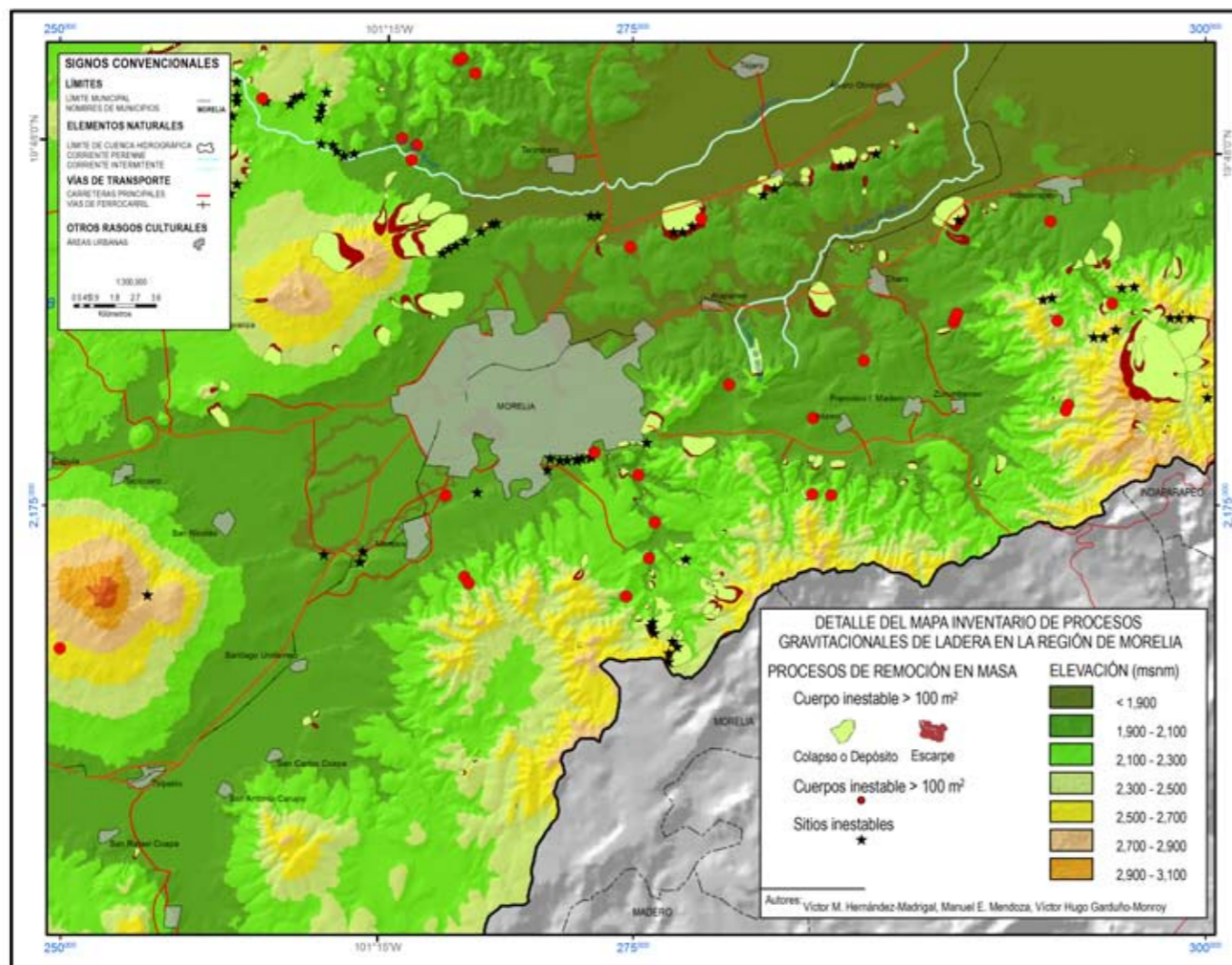




a la vertiente este del cerro del Quinceo y al escarpe de la falla La Paloma. En este último sector se han observado inestabilidades recientes que se manifiestan en deslizamientos rotacionales y flujos de detritos dentro de la zona urbana.

En la autopista Morelia-Guadalajara, las obras civiles que no han sido bien diseñadas y están fuera del contexto geológico, han generado y acelerado inestabilidades como: volcamientos, deslizamientos rotacionales y traslacionales, y flujos de detritos. Todo ello en unidades de suelos, coluviones, derrames andesítico-basálticos y depósitos piroclásticos, estos últimos densamente fracturados e intemperizados. Esta inestabilidad activa pone en riesgo la seguridad y funcionalidad de la autopista, ya que frecuentemente los depósitos invaden los carriles de circulación.

**Mapa 1.4c - Detalle del mapa inventario de procesos gravitacionales de ladera, región Morelia**



Las caídas y volcamientos impactan fuertemente en la seguridad de las poblaciones cercanas a flujos piroclásticos, como sucede en la margen sureste del lago de Cuitzeo, donde los niveles de ignimbritas soldadas que descansan sobre niveles de flujos más arcillosos representan casos potenciales de peligros de PGRM.

El origen de los cuerpos inestables de la cuenca de Cuitzeo es variable; sin embargo, la cartografía temática-inventario de éstos es el primer paso en la identificación de sus factores detonantes y condicionantes, ya que permitirá diferenciar cuerpos inestables recientes de aquellos antiguos, y su correlación con los factores que los disparan (climáticos, antropogénicos, sísmicos, entre otros).

Este tipo de cartografía representa una herramienta fundamental para la planificación del territorio de los diferentes municipios que integran la cuenca de Cuitzeo, así como también para las dependencias gubernamentales encargadas de la administración del riesgo geológico. Debido a ello, es de vital importancia que en el diseño de proyectos ejecutivos sean tomados en cuenta estudios relacionados, con el objetivo de lograr una mejor integración de la obra civil al medio geológico y al paisaje.

**Tabla 1. Metodología para la evaluación de la susceptibilidad a la inestabilidad de laderas de la cuenca de Cuitzeo.**

Etapa	Descripción
1	Se cuantificó la superficie total inestable para cada una de las unidades litológicas consideradas
2	Se definió el número relativo de susceptibilidad (RSN), en función del porcentaje de área afectada por cuerpos inestables.
3	Se clasificaron las diferentes unidades geológicas en valores RSN de acuerdo a los valores anteriores
4	Se obtuvo un mapa de pendientes reclasificado de acuerdo a las siguientes clases: 0-4, 4-8, 8-16, 16-28, 28-44 y >44°.
5	Cada clase de pendientes en las diferentes formaciones litológicas se clasificó en valores RSN siguiendo el punto 2
6	Se obtuvo un mapa de susceptibilidad a la inestabilidad mediante la suma de los valores RSN

Modificada de Brabb *et al.*, 1979.



## Distribución de Cárcavas

Hugo Zepeda Castro  
Alberto Gómez Tagle Chávez

Alberto F. Gómez Tagle Rojas  
Fabricio Mariano Domínguez

Una cárcava típica se define como aquella geoforma expresada como una incisión poco profunda en el terreno, con paredes verticalizadas, cabeceras activas y perfiles longitudinales de pendiente elevada formada en los materiales blandos, como resultado de un proceso mediante el cual, el agua de escurrimiento superficial o subsuperficial se acumula en cauces estrechos y por periodos cortos de tiempo, removiendo el suelo de esta área a tasas elevadas (Imagen 1). En etapas avanzadas de erosión y bajo ciertas circunstancias, las cárcavas pueden extenderse a tal grado que llegan a fusionarse entre ellas, formando una superficie altamente erosionada denominada *badland*, caracterizada por la ausencia de cobertura vegetal y la pérdida de la forma típica de una cárcava (Imagen 2).



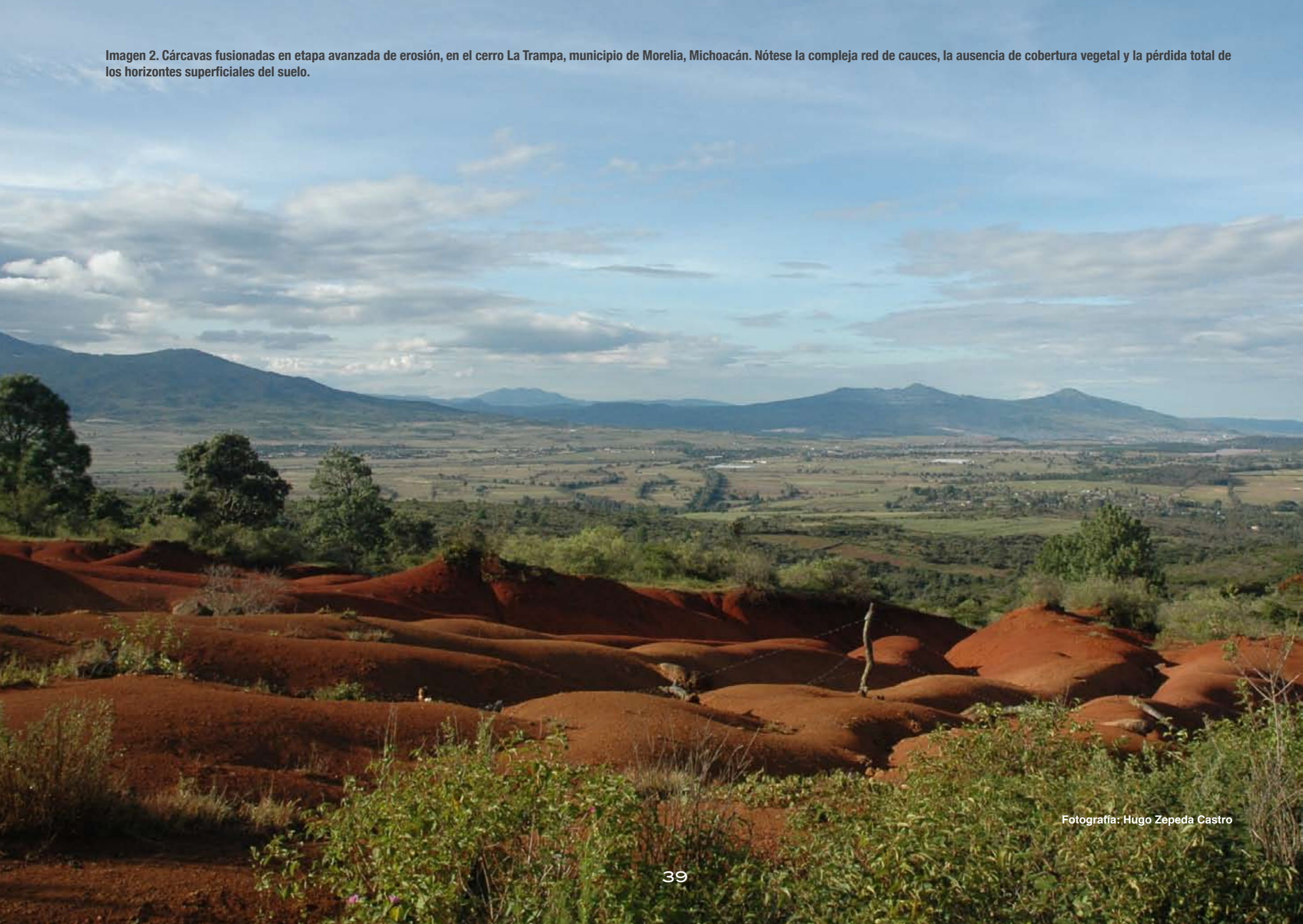
Fotografía: Hugo Zepeda Castro

Imagen 1. Forma de una cárcava típica.

La formación de cárcavas es el resultado de la interacción de múltiples factores (Schumm *et al.*, 1984); este proceso ocurre sólo si se rebasan ciertos umbrales de flujo hidráulico, precipitación, pedología, topografía y manejo de los terrenos (Poesen *et al.*, 2003). En términos de flujo hidráulico, la iniciación de una cárcava ocurre cuando la resistencia de la superficie del suelo es rebasada por el esfuerzo cortante del flujo concentrado, para el cual diversos autores han calculado valores críticos en el intervalo de 3.3 Pa (Nachtergaele, 2001) a más de 240 Pa (Prosser, 1996), dependiendo de algunas propiedades del suelo (textura y humedad), y el grado y tipo de cobertura vegetal de la superficie. Por otra parte, la precipitación tiene un papel crucial en esta forma de erosión, se han documentado umbrales entre 14.5 y 22 mm para sitios sujetos a manejo agrícola y más de 100 mm para los de actividades forestales (Poesen *et al.*, 2003).

La influencia del suelo es más compleja; por ejemplo, se ha documentado que depende más de la resistencia del horizonte expuesto al flujo concentrado que del tipo de suelo como tal. En general, los horizontes Bt tienen mayor resistencia que los horizontes Ap y C (Ireland *et al.*, 1939; Sneddon *et al.*, 1988; Poesen, 1993; Nachtergaele y Poesen, 2002), por lo que la dinámica temporal y espacial de la influencia del suelo depende de la distribución vertical de los horizontes en relación con la profundidad de incisión. La influencia del material litológico subyacente está menos documentada, pero en términos generales, el control de la profundidad de las cárcavas se atribuye a la dureza de estos materiales, ya que las rocas duras y poco alteradas permiten una incisión a profundidades menores que los materiales poco consolidados (Poesen *et al.*, 2003).

Imagen 2. Cárcavas fusionadas en etapa avanzada de erosión, en el cerro La Trampa, municipio de Morelia, Michoacán. Nótese la compleja red de cauces, la ausencia de cobertura vegetal y la pérdida total de los horizontes superficiales del suelo.



Fotografía: Hugo Zepeda Castro



Otro factor importante es el uso del suelo y su modificación (cambio de uso del suelo) que funciona como control de la presencia de cárcavas. Ésto se ha documentado en distintas partes del mundo y se reportan relaciones entre la reducción de la cobertura vegetal por efecto del pastoreo o el uso agrícola y la ocurrencia de precipitaciones extremas con la presencia de cárcavas (Webb y Hereford, 2001). También se ha registrado la presencia de cárcavas bajo cobertura forestal; sin embargo, su presencia usualmente se atribuye a cambios de uso del suelo históricos (deforestación) en combinación con precipitaciones extremas en su momento. No obstante, se destaca la influencia de algunos elementos lineales del paisaje, tales como surcos y trincheras delimitadoras de parcelas, huellas de tractores y veredas como detonadores de la iniciación de cárcavas, bajo cualquier uso del suelo (Casalí, 1999).

Esta forma de erosión frecuente en el planeta se ha descrito en casi todos los climas y áreas geográficas como responsable de la pérdida significativa de suelo, producción de sedimentos y evolución del paisaje (Menéndez-Duarte *et al.*, 2007). Actualmente se considera a la erosión en cárcavas como el principal proceso responsable de la llegada de sedimentos a los cuerpos de agua, debido a que a través de las cárcavas una gran cantidad del suelo erosionado en una área específica es transportada y eventualmente emitida a la red fluvial de las cuencas (Evans, 1993). Diversos autores han calculado que la contribución de este tipo de erosión a la pérdida total de suelo en cuencas puede ser del 10 al 100% (Poesen *et al.*, 1996; Casalí *et al.*, 1999; Laflen, 1985; Thomas *et al.*, 1986; Spomer y Hjelmfelt, 1986; Grissinger y Murphey, 1989; Smith, 1993; Vandaele, 1993; Vandaele *et al.*, 1996; Plata Bedmar *et al.*, 1997; Hughes y Prosser, 2003). Pese a su importancia como fuentes de sedimentos, la superficie afectada por este proceso aún no ha sido cuantificada en el lago de Cuitzeo, principalmente por la gran cantidad de recursos que implica un esfuerzo cartográfico de esta naturaleza. Usualmente la cartografía de cárcavas se restringe a superficies pequeñas (Casalí *et al.*, 1999), generalmente con propósitos científicos. Sin embargo, un producto cartográfico de este tipo puede ser de gran utilidad para la orientación de programas de control de la erosión y restauración de estas áreas, encaminados a mejorar la calidad del agua en las cuencas.

El presente capítulo contribuye al conocimiento general de la erosión en cárcavas dentro de la cuenca de Cuitzeo, además de aportar una base cartográfica de utilidad para los distintos propósitos de planeación, manejo, restauración, investigación y aquellos que el lector considere convenientes.

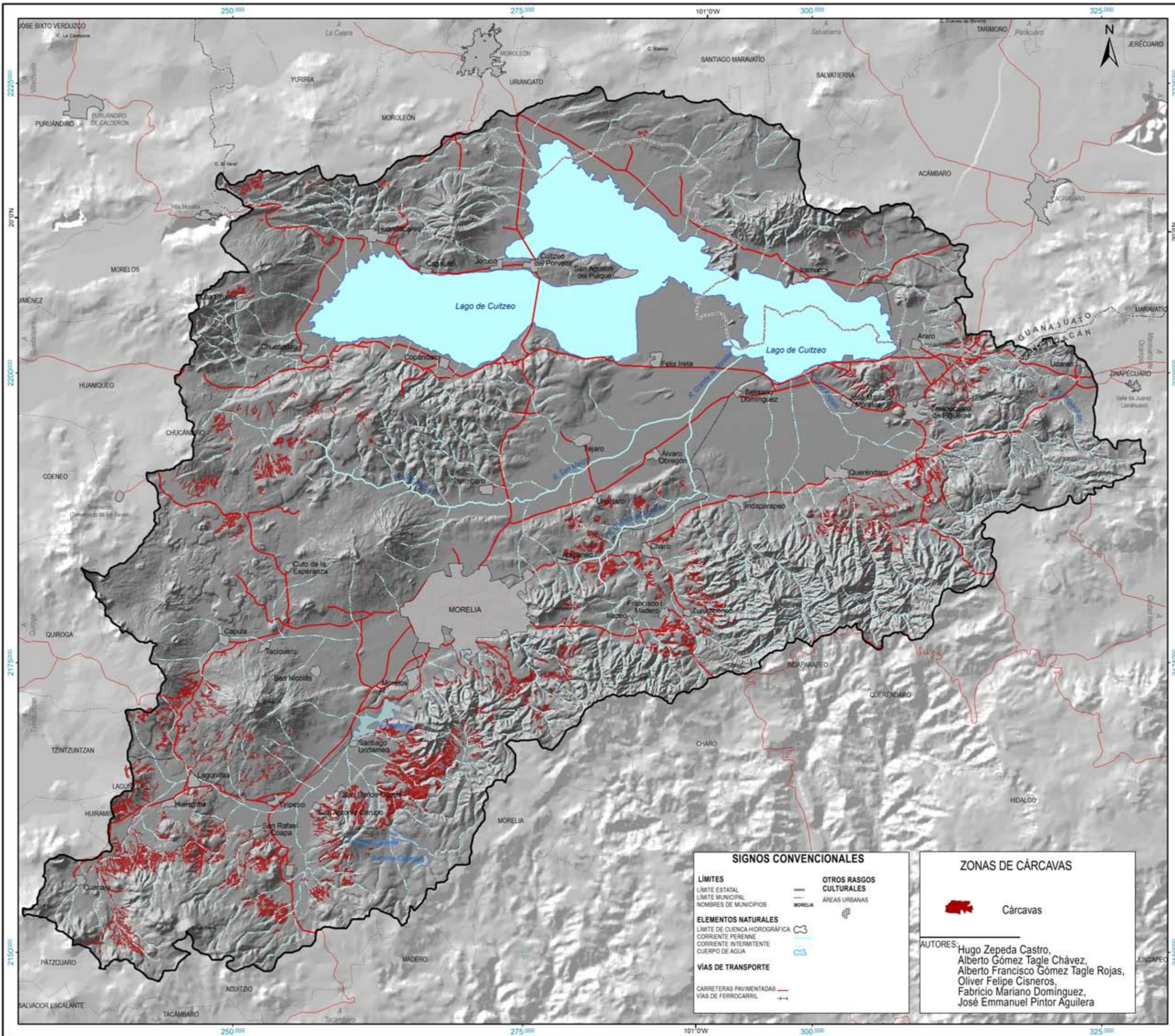
## Materiales y Métodos

La delimitación de las cárcavas se hizo mediante la digitalización en pantalla sobre ortofotografías digitales de 1995 a escala 1:20,000, adquiridas en el Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI). La interpretación de los rasgos se apoyó con verificaciones de campo y fotografías aéreas digitales proporcionadas por el Departamento de Ciencias de la Tierra y del Instituto de Investigaciones sobre los Recursos Naturales (INIRENA). Estas fotografías con escalas entre 1:3,500 y 1:8,500 se obtuvieron mediante un vuelo inédito de adquisición de imágenes para algunas partes de la cuenca. El vuelo se efectuó el 17 de junio de 2005 y se adquirieron 765 imágenes. La plataforma de digitalización fue el programa CartaLinx Versión 1.2 (Clark Labs, 1998). Las imágenes aerofotográficas y los recorridos de campo permitieron verificar el 90% de los polígonos delimitados y posteriormente corregidos. La información se exportó con formato \*.SHP ESRI (ArcView/ArcGIS) para su edición y procesamiento posterior dentro del Sistema de Información Geográfica ArcView 3.2a. La caracterización de las cárcavas se realizó mediante operaciones SIG de rutina, empleando como insumos un Modelo Digital de Elevación (MDE) con resolución de 20 m interpolado, utilizando el algoritmo de forzamiento de flujo, incluido en el programa ANUDEM 4.3.6, y modelos digitales de terreno derivados de este MDE.

## Resultados

La superficie total ocupada por las cárcavas se calculó en 8,762 ha, esto equivale al 2.15% de la superficie total de la cuenca (calculada en 407,500 ha). La superficie calculada en este trabajo es considerablemente mayor que la obtenida por López *et al.* (2006), quienes mediante el empleo de fotografías aéreas escala 1:50,000 para 1975 y 1:37,000 para el 2000, reportan 666 ha (0.2%) y 1,517 ha (0.4%), respectivamente, como zonas de alta erosión para la cuenca de Cuitzeo. Estas unidades tienen superficies que van de 0.02 ha hasta 1,035.34 ha, con una superficie promedio de 12.41 ha y una desviación estándar de 58.2 ha. El análisis estadístico mostró que la superficie de estas unidades dentro de la cuenca de Cuitzeo como población, presenta una distribución probabilística de tipo Log-Normal ( $W=0.982$ ,  $p=0.082$ ,  $N=706$ ; Prueba Shapiro-Wilk Origin V7.0), es decir, existe una gran cantidad de cárcavas pequeñas y pocas unidades de tamaño grande (Figura 1).

Fuente: Digitalización en pantalla, de ortofotos digitales del INEGI, escala 1:75,000, a partir de fotografías aéreas tomadas en febrero de 1995, con auxilio de fotografías aéreas tomadas en abril de 2006 y verificación de campo.



Mapa 1.5 - Cárcavas

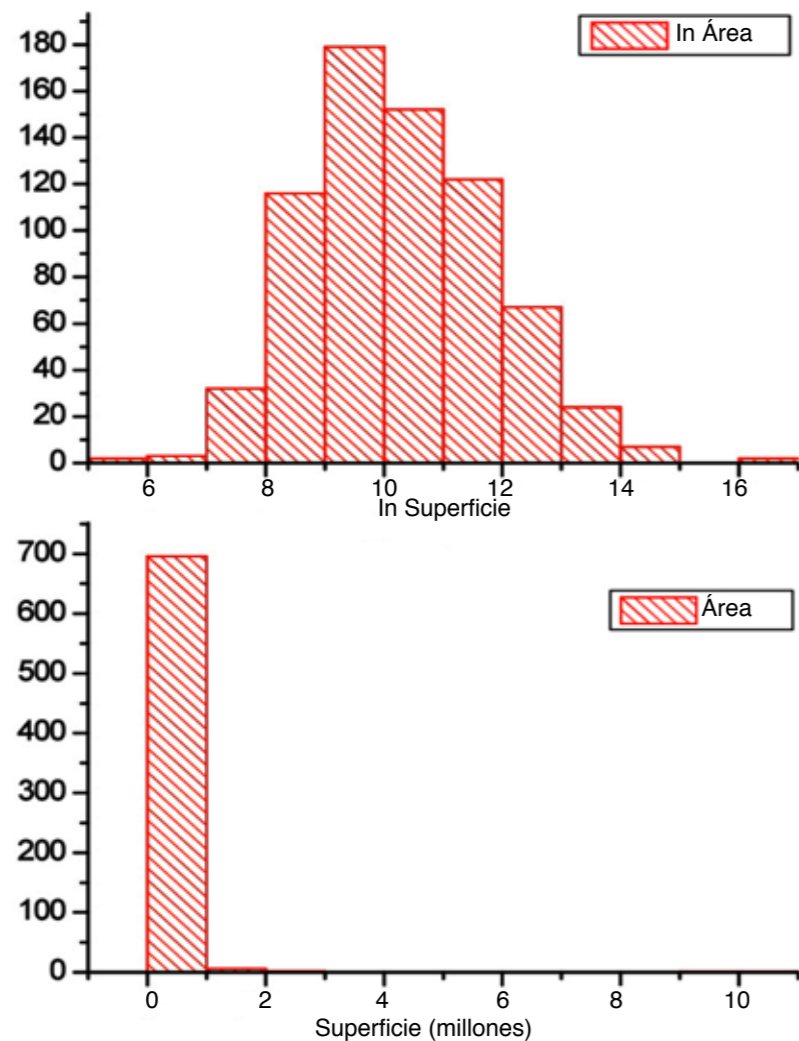


Figura 1. Distribución de la población de cárcavas en la cuenca de Cuitzeo.

El análisis de distribución altitudinal mostró la ubicación de las cárcavas en el intervalo de 1,842 a 2,969 msnm, equivalente a 1,127.08 m, abarcando una proporción importante del desnivel neto de la cuenca (1,586 m). Cabe destacar que no se encontró ninguna relación entre la superficie de las cárcavas y la altitud en la que ocurren. Respecto a la pendiente, las cárcavas se presentan en sitios con pendientes variadas, que va desde escasa o nula ( $2.5^\circ$ ) hasta muy fuertes ( $42.2^\circ$ ). Se encontró una relación positiva entre el logaritmo natural de la superficie y la pendiente máxima de la cárcava, sugiriendo que ésta puede ser un factor causal de la intensidad y profundidad del acaravamiento. En cuanto al material edáfico, Servenay y Prat (2003), reportan que la formación de cárcavas dentro de la cuenca de Cuitzeo ocurre sobre materiales piroclásticos, los cuales suelen presentarse en capas sobrepuestas provenientes de distintos episodios eruptivos, con diferente nivel de evolución de acuerdo al esquema conceptual de Sedov *et al.* (2003a y b) (Imagen 3).

De acuerdo con las bases cartográficas del INEGI (CETENAL, 1973b, a, 1974a; DETENAL, 1979c, a, b, e, d; INEGI, 1979a, 1982b, a; DETENAL, 1983), la ubicación espacial de las cárcavas dentro de la cuenca coincide con áreas que tienen como unidad principal los siguientes tipos de suelo: Acrisoles (41.03%), Luvisoles (24.01%), Vertisoles (13.54%), Andosoles (8.89%), Planosoles (4.77%), Feozem (3.73%), Ranker (3.38%), Litosol (0.33%), Cambisol (0.31%) y Gleysol (0.01%). En cuanto a la litología (CETENAL, 1973c, d, 1974b; DETENAL, 1976, 1978; INEGI, 1978c, d, a, b, e, f, 1979b), la mayor superficie se ubicó sobre materiales basálticos (39.47%), seguido por tobas riolíticas (19.42%), materiales ígneos extrusivos ácidos (12.76%), Andesitas y brecha volcánica andesítica (9.39%), aluvión ó aluvión con tobas riolíticas (7.91%) y Andesitas (3.16 %); el restante 7.86% se ubica en áreas con litologías de brecha volcánica basáltica o ácida, tobas andesíticas, materiales residuales, riolitas con tobas riolíticas y conglomerados.

En términos de la distribución espacial resulta interesante que la mayoría de las cárcavas se localizan en la porción sur y suroeste de la cuenca, siendo prácticamente inexistentes en la porción norte. Los sitios con mayor densidad de cárcavas coinciden con la presencia de varios de los factores que favorecen su formación, entre los que destaca la gran superficie cubierta por materiales piroclásticos estratificados en columnas de gran espesor, formando rampas volcánicas o de piroclastos, las cuales son muy abundantes en la región de Tupátaro y Cuanajo (suroeste de la cuenca) y en algunos puntos de la cuenca del Río Chiquito de Morelia. Otro factor de gran relevancia es la elevada superficie de cárcavas sobre Acrisoles y Luvisoles (aproximadamente 65% de la superficie acaravada). Ambos suelos presentan en su perfil un horizonte de acumulación de arcilla de tipo Bt. Algunos autores mencionan que este horizonte presenta alta resistencia al esfuerzo cortante del flujo concentrado y por ende, elevada resistencia a la incisión. Bedolla-Ochoa (com. pers.) reporta baja erodabilidad para el material de la cárcava en suelos volcánicos de la Caldera de Atécuaro, municipio de Morelia. Esto indica que es poco probable que la iniciación de las cárcavas en estas áreas se deba exclusivamente al efecto del flujo concentrado, por lo que existe la posibilidad de diferentes orígenes asociados a la presencia de elementos lineales del paisaje, como las rutas de transporte de madera con bestias de carga, caminos de mansedumbre, antiguos caminos reales o el empleo de zanjas como demarcaciones entre predios.



Fotografía: Alberto Gómez Tagle Chávez



Imagen 3. Perfil edáfico típico de una cárcava profunda en la región de Tupátaro, Michoacán. Las líneas horizontales separan tres secuencias pedogenéticas, probablemente reiniciadas por distintos eventos de depósitos piroclásticos.

# Suelos

Arcelia Cabrera González  
 Lenin Ejecatl Medina Orozco  
 María Alcalá De Jesús

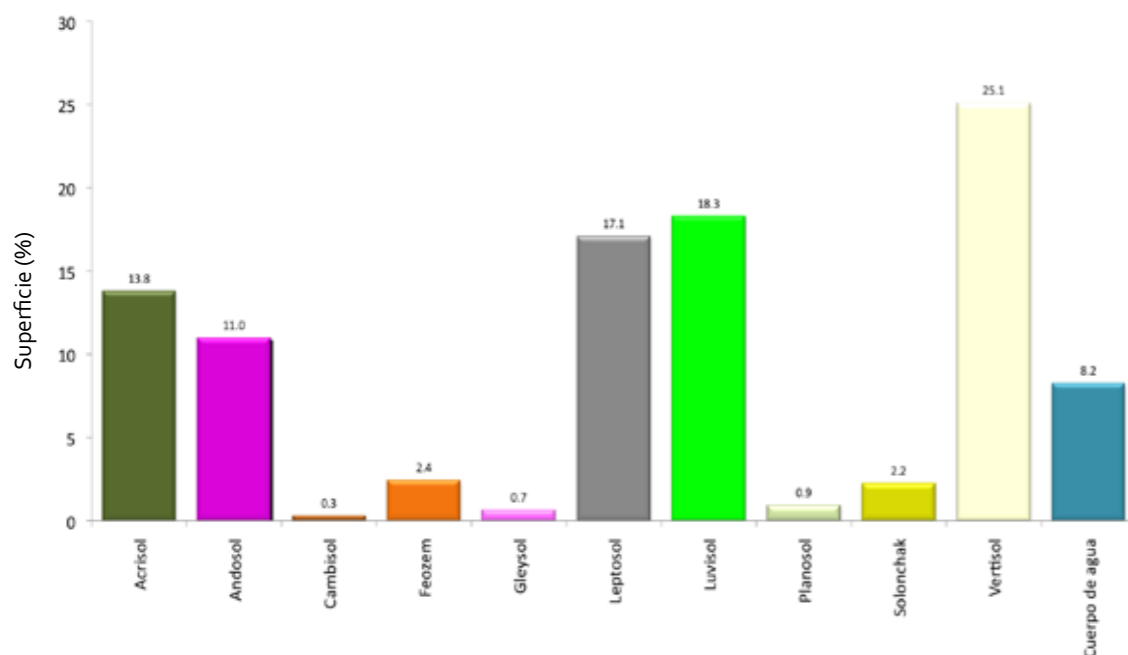
José Francisco Sánchez Espinoza  
 Juan Manuel Ayala Gómez

El mapa de suelos (1.6) para la cuenca de Cuitzeo es el resultado del análisis e integración de la información de trabajos de investigación a nivel de microcuencas, realizados en el Laboratorio de Edafología de la Facultad de Biología de la Universidad Michoacana desde el año 1991 a la fecha.

Se caracterizaron 250 sitios bajo el criterio propuesto por Madrigal (1981) para estudios fitoecológicos; en cada uno se describió y muestreó un perfil de suelos conforme a Cuanalo (1990) y se analizaron sus propiedades físicas y químicas (Cabrera *et al.*, 1992); se presenta un resumen de las características del suelo en la Tabla 1. En la cuenca se han cubierto 900 km<sup>2</sup> de superficie que corresponden a 9 microcuencas y en el resto del área se infirió la presencia de las diferentes unidades de suelo, realizando verificaciones de campo.

En la cuenca dominan cinco unidades de suelo (Gráfica 1), que se encuentran distribuidas en el paisaje en una secuencia determinada por la topografía (toposecuencia). En la zona montañosa se presentan tres unidades de suelo de composición ácida: Andosoles en las zonas más altas de la cuenca, seguidas por Acrisoles y Luvisoles. A medida que las pendientes disminuyen, se presentan los Feozems y en las partes bajas, sobre terrenos planos en donde convergen los escurrimientos, se encuentran los Vertisoles.

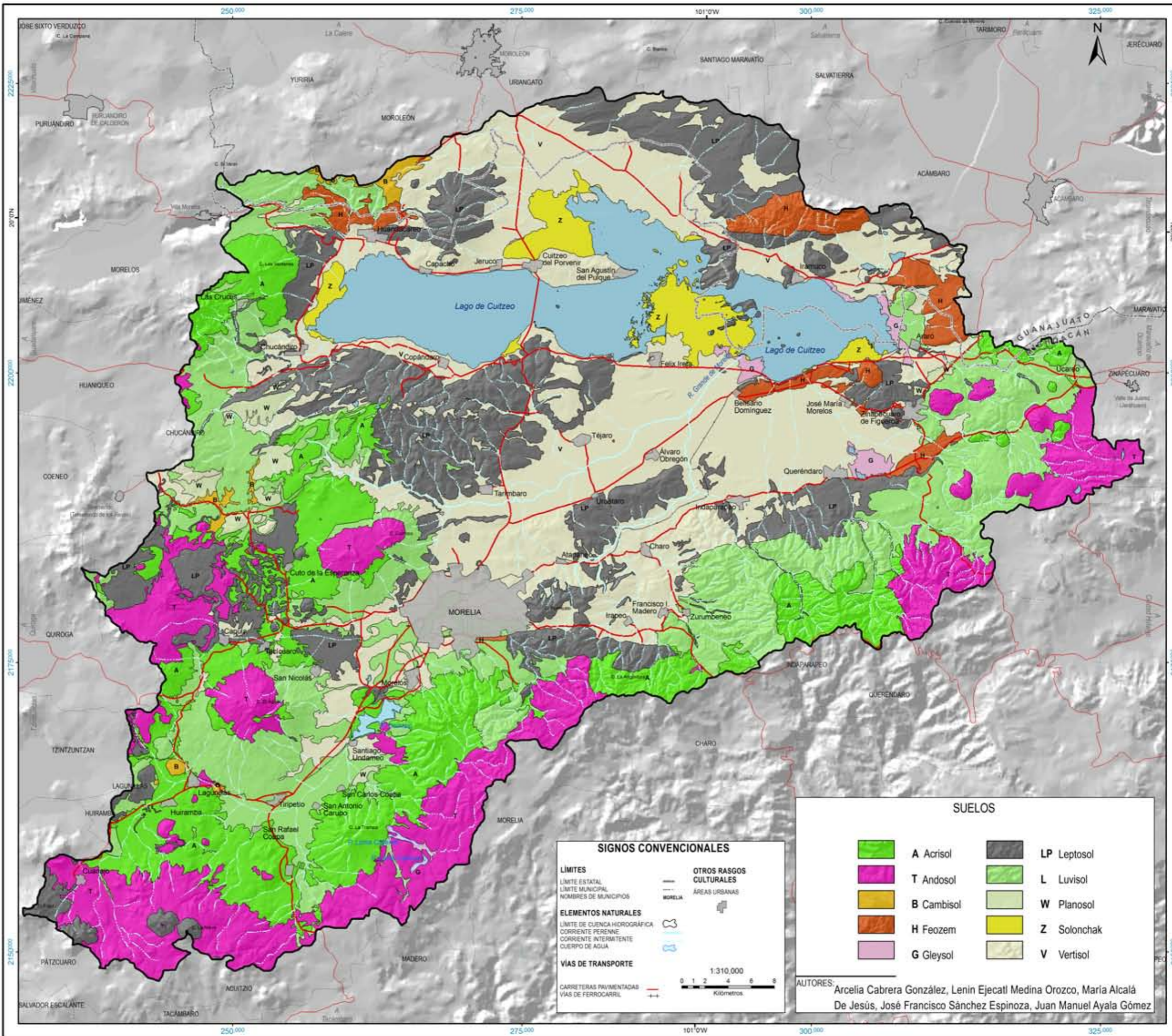
De distribución más restringida y respondiendo a procesos de formación de suelo específicos están los Leptosoles y los Cambisoles en áreas con fuerte pendiente y en lechos de lava; los Planosoles y Gleysoles en sitios saturados y lugares fangosos en donde el agua freática alcanza la superficie; los Solonchaks en las orillas del lago o en donde el riego es inadecuado.



Gráfica 1. Porcentaje de superficie de las unidades de suelo y de cuerpos de agua en la cuenca de Cuitzeo.

Los **Andosoles** se presentan en altitudes de 2,300 a 3,100 msnm sobre conos volcánicos, en ambientes húmedos con pendientes que varían de extremas a moderadas. En estos suelos se desarrollan bosques de pino-encino, aunque hay grandes extensiones abiertas a la agricultura de temporal (maíz, frijol y forraje). Una de las características más importantes en estos suelos que se desarrollan a partir de cenizas volcánicas, es la inmovilización de fósforo, el cual se traduce en una limitante importante para la agricultura. Estos suelos se localizan en áreas con alto potencial de recarga de agua para la cuenca y son susceptibles a la erosión hídrica cuando carecen de una buena cobertura vegetal.

Los **Acrisoles** y **Luvisoles** se localizan en ambientes similares, pero a menor altitud (1,900 a 2,700 msnm). Se caracterizan por ser ácidos y estar fuertemente meteorizados. Tienen mayor contenido de arcilla en el subsuelo (horizonte Bt) que en el suelo superficial. Los Acrisoles tienen una saturación de bases menor de 50%, debido a que se presentan en zonas de pendientes onduladas y pronunciadas que favorece el lavado de bases. Los Luvisoles tienen una saturación de bases mayor a 50% y ocurren principalmente en áreas de



# 1 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS

pendientes suaves. La vegetación de estos suelos es de bosque de pino, pino y encino, y de pastizal; existen áreas destinadas a la agricultura de temporal con bajos insumos externos. Las limitantes asociadas a la agricultura son la fijación de fósforo y la toxicidad por hierro y aluminio solubles, por lo que son recomendables las enmiendas de encalado para incrementar el pH y el uso de fertilizantes de reacción alcalina. Estos suelos son susceptibles de sufrir compactación por efecto del pastoreo y con frecuencia presentan erosión en cárcavas. Zepeda *et al.* (Capítulo 1.5, Distribución de Cárcavas) reportan que 65% de las cárcavas de la cuenca se forman en este tipo de suelos, por lo que representan áreas que requieren de atención especial para realizar obras de conservación y rehabilitación de suelos.

A menor altitud (2,000 a 2,350 msnm) se encuentran los **Feozems**, de color oscuro y ricos en materia orgánica, con saturación de bases mayor a 50% en los primeros 100 cm. Se localizan en zonas llanas a onduladas de pendientes suaves, en algunos sitios aún persiste el matorral subtropical conservado. Son excelentes tierras agrícolas por presentar buen drenaje y alta fertilidad.

Los **Vertisoles** se localizan en depresiones y zonas planas entre los 1,900 y 2,300 m de altitud. Tienen un alto contenido de arcillas expandibles (>30%) que se ensanchan y contraen, dependiendo del contenido de agua y que provocan la formación de grietas profundas cuando están secos e incrementan su volumen al humedecerse. Son suelos profundos y fértiles, por lo que en la cuenca se les utiliza principalmente para actividades agrícolas y de pastoreo. Por sus propiedades físicas y el régimen de humedad son susceptibles al anegamiento, presentan una alta adhesividad cuando el suelo está mojado y son muy duros cuando están secos, por lo que es importante un manejo adecuado durante la labranza. Si se destinan para la construcción de viviendas se requiere de obras de ingeniería adecuadas para minimizar el efecto de expansión-contracción del suelo.

Los **Leptosoles** se reconocen por estar limitados en profundidad por roca dura continua o una capa endurecida como el tepetate dentro de los primeros 25 cm. Son comunes en las laderas de los cerros y lomeríos con pendiente accidentada y en derrames lávicos. Contienen gran cantidad de gravas, por lo cual presentan muy buen drenaje. Son un recurso potencial para el pastoreo y el establecimiento de pastizales en estación húmeda; sin embargo, en la estación seca pueden presentar problemas por su baja capacidad para almacenar agua.

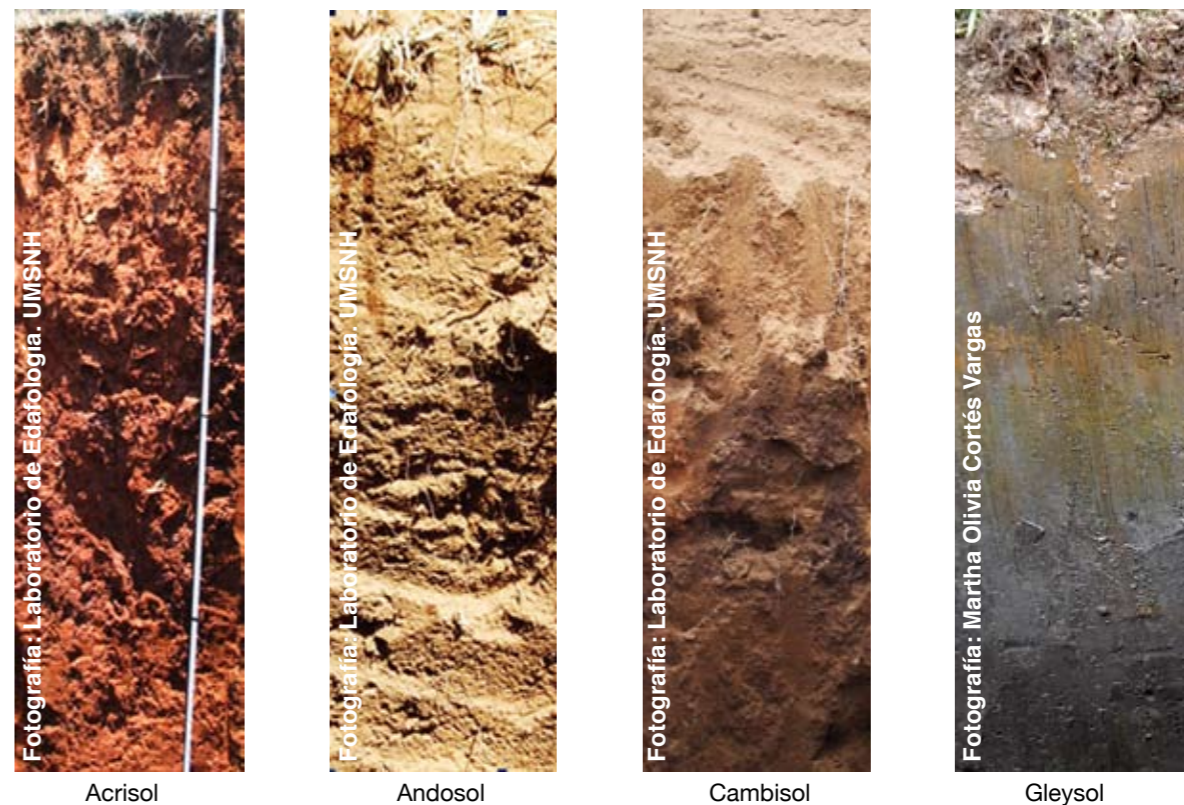


Imagen: Ejemplos de suelos en la cuenca de Cuitzeo.

Son muy susceptibles a la erosión cuando están desprovistos de vegetación, pero favorecen la cimentación cuando su uso es para desarrollo urbano.

Los **Planosoles** se ubican en zonas llanas o en depresiones inundables, se originan de depósitos de arcilla aluviales y coluviales. Son poco permeables por lo que presentan condiciones reductoras que restringen su uso agrícola y son poco fértiles. Sostienen vegetación de pastizal, arbustiva dispersa y árboles que tienen sistema de raíces adaptadas a estas condiciones. Es común que se utilicen para pastoreo extensivo.

Los **Gleysoles** se encuentran en zonas de inundación, posiciones bajas del paisaje y en particular en la ribera del lago. Muestran evidencias de procesos de reducción por estar saturados con agua freática durante periodos prolongados. No tienen potencial agrícola y frecuentemente se utilizan para pastoreo. Juegan un papel importante como zonas de amortiguamiento de los cuerpos de agua, por lo que se debe desarrollar un programa de protección especial para este tipo de suelos.

Los **Solonchaks** se localizan principalmente en la ribera del lago y en áreas donde el agua subterránea asciende, disolviendo y arrastrando sales que se depositan en la superficie del suelo, las cuales se presentan en alto contenido dentro de los primeros 50 cm; esto afecta el crecimiento de las plantas por lo que son de poco valor agrícola y son utilizadas para pastoreo extensivo.

Los **Cambisoles** se caracterizan por la ausencia de cantidades apreciables de arcilla y materia orgánica. Se localizan en terrenos llanos a montañosos con gran variedad de vegetación, constituyen buenas tierras agrícolas y se usan intensivamente; los más ácidos, aunque menos fértiles, se utilizan para agricultura mixta y como tierras de pastoreo y forestales.

Los suelos se presentan en diferente proporción en cada municipio de la cuenca de Cuitzeo. Cada unidad de suelo tiene distinto potencial de uso y de manejo, por lo cual resulta importante conocer su distribución dentro de los límites políticos, lo que servirá como base para tomar las decisiones más adecuadas (Gráfica 2).



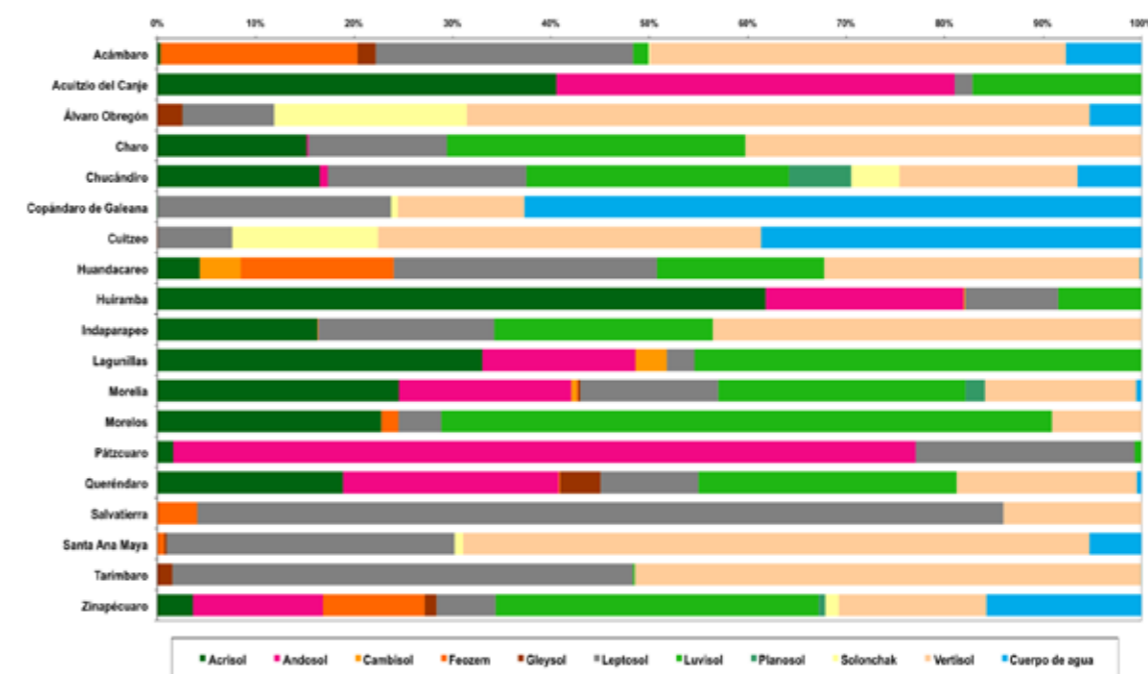
Fotografía: Lorenzo Vázquez Selem

Imagen: Luvisol a 5.5 km al sureste de Queréndaro, al oeste de Pueblo Viejo. Estos suelos rojos, arcillosos y profundos, con frecuencia son afectados por el desarrollo de cárcavas debido a su alta susceptibilidad a la erosión. La parte más superficial del perfil, de color pardo, corresponde a un depósito coluvial, producto de la erosión en partes más altas, que sepulta al suelo rojo visible en el subsuelo.

Tabla 1. Características físicas y químicas de suelos de la cuenca de Cuitzeo.

Suelo	pH	Textura	Estructura	SB (%)	M. O. (%)	CIC (meq 100g)	Características diagnósticas
Andosol	4,9-7,0	Media	Débilmente desarrollada	<50	1,0-9,5	14-22	Propiedades ándicas
Cambisol	5,8-7,0	Media	Moderadamente desarrollada	<50	0,3-2,5	30	Horizonte B cámbico
Acrisol	5,4-7,0	Fina	Fuertemente desarrollada	<50	0,4-5,5	20-28	Horizonte B árgico y SB <50%
Luvisol	6,5-8,0	Fina	Fuertemente desarrollada	>50	1,6-4,2	17-30	Horizonte B árgico y SB >50%
Feozem	6,2-7,5	Media	Moderadamente desarrollada	>50	0,5-9,4	16-26	Horizonte B árgico, altos contenidos de M. O. Presente en zonas de matorral subtropical conservado
Vertisol	6,4-8,5	Fina	Masiva	>50	1,0-6,0	30-40	Sin horizonte B, Fisuras y/o grietas
Leptosol	4,9-7,5	Gruesa	Débilmente desarrollada	>50	0,7-5,0	13-30	Someros
Planosol	6,1-8,1	Media	Masiva	>50	1,4-2,6	21-33	En zonas de estancamiento
Solonchak	9,3-9,5	Media	Sin estructura	100	0,3-0,5	42-50	Salinidad y sodicidad, Corriente Eléctrica > 4 mmhos
Gleysol	4,3-6,2	Fina	Fuertemente desarrollada	<50	4,9-6,3	13-48	Propiedades gleyicas. Hidromorfismo y fangosidad

SB = Saturación de bases. M. O. = Materia orgánica. CIC = Capacidad de Intercambio Catiónico.



Gráfica 2. Porcentaje de superficie de las unidades de suelo y de cuerpos de agua en la cuenca de Cuitzeo por municipio.



# Geomorfología

Manuel E. Mendoza  
Gerardo Bocco

La diferenciación espacial del territorio mediante la selección de criterios (atributos), permite construir una regionalización. En este sentido, se delimitan unidades espaciales basadas en algún criterio de homogeneidad a partir de cierta uniformidad de uno de sus elementos o de la integración de varios de ellos, con objeto de explicar su arreglo espacial en el terreno. Lo anterior permite evaluar la aptitud de uso del terreno y, en consecuencia, se considera parte fundamental del proceso de ordenamiento ecológico territorial (Gallant *et al.*, 1989; Mendoza y Bocco, 1998a). Delimitar al territorio en estos términos permite reconocerlo como una unidad natural de estudio y generar conocimiento teórico y aplicado que pueda usarse para resolver problemas de planeación y manejo de recursos naturales.

El propósito de la cartografía geomorfológica consiste en generar información concisa y sistemática sobre las formas del terreno, los procesos geomorfológicos, la estructura y composición, así como de los fenómenos naturales relacionados (Meijerink, 1988; Zinck, 1988). De esta manera, los mapas elaborados no son únicamente documentos científicos en sí mismos, sino también valiosas herramientas en la evaluación de recursos naturales. En este capítulo se formula la regionalización geomorfológica de la cuenca a escala 1:310,000 con base en datos a 1:50,000, que sirvió de base geoespacial para el ordenamiento territorial en la cuenca del lago de Cuitzeo.

El método de levantamiento reconoce una concepción sistémica de las unidades de relieve; es decir, los atributos de cada unidad presentan distintos tipos de procesos de modelamiento; por ejemplo: la erosión, remoción o acumulación por efecto de las condiciones climáticas, el tipo de roca, el suelo y la cobertura vegetal. En consecuencia, cada unidad tiene una función ecológica distribuida en el espacio. La regionalización puede basarse en los principios de la ecología del paisaje, y es útil porque la información geomorfológica proporciona el marco espacial georreferenciado de aplicación en las políticas de uso y manejo de recursos naturales (Mendoza y Bocco, 1998b). Se utilizó principalmente el criterio morfológico, es decir, de amplitud de relieve y pendiente para la definición de unidades a nivel de paisaje geomorfológico o zonificación geomorfológica; para las formas de relieve se consideraron la geometría y la posición topográfica (Figura 1).

La cartografía morfométrica (hipsometría, pendientes y densidad de drenaje) indica que la cuenca es, en general, una unidad hidrológica de baja amplitud de relieve, la altitud varía desde 1,830 hasta los 3,420 msnm. Sin embargo, el 90% de la cuenca se localiza por debajo de la curva de 2,500 msnm (Mapa 1.7a). Las pendientes varían principalmente entre 0 y 20° (90%); (Mapa 1.7b). El 90% de la densidad de la disección es de nula a moderada (Mapa 1.7c).

La distribución espacial de las unidades superiores (paisajes geomorfológicos) se presenta en el Mapa 1.7e. Las **planicies** cubren una superficie de 727 km<sup>2</sup>, presentan pendientes

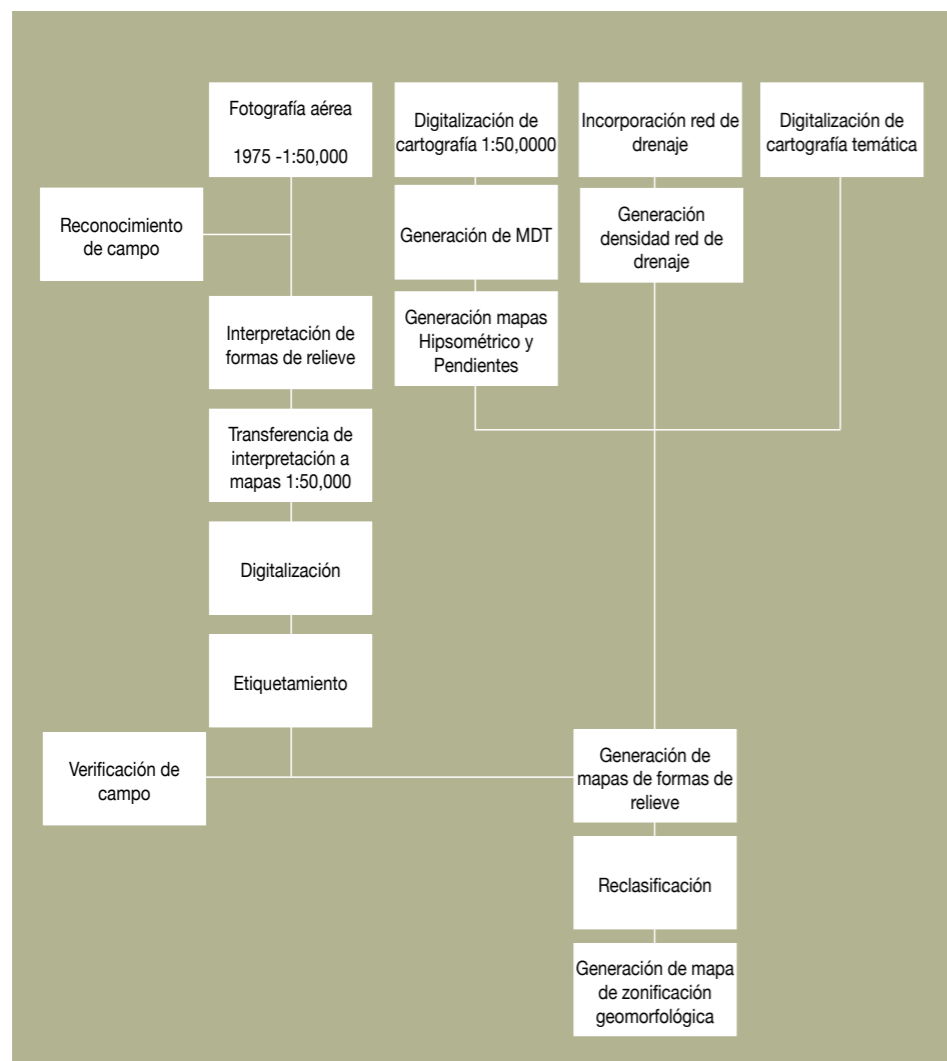


Figura 1. Diagrama del método utilizado para la regionalización geomorfológica.

menores a 3° y densidades nulas a menores de 10 km/km<sup>2</sup>; se conforman por depósitos superficiales y lacustres recientes, en ellas se desarrollan suelos tipo Vertisol, Feozem y Solonchak.

Los **piekemontes** cubren una superficie de 449 km<sup>2</sup>; sus pendientes son menores a 10° y las densidades de drenaje menores a 10 km/km<sup>2</sup>. Se conforman primordialmente por conos de lava y cenizas del Pleistoceno y depósitos superficiales del Reciente, los suelos que se desarrollan son principalmente Luvisoles, Vertisoles y Andosoles.

Las **colinas** representan una superficie de 943 km<sup>2</sup>; presentan pendientes menores de 3 hasta 20°, y densidad de drenaje entre 1 a 10 km/km<sup>2</sup>. Se desarrollan sobre depósitos superficiales del Reciente, volcanes monogenéticos del Holoceno-Pleistoceno y depósitos de caída de diferentes épocas dentro del Cuaternario. Los suelos predominantes son Vertisol, Feozem, Luvisol, Acrisol y Andosol.

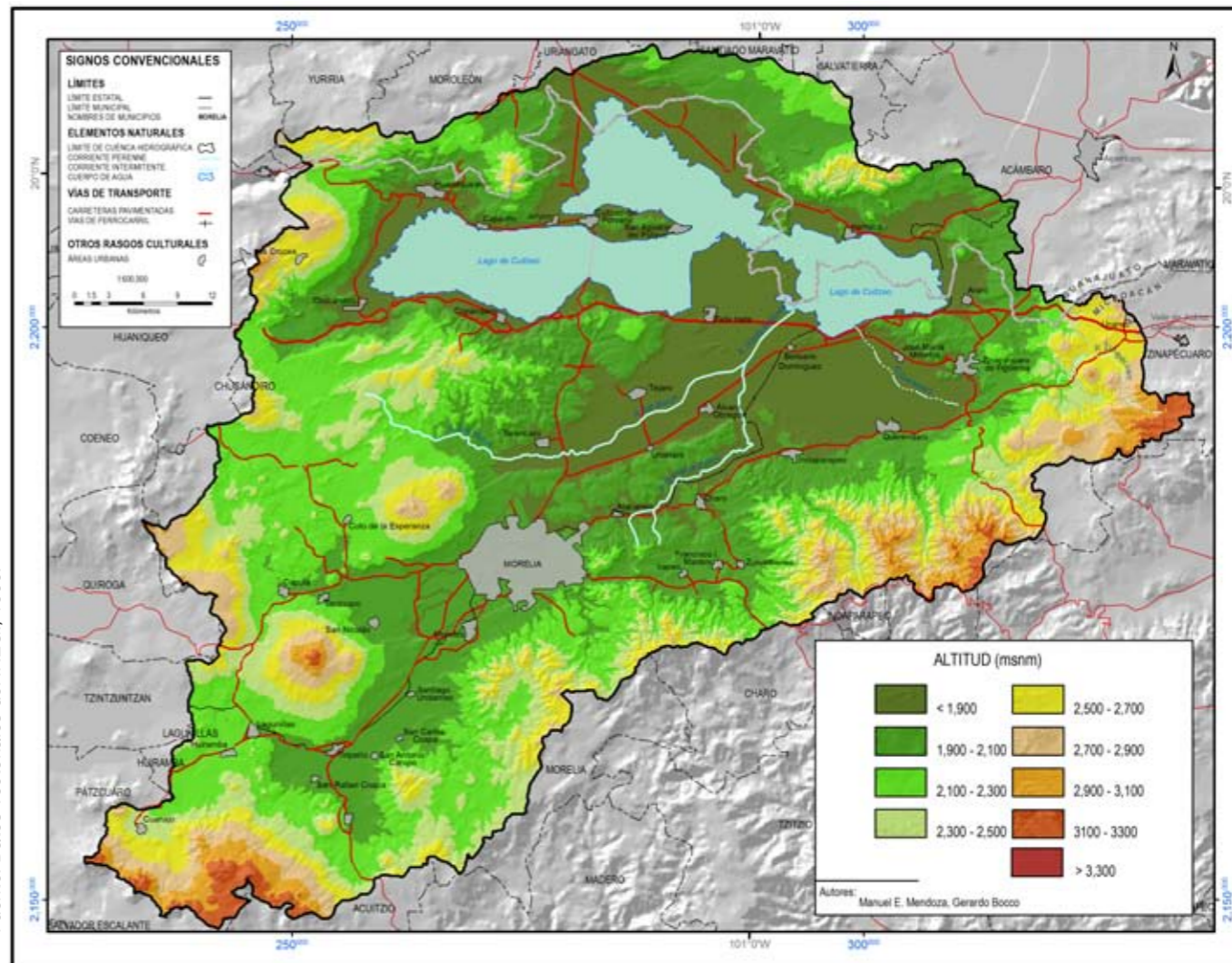
Los **lomeríos bajos** tienen una superficie de 393 km<sup>2</sup>. Sus pendientes oscilan entre 6 y 20° y su densidad de drenaje es inferior a 10 km/km<sup>2</sup>. Se desarrollan sobre conos andesíticos, de lava y cenizas, derrames de basaltos, domos dacíticos y riolíticos y depósitos superficiales. Los suelos predominantes son Vertisol, Andosol, Luvisol y Acrisol.

Los **lomeríos altos** cubren una superficie de 899 km<sup>2</sup>. Sus pendientes oscilan entre los 6 y los 20° y su densidad de drenaje es menor a 10 km/km<sup>2</sup>. Se desarrollan sobre ignimbritas, en conos andesíticos, de lava y cenizas, y derrames de andesitas y basaltos. Los suelos predominantes son Vertisol, Luvisol, Andosol y Acrisol.

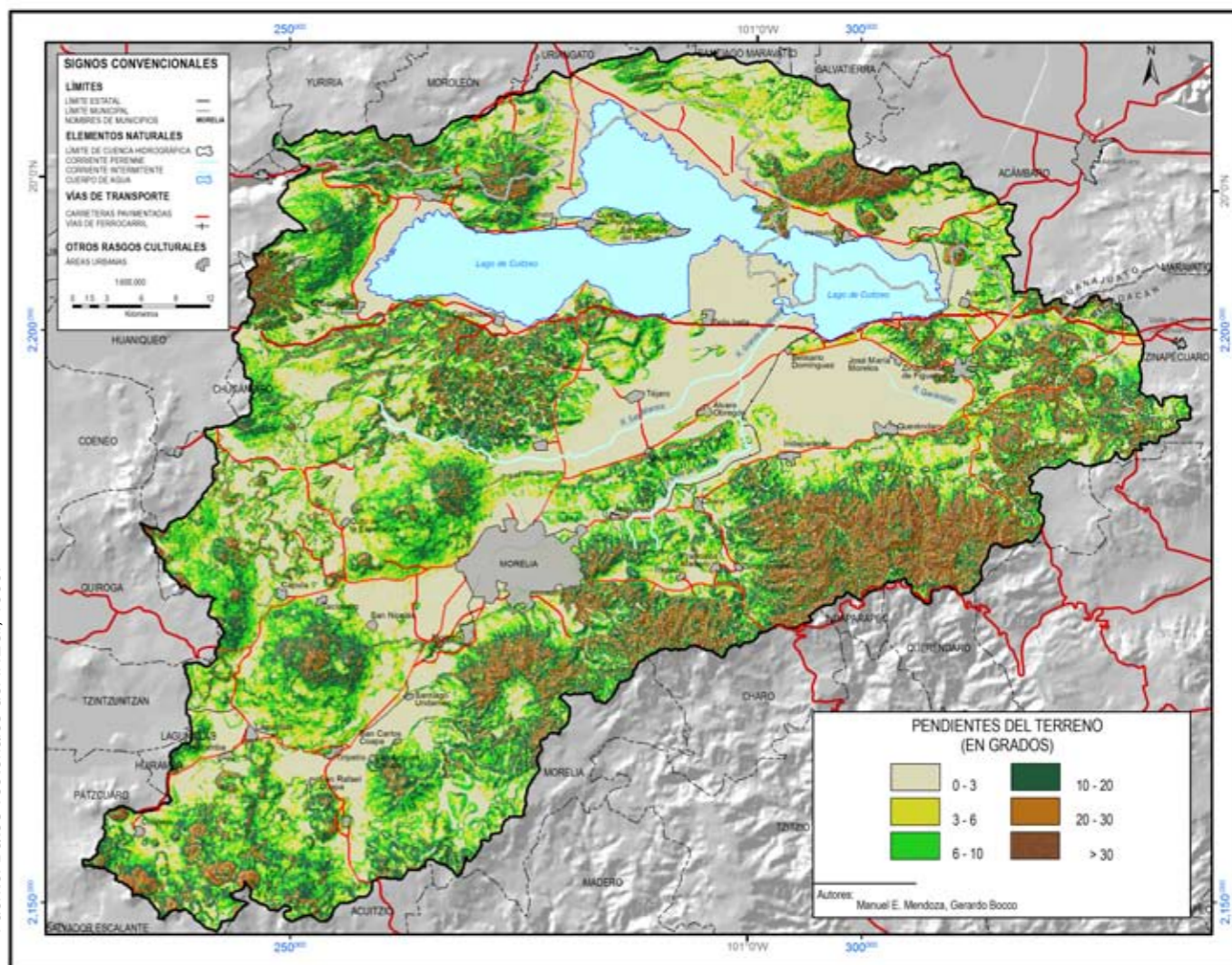
Por último, las **montañas** cubren sólo 286 km<sup>2</sup>. Sus pendientes varían de 6 a 30° y su densidad de disección varía de 2 a 10 km/km<sup>2</sup>. Se desarrollan sobre basaltos y andesitas, conos de lava, cenizas y derrames andesíticos. Sobre estos materiales se desarrollan Luvisoles, Acrisoles y Andosoles.

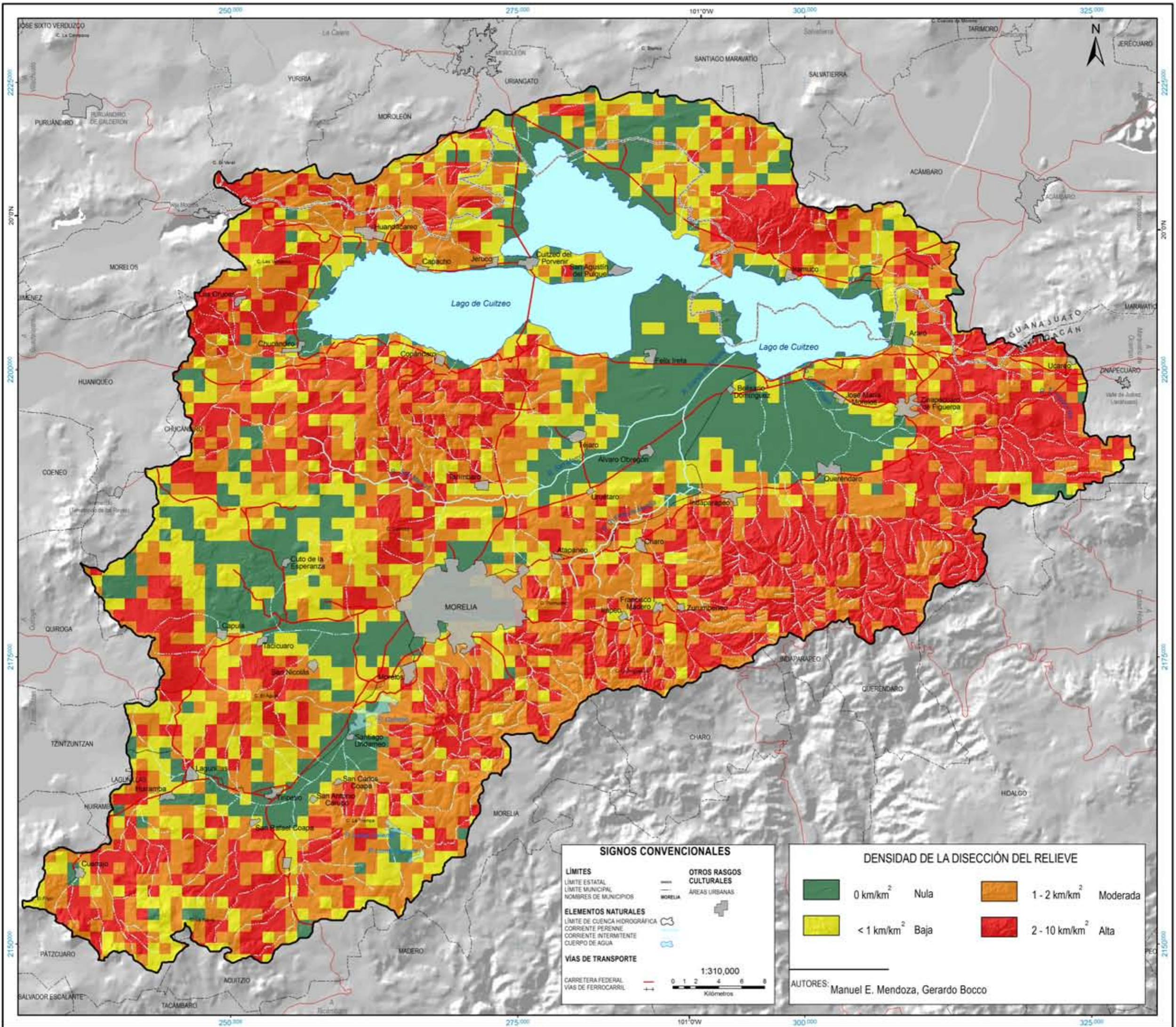
El levantamiento geomorfológico regional permitió diferenciar a la cuenca en seis zonas geomorfológicas (Mapa 1.7e), las

Fuente: Datos vectoriales del INEGI, 1999.

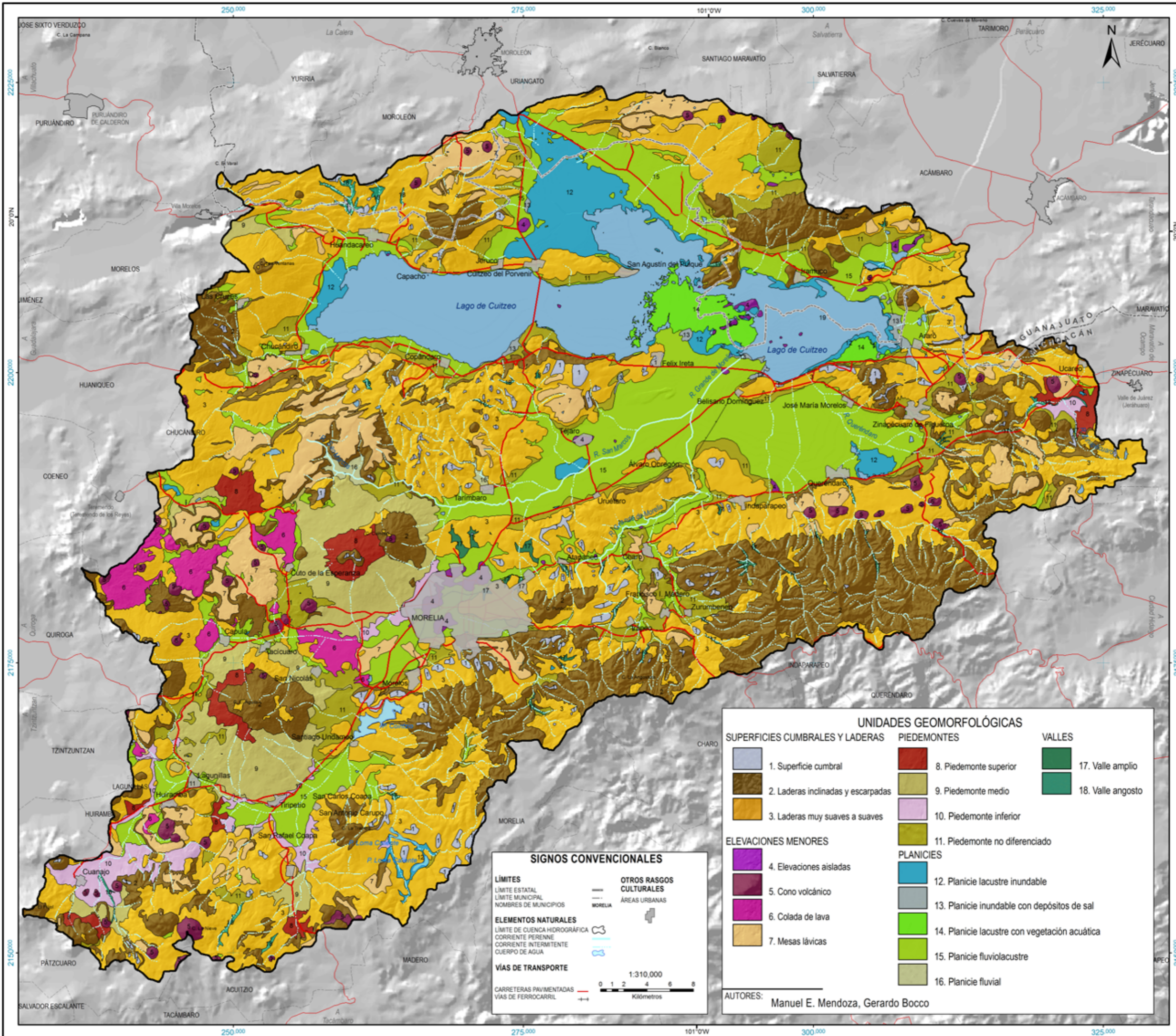


Fuente: Datos vectoriales del INEGI, 1999.





Fuente: Interpretación visual de fotografías aéreas del INEGI, de 1975 a escala 1:50,000.



# 1 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS

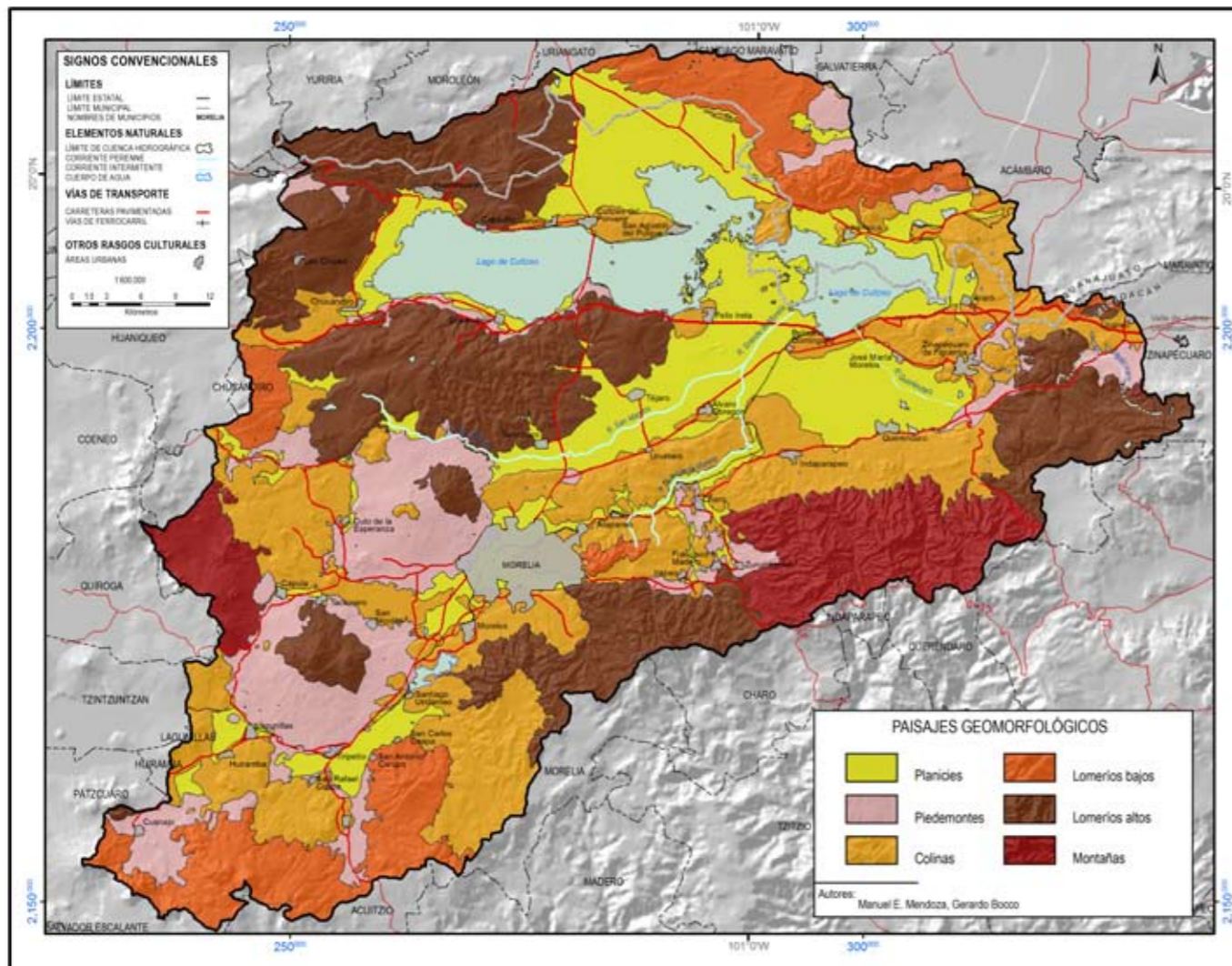
cuales definen que la unidad hidrológica está conformada principalmente por colinas, lomeríos altos y planicies. Geológicamente el relieve está conformado por materiales volcánicos de composición intermedia a básica, con edades que varían desde el Mioceno hasta el Cuaternario. Las características del sustrato definen un escurrimiento predominante, relativamente bajo y permiten clasificar a los materiales rocosos en la clase de consolidados con posibilidades bajas para almacenamiento de agua.

Dado que el mapa de las unidades superiores no tienen el detalle requerido para definir las Unidades de Gestión Ambiental (UGA) para la cuenca del lago de Cuitzeo, las unidades superiores fueron desagregadas en: de relieve o inferiores (Mapa 1.7d), laderas suaves y muy suaves; las laderas inclinadas y escarpadas; y la planicie. En total cubren el 65% de la cuenca. El levantamiento geomorfológico basado en los enfoques descritos tiene la

ventaja de que la leyenda está jerárquicamente organizada y las clases de cada nivel de análisis están definidas en función de criterios bien establecidos. En la Tabla 1 se incluye una síntesis de las características ambientales de las unidades de relieve generalizadas.

Por último, la regionalización geomorfológica explicó la configuración del territorio a través de un producto cartográfico, que incluye información útil en la toma de decisiones ambientales; ésta sirvió de base para definir las unidades territoriales de la cuenca, las cuales son potencialmente de manejo de recursos naturales (Bocco y Ortiz, 1994; Bocco *et al.*, 2001). Esta delimitación fue fundamental en el proceso de evaluación de tierras (Pulido *et al.*, 2001) y del posterior ordenamiento ecológico territorial elaborado recientemente (Gobierno Estatal del Estado de Michoacán, 2006).

Mapa 1.7e - Paisajes geomorfológicos



Fuente: Interpretación visual de fotografías aéreas del INEGI, de 1975 a escala 1:50,000.



Tabla 1. Unidades de relieve de la cuenca del lago de Cuitzeo.

Relieve generalizado	Área en km <sup>2</sup>	Área %	Geología	Suelos	Pendiente (grados)	Hipsometría (msnm)
Planicie fluvial	6.9	0.17	Depósitos superficiales (63); andesitas y basaltos (22); ignimbritas (6)	Vertisol (90); Feozem (10)	0-3 (82); 3-6 (7)	2100-2300 (75); < 1900 (21)
Planicie fluvio-lacustre	585.79	14.55	Depósitos superficiales (80); depósitos lacustres (10)	Vertisol (66); Feozem (18); Luvisol (11)	0-3 (94)	< 1900 (88); 1900-2100 (11)
Planicie lacustre inundable	136.39	3.39	Depósitos superficiales (77); cuerpos de agua (18)	Solonchak (40); Vertisol (34); c. de agua (16); Gleysol (9)	0-3 (100)	< 1900 (98)
Planicie lacustre inundable con vegetación acuática	39.17	0.97	Depósitos superficiales (81); cuerpos de agua (13)	Solonchak (87)	0-3 (99)	< 1900 (100)
Planicie lacustre inundable con depósitos de sal	8.71	0.22	Depósitos superficiales (75); depósitos lacustres (17); depósitos de caída (6)	Gleysol (54); Solonchak (23); Vertisol (19)	0-3 (96)	< 1900 (100)
Piedemonte superior	57.24	1.42	Conos de lava y cenizas (42); depósitos superficiales (22); volcanes monogenéticos (15); conos andesíticos (11)	Andosol (58); Luvisol (29); Acrisol (7)	3-6 (30); 6-10 (27); 0-3 (24); 10-20 (16)	2300-2500 (42); 2100-2300 (27); 2500-2700 (25)
Piedemonte medio	196.32	4.88	Conos de lava y cenizas (79); depósitos superficiales (14)	Luvisol (61); Vertisol (26)	3-6 (40); 6-10 (28); 0-3 (21); 10-20 (10)	2100-2300 (53); 1900-2100 (27); 2300-2500 (18)
Piedemonte bajo	94.95	2.36	Depósitos superficiales (54); conos de lava y cenizas (28); volcanes monogenéticos (14)	Vertisol (31); Acrisol (21); Luvisol (20); Andosol (15); Feozem (9)	0-3 (55); 3-6 (27); 6-10 (10)	1900-2100 (47); 2100-2300 (27); 2300-2500 (22)
Piedemonte no diferenciado	169.59	4.21	Depósitos superficiales (40); depósitos lacustres (17); depósitos de caída (8); conos de lava y ceniza (8); basaltos (7)	Vertisol (57); Feozem (17); Luvisol (14)	0-3 (44); 3-6 (33); 6-10 (15)	1900-2100 (39); < 1900 (38); 2300-2500 (13)
Valle amplio	11.87	0.29	Depósitos lacustres (26); basaltos andesitas (22); ignimbritas (20); depósitos de caída (17); andesitas basaltos (7)	Vertisol (54); Luvisol (26); Feozem (11)	0-3 (60); 3-6 (18); 6-10 (18); 10-20 (9)	< 1900 (40); 1900-2100 (32); 2100-2300 (27)
Valle angosto	9.25	0.23	Ignimbritas (22); basaltos (21); depósitos superficiales; (20) conos de lava y cenizas (13); depósitos de caída (11)	Luvisol (45); Andosol (23); Vertisol (16); Feozem (9)	10-20 (34); 20-30 (17); 6-10 (16); 3-6 (13); 0-3 (11)	1900-2100 (41); 2300-2500 (25); 2100-2300 (22)
Colada de lava	40.15	1	Volcanes monogenéticos (91)	Litosol (82); Luvisol (6); Andosol (5)	0-3 (73); 3-6 (15)	2100-2300 (62); 1900-2100 (32)
Cono volcánico	33.65	0.84	Volcanes monogenéticos (49); domos dacíticos y riolíticos (15); depósitos de caída (10); depósitos superficiales (8,6)	Andosol (34); Luvisol (24); Feozem (15); Litosol (13); Vertisol (9)	10-20 (36); 6-10 (17); 20-30 (16); 0-3 (11); >30 (10)	2100-2300 (36); 2300-2500 (26); 1900-2100 (17)
Elevaciones aisladas	17.86	0.44	Depósitos lacustres (40); depósitos superficiales (25); conos de lava y cenizas (18); ignimbritas (6)	Vertisol (61); Feozem (36)	0-3 (84); 3-6 (5)	< 1900 (83); 1900-2100 (17)
Laderas muy suaves y suaves	1320.91	32.81	Depósitos superficiales (16); conos andesíticos; basaltos (10); conos de lava y cenizas (10); ignimbritas (10)	Vertisol (40); Acrisol (15); Luvisol (14); Andosol (14); Feozem (11)	6-10 (27); 3-6 (27); 10-20 (23); 0-3 (18)	1900-2100 (39); 2100-2300 (31); 2300-2500 (13)
Laderas inclinadas y escarpadas	710.53	17.65	Basaltos andesíticos (25); conos andesíticos (20); ignimbritas (11); conos de lava y cenizas (10); depósitos superficiales (6)	Luvisol (27); Acrisol (20); Vertisol (12); Feozem (9)	10-20 (38); 20-30 (24); 6-10 (13); >30 (12)	2100-2300 (32); 2300-2500 (26); 1900-2100 (16); 2500-2700 (13)
Mesa volcánica	215.26	5.35	Volcanes monogenéticos (30); ignimbritas (17); depósitos superficiales (15); basaltos (10); domos dacíticos y riolíticos (6)	Vertisol (49); Luvisol (19); Feozem (10); Andosol (9); Acrisol (8)	0-3 (45); 32 (3-6); 6-10 (14)	2100-2300 (45); 1900-2100 (32); 2300-2500 (14)
Superficie cumbre	49.22	1.22	Depósitos superficiales (23); ignimbritas (14); basaltos (14); depósitos de caída (12); conos andesíticos (11); depósitos lacustres (8)	Vertisol (34); Feozem (18); Andosol (16); Acrisol (14)	0-3 (37); 3-6 (30); 6-10 (18); 10-20 (12)	1900-2100 (48); 2100-2300 (33); 2300-2500 (11)

Los datos entre paréntesis corresponden a las superficies de coincidencia en porcentaje de cada clase de roca, suelos, pendiente e intervalo hipsométrico por unidad de relieve.

## Cobertura Vegetal y Uso del Terreno

**Erna López**  
**Manuel E. Mendoza**  
**Gerardo Bocco**

**E**l término de cobertura del terreno (CT) se aplica a aquellos objetos que se localizan sobre la superficie del planeta, pueden ser de origen natural (bosques, glaciares, ríos, lagos, entre otros) o producidos y mantenidos por el hombre (carreteras, ciudades, presas, etc.); (Jansen y Di Gregorio, 2002). La CT natural se encuentra limitada por factores biofísicos, como clima, topografía, suelos, disponibilidad de agua y tipo de vegetación. Por ejemplo, en ausencia del ser humano la vegetación se desarrolla como respuesta a las condiciones climáticas y edáficas de la zona; de esta manera, la presencia, tipo y características de la cobertura vegetal es un indicador importante de las condiciones biofísicas. El uso del terreno (UT) comprende la manera en la cual estos elementos biofísicos son utilizados por el hombre para satisfacer sus necesidades materiales y espirituales (Chilar y Jansen, 2001). Las características del UT son el resultado de la interrelación entre los factores físicos o naturales y los culturales y humanos. En décadas recientes, el cambio en la cobertura y uso del terreno (CCUT) se ha convertido en un tema importante a investigar al ser reconocido como el factor más importante del cambio global (Xiao *et al.*, 2006) y por interaccionar directamente con el clima, al representar la segunda fuente antropogénica de CO<sub>2</sub> a la atmósfera (Campos *et al.*, 2004).



Fotografía: Erna López

Imagen: Panorámica de la cuenca del lago de Cuitzeo.



Fotografía: Erna López

Imagen: Zonas de cultivo en la cuenca del lago de Cuitzeo.

El CCUT es un tema que unifica las diferentes dimensiones del cambio ambiental global (Manson, 2006), por lo que su estudio tiende a la interdisciplinariedad al combinar teorías, datos y métodos de diversas ramas de la investigación. Estos estudios, al ser inter y multidisciplinarios, tienden a mejorar el conocimiento de las interacciones entre la sociedad y el medio ambiente con el fin de permitir un manejo más adecuado de los recursos naturales y reducir las alteraciones negativas en el paisaje.

En este capítulo se evalúa el cambio de cobertura vegetal y uso del terreno en la cuenca del lago de Cuitzeo en un periodo de 25 años (1975-2000) y su actualización al año 2003 en función del análisis de variables ambientales y socioeconómicas a escala regional y local.

Está basado en la interpretación y comparación secuencial de fotografías aéreas pancromáticas en blanco y negro para los años 1975-2000 (escalas 1:50,000 y 1:37,000, respectivamente), y en una imagen Landsat ETM 2003 fusionada con la banda pancromática a 10 m de resolución. La digitalización de las fotos aéreas e imagen se realizó considerando claves estándar de fotointerpretación (Lillesand y Kiefer, 2000) y el modelamiento y cartografía se realizó en un de Sistema de Información Geográfica (ILWIS, 2003).



Fotografía: Erna López

Imagen: Panorámica de la cuenca del lago de Cuitzeo.



Fotografía: Erna López

Imagen: Matorral subtropical que cubre zonas usadas para cultivos de temporal en 1975.

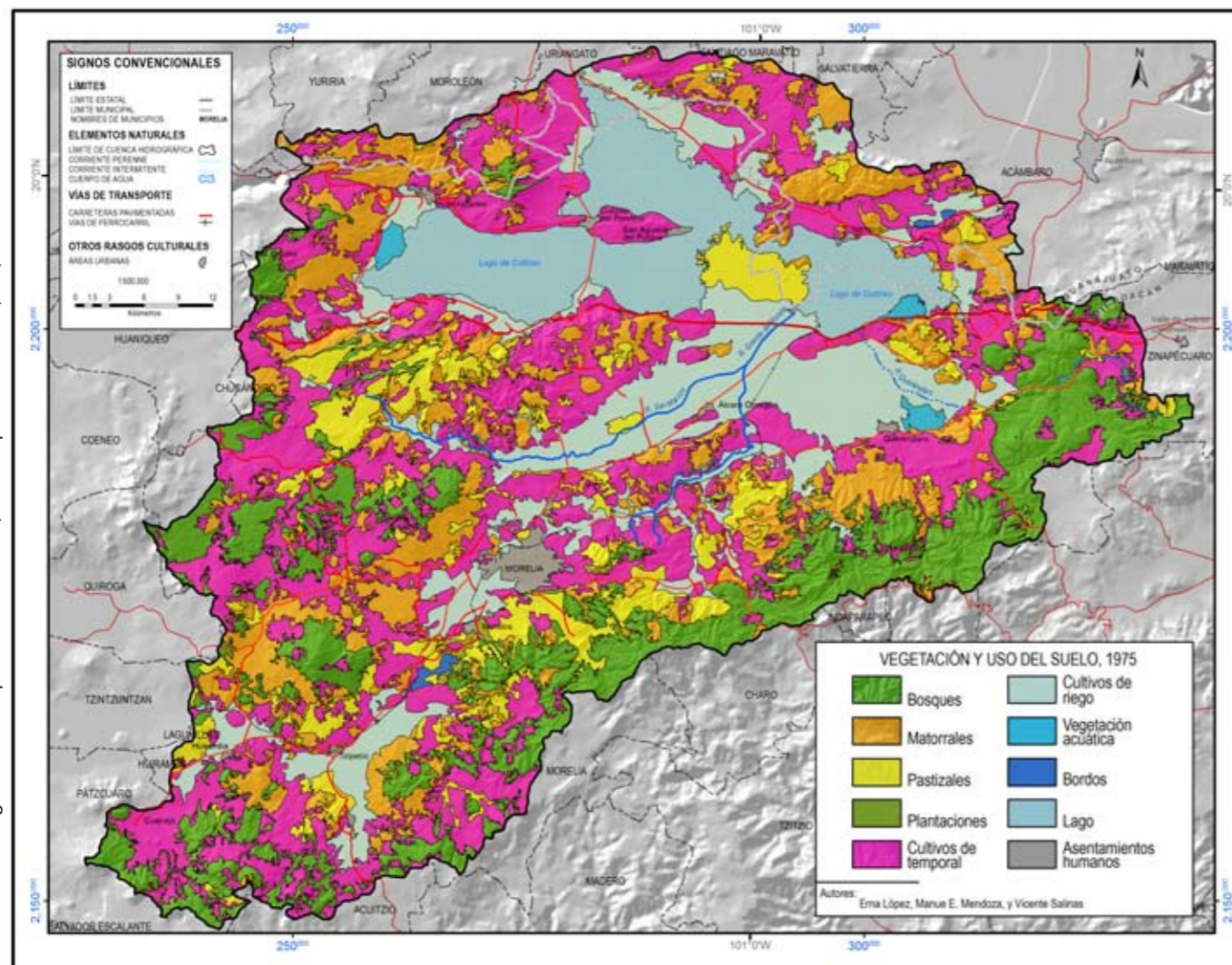


# 1 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS

En la Tabla 1 se observa que en 1975 las coberturas predominantes por superficie fueron cultivos de temporal, matorrales, bosques y cultivos de riego; al igual que en los años 2000 y 2003. La distribución espacial de las coberturas vegetales y usos del terreno se presentan en los Mapas 1.8a, 1.8b y 1.8c. En ellos se aprecia que la cobertura de bosques templados se localiza en la porción sur de la cuenca, mientras que la de matorrales se presenta principalmente en la porción centro y norte de la misma. Proporcionalmente, el área ocupada por los asentamientos humanos creció al doble, lo que indica una tasa alta de transformación de otras coberturas. El asentamiento urbano más importante dentro de la cuenca, la ciudad de Morelia, está localizado en la sección central de la zona de estudio y es el que cuenta con mayor tamaño, seguido por la ciudad de Zinapécuaro.

En el año 2000 existían 653 localidades (INEGI, 2001), el 4% de ellos eran urbanos (27 asentamientos); es decir, mayores de 2,500 habitantes, el resto de los asentamientos

**Mapa 1.8a - Vegetación y uso del suelo, 1975**



Fuente: Fotografías aéreas pancromáticas B/N, escala aproximada 1:50,000, INEGI.

eran considerados rurales (Tabla 2). La distribución de los asentamientos humanos no es totalmente al azar. Una revisión de los mapas de cobertura (en conjunto con el resto de las bases de datos temáticas) permite reconocer que ellos están alineados este-oeste y suroeste-noreste. Esta alineación se debe a que están ubicados en zonas relativamente altas y ligeramente inclinadas. En primera instancia, este patrón obedece a la necesidad de aprovechar las tierras bajas y planas con mejores suelos para la actividad agrícola (Distrito de Riego Morelia-Queréndaro), además de alejarse de las tierras inundables (Imagen 1). Las zonas elevadas e inclinadas están estrechamente asociadas a las características geológicas de la región. En especial, las áreas alineadas con las direcciones mencionadas corresponden a planos de fallas geológicas con algún nivel de actividad.

Las principales actividades económicas que se desarrollaban en la zona de estudio en 1970 eran principalmente secundarias y terciarias (70% de la población económicamente activa) y únicamente el 30% se mantenía en el sector primario (actividades

**Tabla 1. Superficie en hectáreas (ha) y porcentaje (%) que ocuparon las categorías de cobertura y uso de terreno en la cuenca del lago de Cuitzeo en los años 1975, 2000 y 2003.**

Categorías de cobertura	1975		2000		2003	
	Área (ha)	%	Área (ha)	%	Área (ha)	%
Bosques	67,485	16.9	80,390	20.1	80,880	20.2
Matorrales	74,475	18.6	94,073	23.5	95,861	24.0
Pastizales	33,743	8.4	27,062	6.8	25,640	6.4
Cultivos de temporal	117,603	29.4	68,344	17.1	75,011	18.8
Cultivos de riego	56,794	14.2	64,313	16.1	51,865	13.0
Plantaciones	897	0.2	3,165	0.8	6,752	1.7
Vegetación acuática	1,999	0.5	5,718	1.4	5,619	1.4
Lago	37,685	9.4	32,258	8.1	31,961	8.0
Bordo	1,225	0.3	1,638	0.4	1,964	0.5
Asentamientos humanos	8,115	2.0	23,060	5.8	24,468	6.1

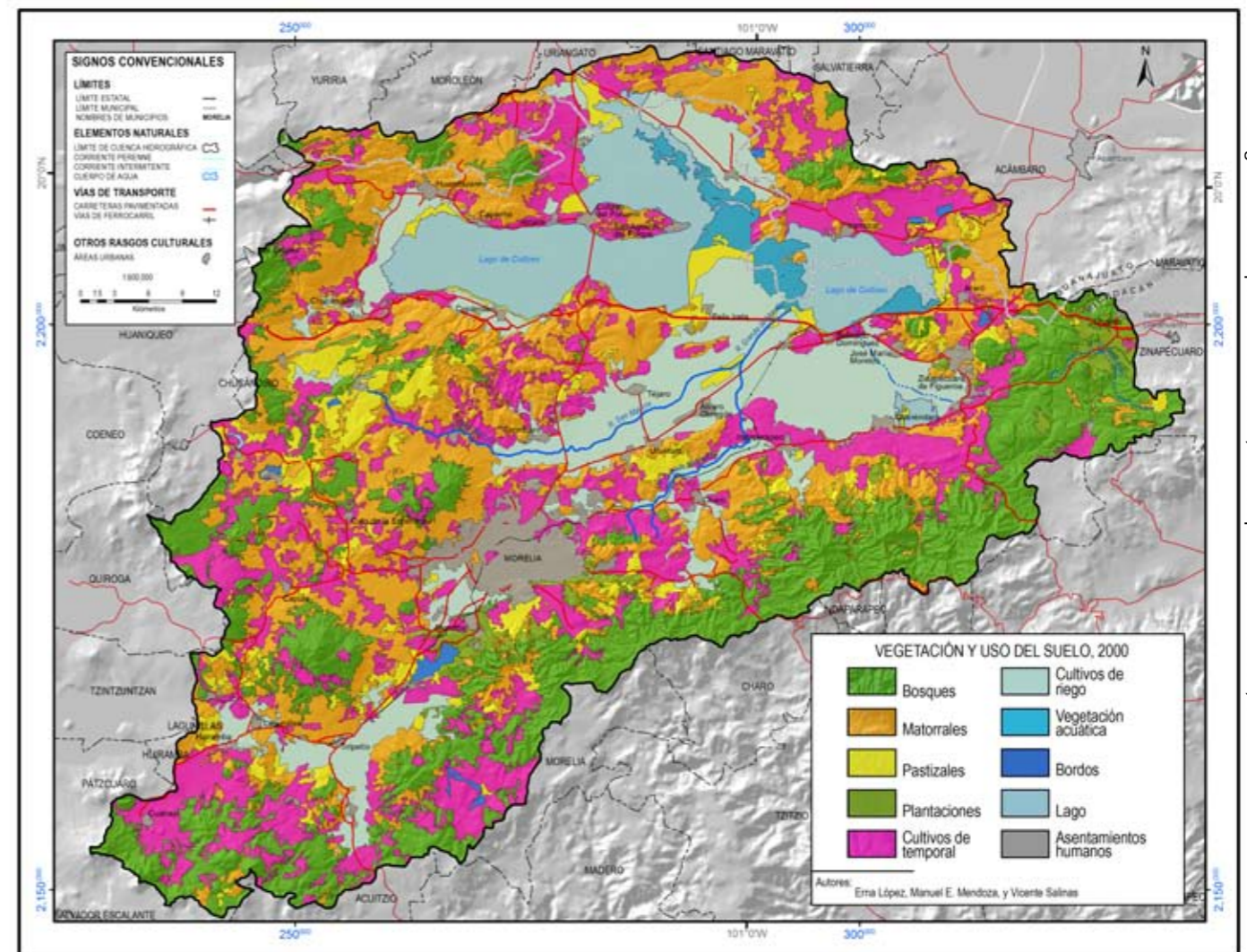
agropecuarias como cultivo de granos y producción de animales); (INEGI, 2001). Es decir, las coberturas que cubren principalmente a la cuenca no se relacionan con el porcentaje de población que se dedica a actividades primarias, lo que indica que las actividades económicas principales se realizan en los centros urbanos, sobre todo en la ciudad de Morelia.

El comportamiento de las actividades productivas se encuentra también reflejado en el principal proceso de cambio que existe en la cuenca, que es el incremento de la superficie cubierta de matorral subtropical (Imagen 2). Estos lugares se encuentran ubicados en laderas pedregosas donde anteriormente se encontraban terrenos de cultivo de temporal. Este proceso es disparado por la emigración campesina hacia la ciudad de Morelia y hacia los Estados Unidos de Norteamérica. El 80% de los municipios que se ubican en la zona presentan intensidades migratorias altas y muy altas (CONAPO, 2000).

**Tabla 2. Número de asentamientos humanos por municipios en la cuenca de Cuitzeo.**

Municipio	No. de localidades Rurales		No. de localidades urbanas	
	1970	2000	1970	2000
Acámbaro	9	13	1	1
Acuitzio	20	34	1	1
Álvaro Obregón	20	42	1	1
Copándaro	11	14	1	1
Cuitzeo	15	19	1	3
Charo	17	37	1	1
Chucándiro	20	20	0	0
Hidalgo	1	2	0	0
Huandacareo	6	7	1	1
Huaniqueo	0	0	0	0
Huiramba	11	7	0	1
Indaparapeo	15	34	1	2
Lagunillas	8	14	0	0
Madero	0	1	0	0
Morelia	101	216	1	4
Morelos	11	14	0	0
Moroleón	4	5	0	0
Pátzcuaro	3	9	1	1
Queréndaro	14	15	1	1
Quiroga	1	1	0	0
Salvatierra	8	8	0	0
Santa Ana Maya	15	17	1	1
Tacámbaro	0	0	0	0
Tarímbaro	32	61	1	4
Tzintzuntzan	0	0	0	0
Uriangato	7	12	0	0
Yuriria	2	4	0	0
Zinapécuaro	25	47	2	4
Total	376	653	15	27

**Mapa 1.8b - Vegetación y uso del suelo, 2000**



Fuente: Fotografías aéreas pancromáticas B/N, escala aproximada 1:37:000, GEOAIR.

# 1 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS

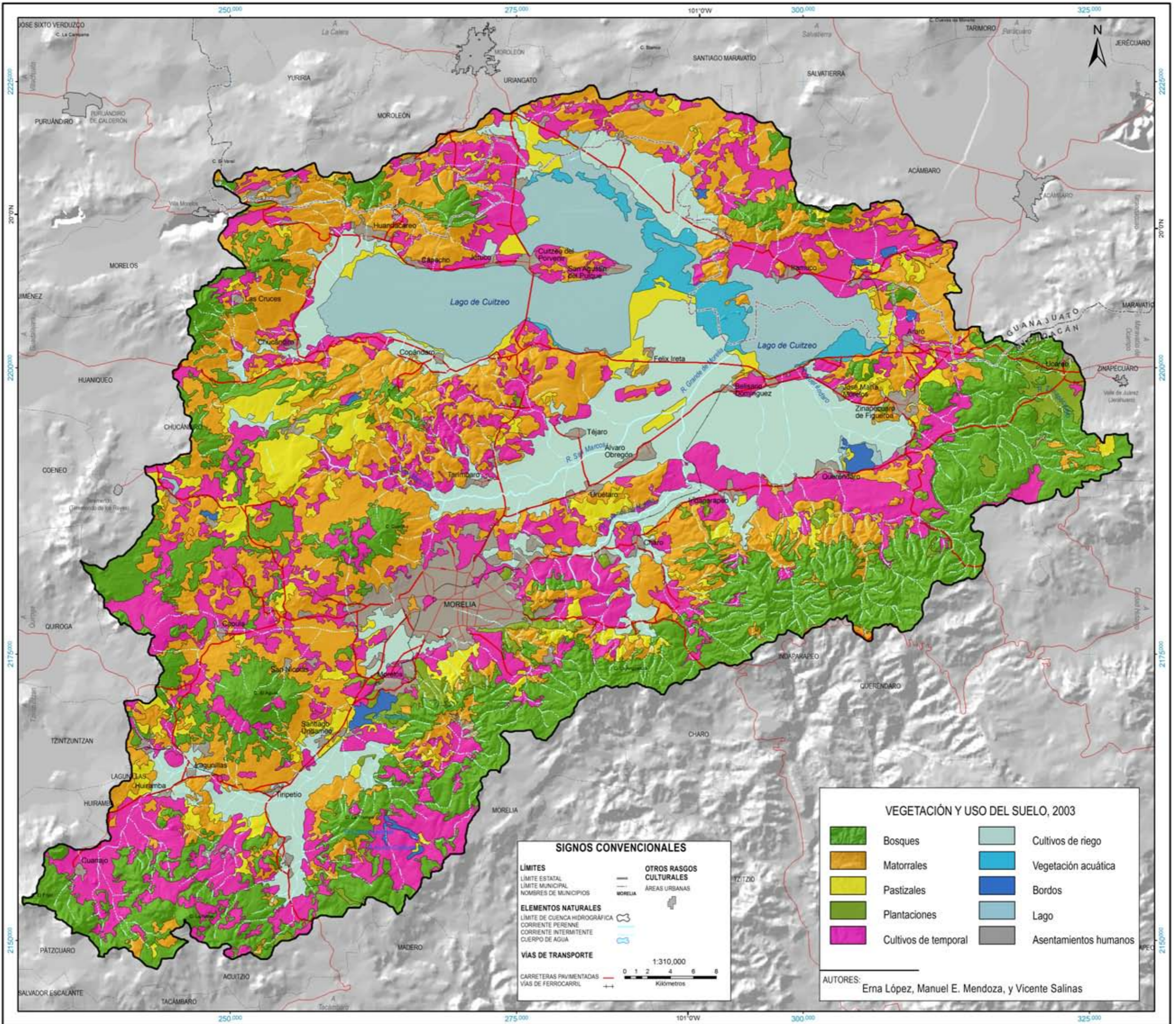


Imagen 1. Construcción de nuevos fraccionamientos alrededor de la ciudad de Morelia a expensas de zonas productivas, dedicadas principalmente a la agricultura y a la ganadería.



Imagen 2. Patrón típico de cobertura y uso del terreno donde se observa la presencia de matorrales, agricultura de temporal y pastizales dedicados a actividades pecuarias.

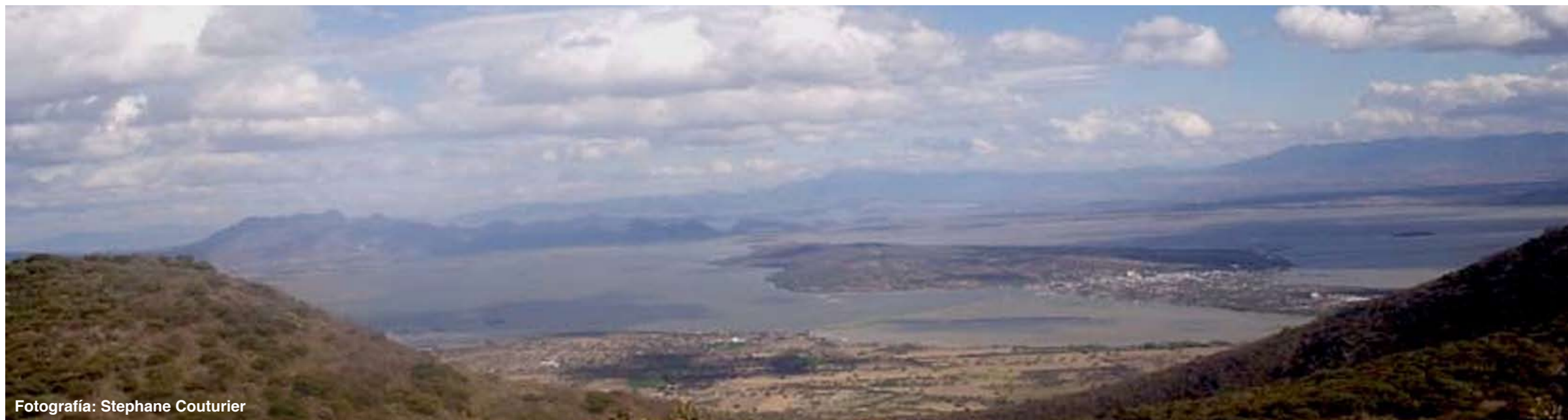
Fuente: Imagen Landsat fusionada a 15x15 m de resolución por píxel.



## Complejidad Temática y Espacial en la Cobertura Vegetal y Uso del Suelo

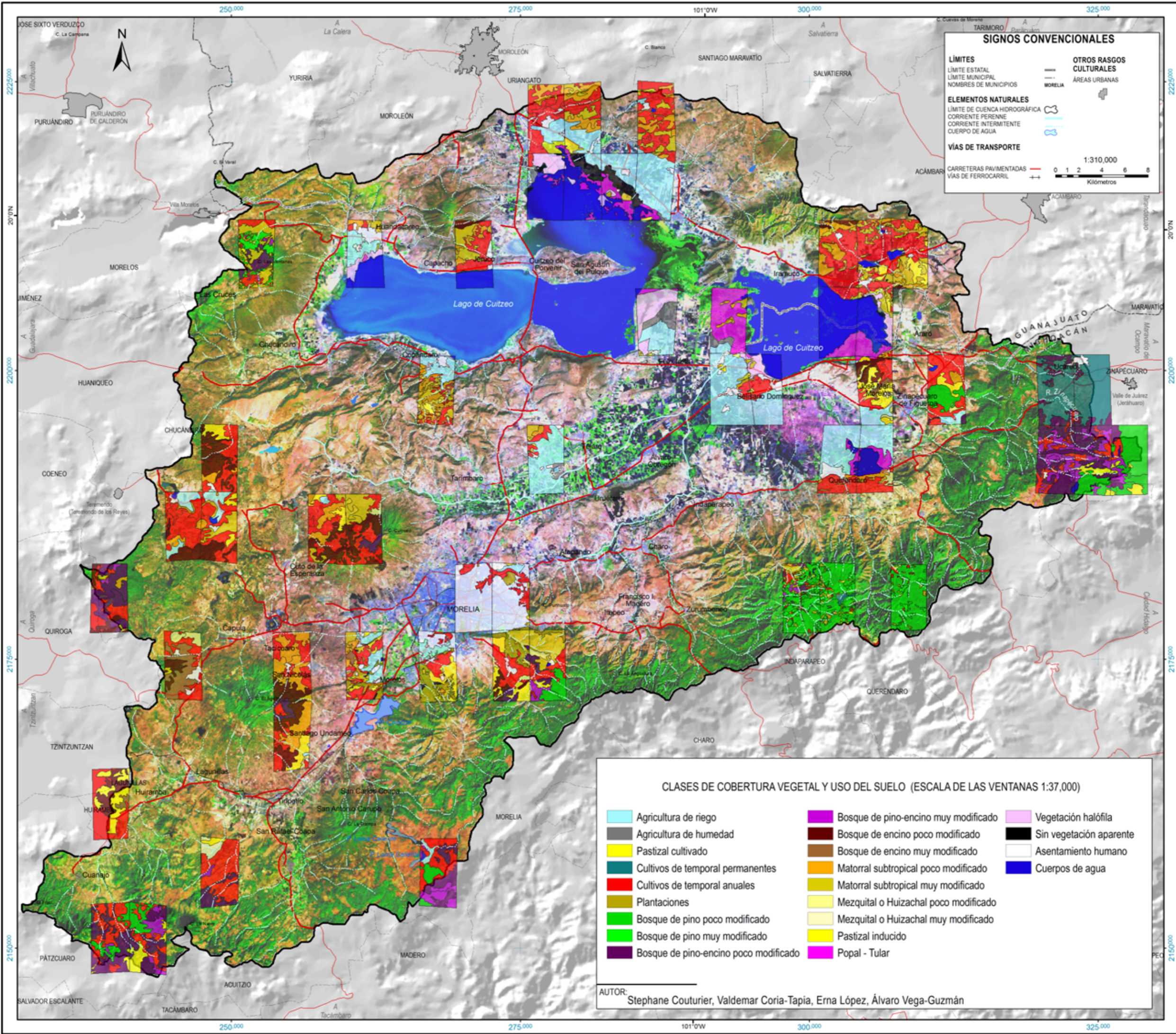
Stephane Couturier

**E**n la caracterización de la cobertura vegetal y uso del suelo existe una gama de precisión taxonómica, desde la más detallada (con muchas clases) hasta la más sencilla (con pocas). La información sobre la cobertura vegetal y uso de suelo puede existir a varias escalas espaciales (resoluciones). Los mapas a escala grande (1:25,000-1:75,000) son una fuente de información de gran detalle espacial para el usuario. Sin embargo, la disponibilidad de información en el territorio nacional es más exhaustiva a escalas pequeñas, ya que se requiere menos tiempo y recursos económicos para generarla. Por ejemplo, el Inventario Forestal Nacional (IFN) del año 2000 provee información a escala 1:250,000 para todo el territorio mexicano, y presenta cuatro niveles de precisión taxonómica (Mas *et al.*, 2002). En el orden creciente de precisión los niveles son: formación (bosque), tipo (bosque de coníferas), comunidad (bosque de oyamel) y subcomunidad (bosque de oyamel con vegetación secundaria).



Fotografía: Stephane Couturier

Una cartografía de baja resolución o poca precisión taxonómica puede ser adecuada para instancias de decisión con planes a escala estatal o nacional, o con objetivos compatibles con pocas clases temáticas. Por ejemplo, una instancia federal quiere organizar un programa nacional de gestión de recursos forestales; para la recopilación de datos sobre ejidos forestales en el país, se puede utilizar el mapa del IFN combinado con una cobertura de localidades. Sin embargo, durante la fase de visita a campo, la instancia se enfrenta con inexactitudes del mapa del IFN (por ejemplo, ejidos sin uso forestal en donde el IFN presenta una cobertura de este tipo). Algunas de estas inexactitudes se deben a la dificultad de realizar un producto confiable a nivel nacional, porque a esta escala se obtiene un patrón general de los fragmentos de bosque, pero no se pueden verificar con precisión todos los linderos entre los bosques y los usos no forestales. Otra problemática podría ser la cuantificación del abandono de tierras por migración en Michoacán entre el año 1976 (con base en el mapa de la Serie I del INEGI) y el año 2000 (con base en el mapa del IFN 2000) por la Secretaría de Agricultura estatal. Se ilustra con este ejemplo el manejo del mapa del IFN 2000.



Una información útil, en este caso, es conocer de antemano la confiabilidad (o el grado de error) con la que se cuenta para utilizar la cartografía del año 2000. Generalmente existen dos tipos de errores en los mapas temáticos (Chrisman, 1989): los temáticos, que se refieren a errores de atributo (etiqueta), y los geométricos (de posición) en la delimitación de los polígonos o la ubicación de los píxeles. Ambos están estrechamente ligados y resulta difícil separarlos. Aspinall y Pearson (1995) distinguen un tercer componente de error potencial en los mapas temáticos, el cual se atribuye a la heterogeneidad dentro de un polígono. Existen métodos para evaluar la confiabilidad de un mapa, los cuales utilizan cartografía más detallada (temática o espacialmente) y conceptos de complejidad asociados a los tipos de errores mencionados para relacionar ambos tipos de cartografía.

Para evaluar la confiabilidad del mapa del IFN 2000 en la cuenca del lago de Cuitzeo, se aplicó un método de evaluación de confiabilidad (Couturier, 2007) para 21 clases del nivel subcomunidad cartografiadas en la cuenca (Tabla 1). Esa área del país comprende situaciones de complejidad del paisaje, típicas de zonas subtropicales como son: transición entre clima tropical seco y clima templado subhúmedo, áreas con actividad agrícola de roza, tumba y quema, transición espacial y temporal entre diferentes tipos de vegetación, paisajes muy fragmentados, etc. El desafío que estas situaciones representan es la correcta caracterización de los puntos de verificación en el método de evaluación, pues no siempre es posible ni conveniente limitarse a una clase única para caracterizarlos, porque este ejercicio puede ser subjetivo (Hord y Brooner, 1976). Tales evaluaciones subjetivas del mapa llevan generalmente a subestimar su confiabilidad (Khorram *et al.*, 2000). Una estrategia comúnmente empleada para tomar en cuenta la posible ambigüedad temática del sitio de verificación es el enfoque difuso (Laba *et al.*, 2002). En éste, la similitud de un sitio a una clase del sistema clasificatorio se expresa a través de un grado de pertenencia, una variable que toma algún valor entre 0 y 1 para expresar la pertenencia parcial a diferentes conjuntos. Por ejemplo, en el caso de dos categorías basadas en la cobertura de la copa de los árboles (bosque “con vegetación secundaria” si la cobertura es entre 10 y 40%; bosque “sin vegetación secundaria” cuando es superior a 40%), un sitio de verificación con 40% de cobertura, presenta 0.5 de pertenencia en ambas categorías (con y sin vegetación secundaria). En el enfoque tradicional (no difuso), el intérprete tendría que clasificarlo en una de las dos categorías.

Couturier *et al.* (2008) detallan el método con enfoque difuso para evaluar la confiabilidad del mapa IFN 2000. El material de verificación utilizado fue una cobertura completa de 244 fotografías aéreas en papel a escala 1:37,000 adquiridas en 1999, siendo éstas casi sincrónicas con las imágenes Landsat que sirvieron para la elaboración del IFN. El espacio-mapa aquí representado fue elaborado con base en un compuesto a color de un mosaico de las imágenes Landsat (bandas 5, 4 y 1), georreferenciadas a la cartografía INEGI a 1:50,000. La composición de las imágenes de satélite refleja, por el entretejido espacial fino de sus colores, cierta complejidad temática en la cuenca del

**Tabla 1. Distribución de las clases del Inventario Forestal Nacional (nivel subcomunidad) en la cuenca del lago de Cuitzeo.**

Clase	Nombre	Formación	Frac. del área	Área (km <sup>2</sup> )
100	Agricultura de riego	Agricultura	0.1411	564.97
110	Agricultura de humedad		0.0048	19.04
200	Agricultura de temporal permanente		0.0021	8.27
210	Agricultura de temporal anual		0.2356	943.14
300	Plantación forestal		0.0071	28.24
410	Bosque de oyamel	Bosque templado	0.0037	14.72
420	Bosque de pino		0.0041	16.32
421	Bosque de pino muy modificado		0.0036	14.31
510	Bosque de pino-encino		0.0958	383.34
511	Bosque de pino-encino muy modificado		0.0325	130.29
600	Bosque de encino		0.0232	92.88
601	Bosque de encino muy modificado		0.0553	221.54
700	Bosque mesófilo de montaña	Bosque tropical	0.0029	11.73
920	Matorral subtropical	Matorral	0.0194	77.58
921	Matorral subtropical muy modificado		0.0768	307.25
1000	Mezquital		0.0004	1.51
1200	Chaparral <sup>a</sup>			
1330	Pastizal inducido	Pastizal	0.1594	638.04
1410	Popal-tular	Vegetación Higrófila	0.0209	83.50
1510	Vegetación halófila	Otro tipo de vegetación	0.0069	27.78
1600	Sin vegetación aparente <sup>a</sup>	Otro tipo de cobertura		
1700	Asentamiento humano		0.0250	100.02
1800	Cuerpo de agua		0.0796	318.75
Todas			1.0000	4003.23

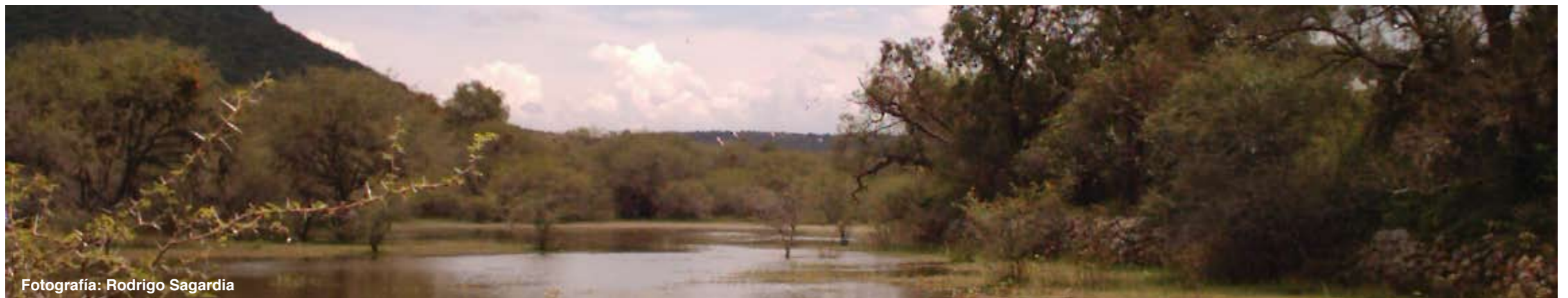
<sup>a</sup> Esta clase no está presente en el mapa pero está en los datos de referencia (aparece en la Tabla 2).

lago de Cuitzeo. Cuadros de aproximadamente 3 por 6 km se encuentran sobrepuestos y representan un área útil de fotografía de la cobertura aérea a 1:37,000. La cartografía en los cuadros fue resultado de la interpretación difusa de la fotografía aérea y fue la base de la primera evaluación estadísticamente robusta en un país subtropical (Couturier *et al.*, 2007). La confiabilidad global y los patrones de confusión entre clases del IFN fueron registrados en forma de una matriz de confusión (Tabla 2). El índice global de confiabilidad del IFN en la cuenca del lago de Cuitzeo fue de 81.3% y refleja principalmente el nivel alto de confiabilidad de la clase dominante 'agricultura de temporal anual' (89%). Una alta confiabilidad se registró también para las clases de bosque poco modificado (superior a 81%), matorral poco modificado (86%), cuerpos de agua (94%) y asentamientos humanos (100%). En contraste, numerosas confusiones en el mapa fueron registradas entre las clases de bosque muy modificados (bosque con vegetación secundaria). Adicionalmente, hubo alta confusión entre coberturas no arboladas de vegetación acuática (popal-tular y pasto halófito).

Estos índices de confiabilidad ayudan a quienes elaboran los mapas a ubicar las clases difíciles de cartografiar. Por ejemplo, la ambigüedad y variabilidad espectral (entre fases de inundación) de los tipos de vegetación acuática son probablemente factores claves para explicar la alta confusión observada. También, esta información es útil para el tomador de decisiones, quien deduce la zona del mapa en donde es necesaria una verificación más extensa por visitas en campo. Por ejemplo, en este caso, la institución federal que busca establecer un programa nacional de gestión de recursos forestales tendría que ayudarse de visitas en campo, o de fuentes alternas de mapas a mayor escala, para utilizar las áreas del IFN 2000 cartografiadas como bosque muy modificado.

En el caso de la búsqueda de abandonos de cultivo agrícola por la Secretaría de Agricultura estatal, el estudio revela que la clase 'agricultura de temporal anual' es altamente confiable en el mapa, sus confusiones principales son con las clases de matorral (poco o muy modificado), en 1.9% del área total de la cuenca (casillas al cruce del renglón 210 con las columnas 920 y 921), mientras las clases cartografiadas 'matorral' tienen una confusión con la clase de agricultura en solamente 0.46% del área de la cuenca (Tabla 2, casillas al cruce de los renglones 920 y 921 con la columna 210). Esto significa que el mapa del IFN 2000, si estuviera comparado con la serie I del INEGI, subestimaría el fenómeno de abandono de cultivos en la cobertura tropical seca de la cuenca, por un área de  $1.90 - 0.46 = 1.44\%$  del área.

En conclusión, la evaluación de confiabilidad de mapas a escala regional es una técnica que emplea conceptos de complejidad temática y espacial. Su aplicación al caso de un mapa nacional de usos de suelo y cobertura vegetal es útil para el tomador de decisiones de una instancia federal o estatal. En la zona del mapa que corresponde a clases con alta confiabilidad será poco el riesgo de equivocarse, mientras que se requerirá la utilización de fuentes de mayor detalle (mapa detallado, visita en campo, etc.) en los polígonos que corresponden a clases con bajo nivel de confiabilidad. Por ejemplo, para la gestión de recursos forestales, un usuario del mapa del IFN 2000 tendrá que planear más visitas de verificación en zonas cartografiadas como bosque muy modificado, a diferencia que las cartografiadas como bosque poco modificado. Adicionalmente, se puede estimar, gracias a la evaluación, sesgos en procesos de cambio (como el abandono de cultivos) mediante un uso sencillo de los valores de la matriz de confusión.



Fotografía: Rodrigo Sagardia



# 1 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS

**Tabla 2. Matriz de confusión del mapa del Inventario Nacional Forestal a nivel subcomunidad en la cuenca del lago de Cuitzeo.**

	100	110	200	210	300	410	420	421	510	511	600	601	700	920	921	1000	1200	1330	1410	1510	1600	1700	1800	n <sup>a</sup>	Area frac <sup>b</sup>	User <sup>c</sup>	StdE <sup>d</sup>	Binom <sup>e</sup>
100	12.4			0.56										0.14	0.14				0.28			0.28	0.28	100	14.1	0.88	0.070	0.032
110		0.39		0.04										0.01	0.01					0.01		0.01	0.01	100	0.48	0.82	0.065	0.038
200			0.20																			0.01		100	0.21	0.99	0.005	0.010
210				21.0							0.24			0.71	1.18							0.47		100	23.6	0.89	0.035	0.031
300				0.01	0.59				0.04						0.01		0.06							100	0.70	0.84	0.091	0.037
410						0.31			0.05					0.01				0.01						100	0.37	0.84	0.110	0.037
420				0.01			0.33		0.03	0.03								0.01						100	0.41	0.81	0.017	0.039
421				0.03			0.01	0.04	0.12	0.15								0.01					0.01	100	0.36	0.10	0.032	0.030
510								0.10	9.38	0.10														100	9.58	0.98	0.016	0.014
511				0.19						1.50	1.20			0.03				0.32						100	3.25	0.46	0.115	0.050
600				0.05						0.02	2.20			0.05										100	2.32	0.95	0.025	0.022
601				0.50	0.11			0.66	0.17	0.33		2.99		0.50	0.17								0.11	100	5.53	0.54	0.124	0.050
700				0.02	0.01		0.22	0.03		0.01			0.00		0.02									100	0.29	0.00	0.000	0.000
920				0.23										1.67				0.04						100	1.94	0.86	0.051	0.035
921				0.23							0.15			0.08	7.06								0.15	100	7.67	0.92	0.043	0.027
1000				0.04											0.01	0.00								23	0.04	0.00	0.000	0.000
1200																								0	0.00			
1330	0.32			2.07							1.12	0.16		0.96									0.32	100	15.9	0.69	0.063	0.046
1410	0.10	0.08													0.02				0.98	0.67			0.23	100	2.09	0.47	0.200	0.050
1510		0.01		0.01											0.05			0.01	0.17	0.28	0.14		0.03	100	0.69	0.40	0.142	0.049
1600																								0	0.00			
1700																							2.50	100	2.50	1.00	0.000	0.000
1800				0.24										0.08				0.16					7.48	100	7.96	0.94	0.032	0.024
n <sup>a</sup>	95	87	99	194	87	84	158	32	163	103	142	55	0	113	120	0	8	88	74	73	20	114	114	2023				
Area frac <sup>b</sup>	12.8	0.48	0.20	25.2	0.71	0.31	0.56	0.82	9.79	2.13	4.91	3.15	0.00	4.22	8.66	0.00	0.06	11.5	1.44	0.95	0.14	3.85	8.04		100.0			
Prod <sup>c</sup>	0.97	0.81	1.00	0.83	0.84	1.00	0.59	0.04	0.96	0.70	0.45	0.95		0.40	0.82		0.00	0.95	0.68	0.29	0.00	0.65	0.93			81.3		
StdE <sup>d</sup>	0.022	0.238	0.000	0.031	0.049	0.000	0.064	0.043	0.023	0.041	0.078	0.052		0.051	0.056		0.000	0.075	0.081	0.134	0.000	0.052	0.037					
Binom <sup>e</sup>	0.015	0.096	0.000	0.027	0.043	0.000	0.038	0.030	0.016	0.036	0.046	0.033		0.040	0.041		0.000	0.039	0.054	0.063	0.000	0.039	0.025					

La confiabilidad global fue estimada a 81.3%. Los números de entrada se refieren a los códigos de clase descritos en la Tabla 1.

<sup>a</sup> Tamaño de muestra por clase.

<sup>b</sup> Fracción contribuida por cada clase al área total. Estas fracciones igualan la suma de la columna o rango de la matriz.

<sup>c</sup> User's y Prod se refieren respectivamente a la confiabilidad del usuario y del productor.

<sup>d</sup> StdErr: Error estándar para muestreo doble, tomando en cuenta la variancia entre conglomerados y asumiendo selección estratificada por clase en la segunda etapa.

<sup>e</sup> Binom: Error estándar con el estimador binomial, indicado para referencia.

1.9 COMPLEJIDAD TEMÁTICA Y ESPACIAL EN LA COBERTURA VEGETAL Y USO DEL SUELO

Fotografía: Brenda Ávila Flores



# Unidades Geohidrológicas de la Región de Morelia-Cuitzeo

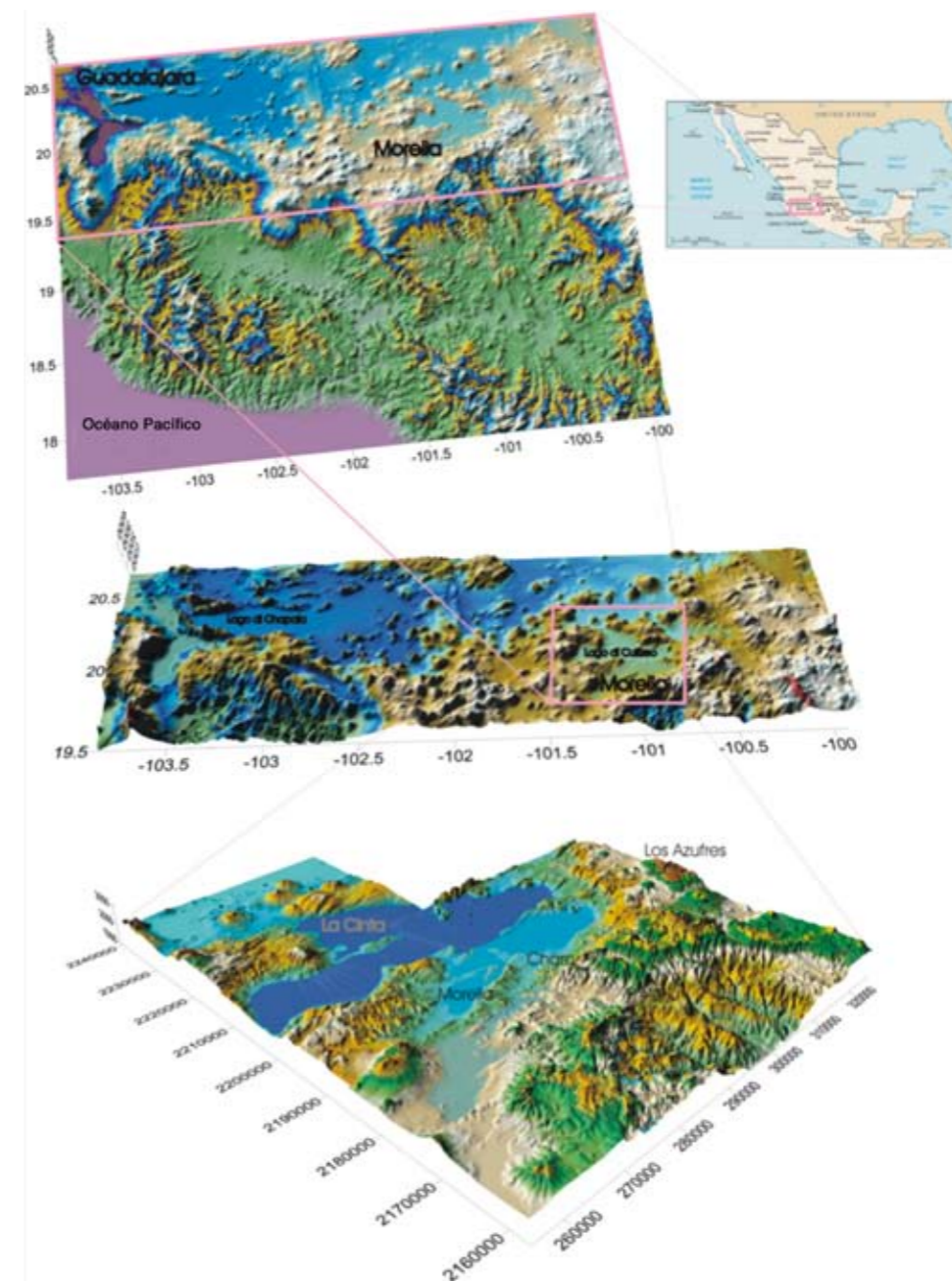
**Víctor Hugo Garduño-Monroy**  
**Víctor Hugo Medina-Vega**  
**Isabel Israde-Alcántara**

**Víctor Manuel Hernández-Madrigal**  
**Jorge Alejandro Ávila-Olivera**

La región forma parte de una de las subcuencas del Lerma y fisiográficamente se integra en el medio Lerma (Moncayo *et al.*, 2001); (Figura 1). Ha sido abordada con estudios geohidrológicos debido a su importancia económica y porque representa un polo de desarrollo urbano, agrícola y pecuario. Esta región se ha visto influenciada negativamente por el mal uso tanto del agua superficial como subterránea. En la subcuenca se han llevado a cabo diferentes estudios enfocados a caracterizar o reconocer los diferentes acuíferos. Por ejemplo, la Gerencia de Proyectos Geotermoeléctricos de la Comisión Federal de Electricidad (CFE) realizó un estudio geohidrológico en el que separan tres acuíferos: uno localizado en rocas andesíticas del Mioceno, el segundo en las ignimbritas y el tercero en las secuencias lacustres. A pesar de que es una investigación muy detallada, no se menciona el papel que juegan los productos efusivos y explosivos del vulcanismo monogenético del Corredor Tarasco para formar parte de un acuífero. Para la CFE, este sector también resulta interesante debido a que los acuíferos de tipo hidrotermal se encuentran asociados estrechamente con las fallas que generan las depresiones lacustres (ver capítulo 1.2, Geología). Por lo tanto, el objetivo ha sido proponer un modelo conceptual geológico donde se aprecie la geometría y composición litológica de los diferentes acuíferos.

## Unidades Geohidrológicas

Se ha tomado como base a las unidades geohidrológicas bajo el marco de que poseen características litológicas que les hacen responder como acuíferos diferentes, es decir, que sus propiedades les permiten contar con una porosidad, permeabilidad y transmisibilidad particulares, ya sean buenas o malas para un acuífero. Por ejemplo, las formaciones terrígenas fluviales tienen mejor funcionamiento para explotar un acuífero, en cambio, las arcillosas son malos acuíferos, pero pueden representar excelentes fronteras de ellos. En la Figura 2 se esquematizan tres elementos principales en el acuífero de Cuitzeo: las andesitas fracturadas (buena unidad Geohidrológica), las secuencias fluviolacustres y las lacustres que funcionan como excelentes acuíferos que conforman acuitardos.



**Figura 1. Localización de la cuenca de Cuitzeo-Morelia en el contexto de México y Michoacán.**

### Unidades Geohidrológicas (Figura 3)

Dentro de la cuenca se han identificado cuatro unidades geohidrológicas, las cuales se encuentran afectadas por un intenso fracturamiento y fallamiento. Se describen de la cima a la base:

#### a. Unidad geohidrológica andesítica (Figura 3; pozo 58)

Se trata de una secuencia volcánica de carácter andesítico, compuesta de derrames de lava muy fracturados (Pasquarè *et al.*, 1991). Las andesitas alternan con flujos piroclásticos, brechas, escorias y depósitos de caída; esta característica le confiere a la roca una excelente permeabilidad secundaria. El paquete volcánico tiene su mayor representatividad en la sierra de Mil Cumbres, en el campo Geotérmico de Los Azufres y en la región de Cuitzeo-Morelia, las cuales conforman el acuífero más importante de la zona. De hecho, la producción geotérmica de los Azufres se genera en esta unidad. Su principal zona de recarga se localiza en la zona de Mil Cumbres y las calderas de Atécuaro y La Escalera. Por el grado de fracturamiento, su morfología y la configuración de la red hidrológica, las rocas volcánicas son excelentes zonas de recarga del acuífero de la región; en particular, el del subsuelo de Morelia y Cuitzeo ha permitido el desarrollo de gran cantidad de obras de extracción. Se observa que el avance de la mancha urbana invade zonas de recarga y afectan la calidad y cantidad de agua subterránea y superficial, por lo que es de vital importancia que esta zona no sea urbanizada (Garduño *et al.*, 2001).

#### b. Unidad geohidrológica ignimbrítica (Figura 3)

Conforma una secuencia de flujos piroclásticos provenientes de las calderas localizadas en la sierra de Mil Cumbres (Calderas de Atécuaro, La Escalera), además de otras fuentes aún no reconocidas en el sector de Cuitzeo (Figura 3; pozos 23, 60 y 68). La secuencia de flujos piroclásticos está compuesta de flujos de pómez y ceniza, ceniza y líticos, y lo que se denominan flujos soldados, es decir, una roca vítrea muy dura con líticos. Toda la unidad es de composición riolítica, contando con una baja permeabilidad. El fracturamiento es menor que la unidad anterior; sin embargo, se reconocen los mismos sistemas de fracturas mencionados en las andesitas del Mioceno. La permeabilidad disminuye también debido a que en los flujos piroclásticos no soldados y de pómez y la alteración de las plagioclasas, genera formación de arcillas que impiden la circulación de fluidos. Estas rocas componen un acuífero de tránsito y en el subsuelo no tiene

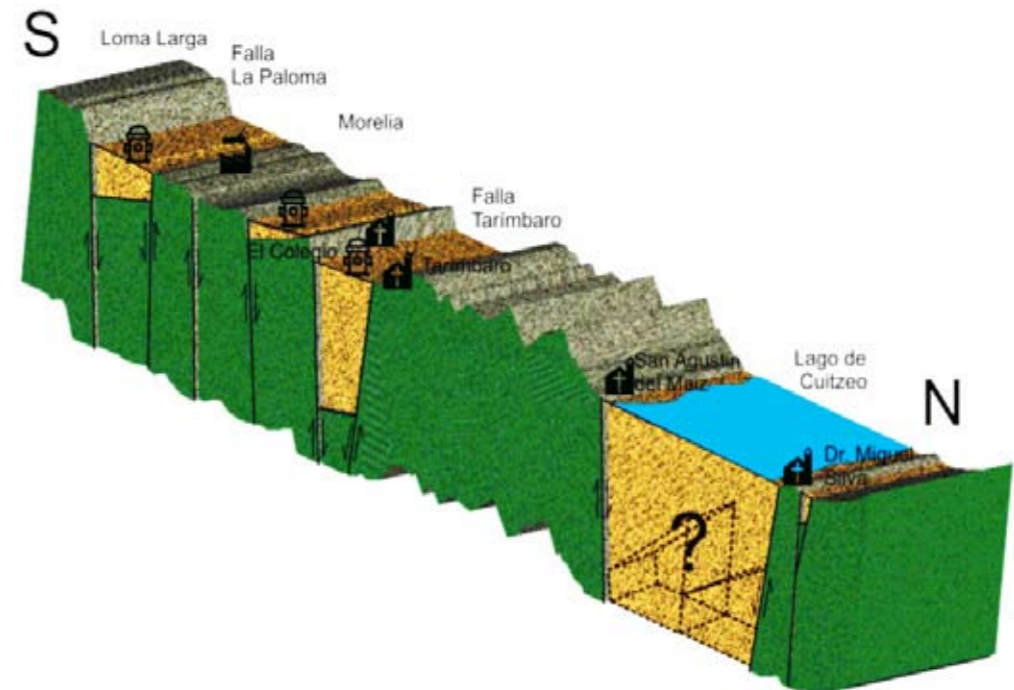


Figura 2. Geometría de las unidades miocénicas (andesitas y flujos piroclásticos), en color verde y en amarillo las secuencias lacustres del Mioceno-Pleistoceno.

características de un buen acuífero, además de ser portador de muchos sólidos en suspensión (arcillas) en el agua subterránea.

#### c. Unidad geohidrológica terrígena (Figura 3, pozos 93, 102, 23 y 2)

Los estudios gravimétricos realizados en el centro del lago de Cuitzeo en los años ochenta, sugieren la presencia de 1,500 m de sedimentos fluviolacustres (Arredondo, 1983); sin embargo, una reinterpretación de los datos realizada sólo infiere un espesor de 500 m de sedimentos. En la región de Charo, Indaparapeo, se reconoce una secuencia lacustre y fluviolacustre de 40 m de espesor; compuesta por tres paquetes y en la base una serie de sedimentos limoarcillosos que terminan con un nivel oxidado. La secuencia continúa con diatomitas arcillosas laminares, y éstas a su vez, son erosionadas por una de tipo fluvial, caracterizada por conglomerados, gravas arenas y limos. La secuencia es coronada por un nivel de pómez vítrea (Israde-Alcántara y Garduño-Monroy, 1999). Esta unidad se compone en el subsuelo de 60 m de alternancias de conglomerados, arenas, limos y arcillas; con eventuales interdigitaciones de lavas y productos volcánicos explosivos, por lo tanto, es donde se localizan los acuitardos. Dentro de ella se observan fallas noroeste-sureste, este-oeste y noreste-suroeste, las dos últimas presentan una geometría de fallas

# 1 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS

sedimentarias que son, junto con la utilización del acuífero, las que detonan los Procesos de Subsistencia Creep Falla (PSCF) de Morelia, Santa Ana Maya y Tarímbaro, cuyas tasas de hundimiento van de 4 a 6 cm/año (Garduño-Monroy *et al.*, 2001). La permeabilidad depende de la litología, siendo obviamente los niveles más granulares los más idóneos para el aprovechamiento del acuífero.

## d. Unidades hidrológicas volcánicas del Corredor Tarasco y Los Azufres

Hacia el poniente del lago y en la región de Morelia se presenta una serie de aparatos monogenéticos y de tipo escudo (Águila, Quinceo, Las Tetillas, etc.) que se encuentran descansando sobre las secuencias lacustres terrígenas. Este vulcanismo está compuesto por lavas en bloque, brechas, piroclastos y derrames de escoria (Figura 3; pozos 93, 102 y Solidaridad). Los volcanes

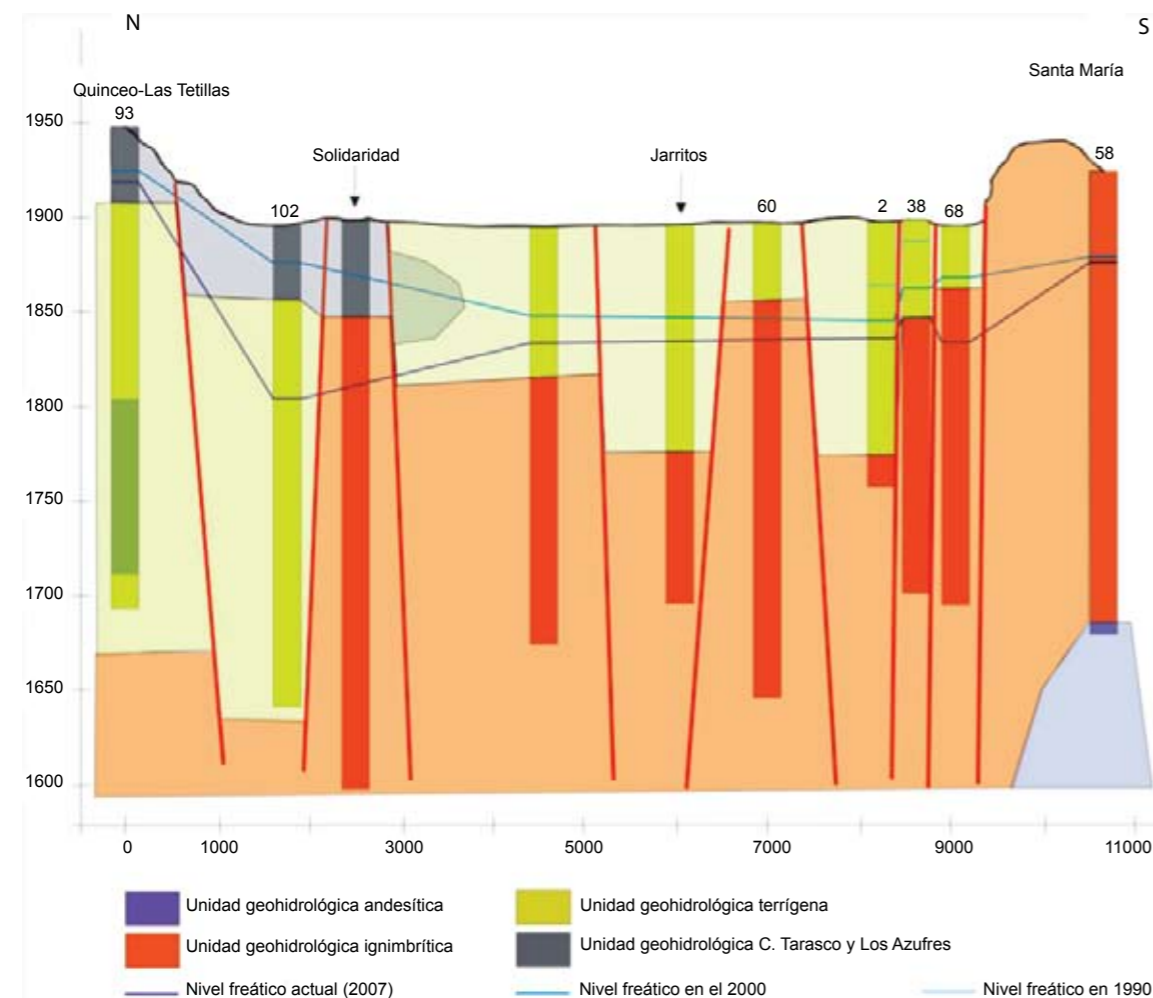


Figura 3. Unidades geohidrológicas de la región Cuitzeo-Morelia y las variaciones de los niveles freáticos.

escudo ocupan grandes superficies, por lo que son zonas de captación para las aguas subterráneas que van a abastecer preferencialmente a los acuíferos de las secuencias terrígenas. También a ellos se asocian los manantiales que surgen en el contacto de los volcanes y las arcillas de las secuencias terrígenas. Dentro de la cuenca, hacia el suroeste prevalentemente, las rocas volcánicas están conformadas por arenas y gravas, además de lavas muy fracturadas. En estas litologías se instaló hace más de 15 años el tiradero municipal de Morelia, que no presenta un control de los lixiviados, por lo que migran directamente al subsuelo a través de las fracturas cuya permeabilidad es alta (Israde-Alcántara *et al.*, 2005). La zona suroeste de la cuenca se ha elegido para el desarrollo de Morelia, lo que ha requerido que se perforen un gran número de pozos de agua potable. En esta región es donde se encuentran los acuíferos de la zona de la Mintzita que surten de agua a gran parte de la ciudad de Morelia.

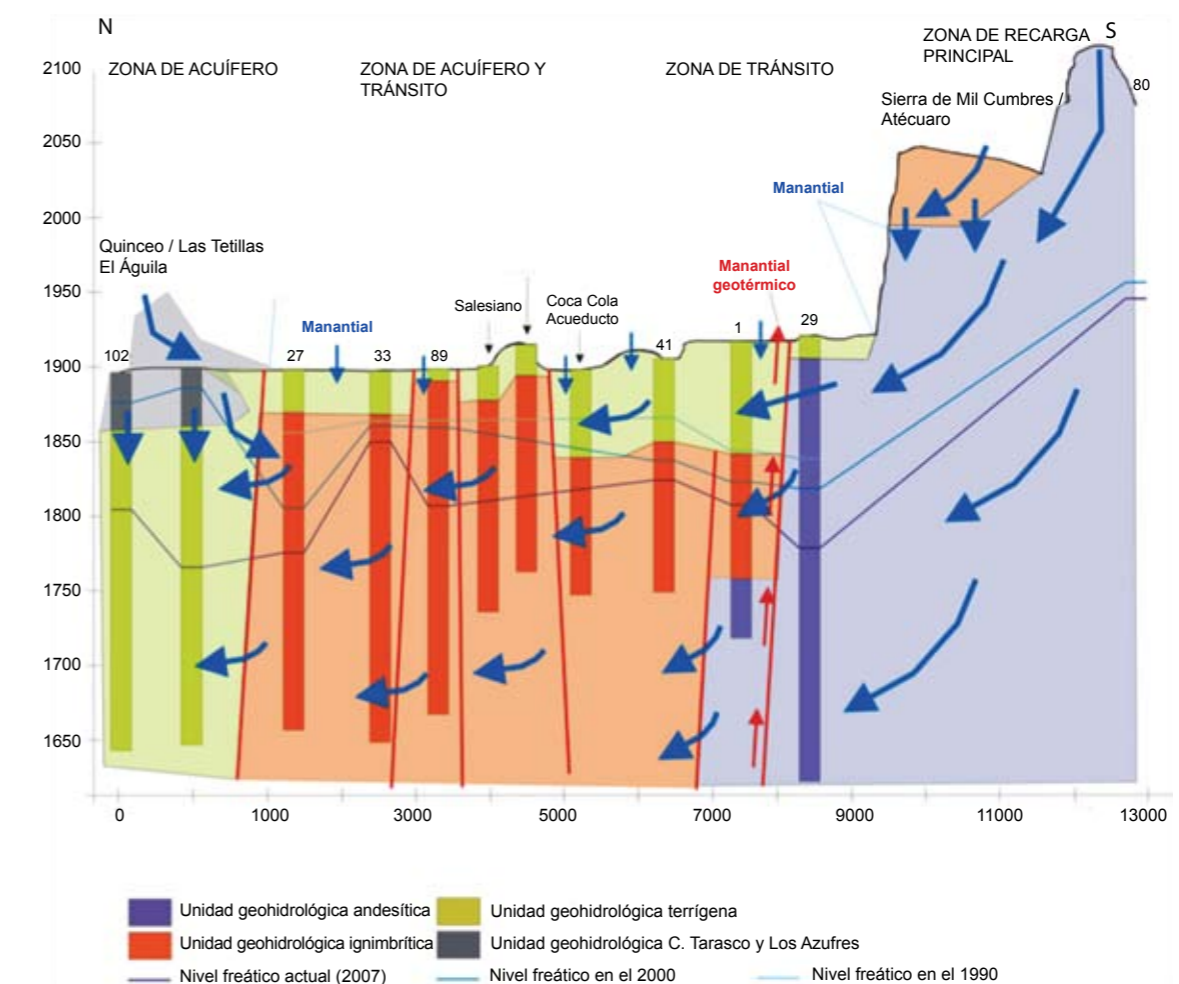


Figura 4. Tipo de zona en los acuíferos de acuerdo a la movilidad y almacenamiento de fluidos. El tamaño de las flecha está en relación con el tipo de circulación/permeabilidad.

Hacia el oriente de la cuenca de Cuitzeo se localiza la Caldera de Los Azufres, formada por vulcanismo ácido (riolítico y dacítico), que conforma domos, los cuales, al alterarse, forman una capa de caolín y además la capa sello del yacimiento geotérmico.

### Fallas Geológicas y Acuíferos (Figura 4)

Las estructuras que generan las fallas pueden jugar el papel de planos permeables o planos impermeables; es decir, si desarrollan espesores importantes de milonitas con minerales arcillosos serán fronteras impermeables, pero si en el movimiento de bloque se generan brechas con matriz granular,

entonces serán fronteras permeables. Asimismo, el movimiento de bloques podría ocasionar que las estructuras cambien el tránsito de los fluidos; por ejemplo, poniendo en contacto dos unidades permeables (andesitas, depósitos lacustres y otros terrígenos, Figura 4; pozo 29) o bien, jugar el papel de límite sello (flujos piroclásticos de matriz arcillosa con arcillas sedimentarias (Figura 4; pozo 89). Las fallas también juegan el papel de conductos de aguas termales, que probablemente conectan yacimientos geotérmicos con la superficie, produciendo las familias químicas observadas en los distintos manantiales (Cointzio, Araró, San Agustín del Maíz, dentro del vaso lacustre, etc.); (Figura 4) y en el entorno del lago.



Fotografía: Isabel Israde-Alcántara

Imagen: Zona de aguas termales de Araró. Los montículos que cubren las “estiladeras” son para extraer los lixiviados de la salmuera de donde se explota el cloruro de sodio y sulfato de magnesio.

# Hidrología y Regionalización Hidrogeográfica

**Teodoro Carlón Allende**  
**Manuel E. Mendoza**  
**Erna López**

La cuenca del lago de Cuitzeo originalmente formó parte de la cuenca fluvial del río Lerma junto con los lagos de Pátzcuaro y Zirahuén, los cuales se separaron durante el Plioceno y el Pleistoceno al levantarse diversas barreras geográficas para quedar tal como lo conocemos hoy en día (De Buen, 1943). La red de transporte superficial de agua, como ríos y presas, tiene implicaciones en el volumen del lago y el establecimiento de una red de monitoreo de la calidad del agua. En este capítulo se realiza una regionalización de la cuenca del lago de Cuitzeo a partir de un análisis geográfico de los atributos del paisaje.

La hidrología se caracteriza por el predominio de corrientes intermitentes y la presencia de unas cuantas permanentes o perennes, entre las que sobresalen los ríos Grande de Morelia y Zinapécuaro; ambos drenan el 45% de la superficie de la cuenca. El patrón de drenaje en la porción elevada de la cuenca es de dendrítico a subdendrítico, la mayor densidad de escurrimientos se localiza hacia la porción elevada del sur de la misma, mientras que en la porción norte son escasos con una red de drenaje poco desarrollada, al igual que en el sector centro-oriental con vulcanismo reciente.

La corriente principal que alimenta el lago es el Río Grande de Morelia, el cual fluye de suroeste a noreste; durante su recorrido alimenta la presa Cointzio y recibe, aguas abajo, el caudal del Río Chiquito, su principal afluente, el de los manantiales de la Mintzita, Itzícuaru y La Quemada y las aguas negras de la ciudad de Morelia. Estos escurrimientos se aprovechan totalmente en el regadío de los valles de Charo, Álvaro Obregón y Tarímbaro, por lo que el patrón de drenaje ha sido modificado con la construcción de obras hidráulicas, dando origen a una serie de canales de riego que cruzan la zona conocida como El Bordo y alcanzan el lago al sur en una zona de humedal.



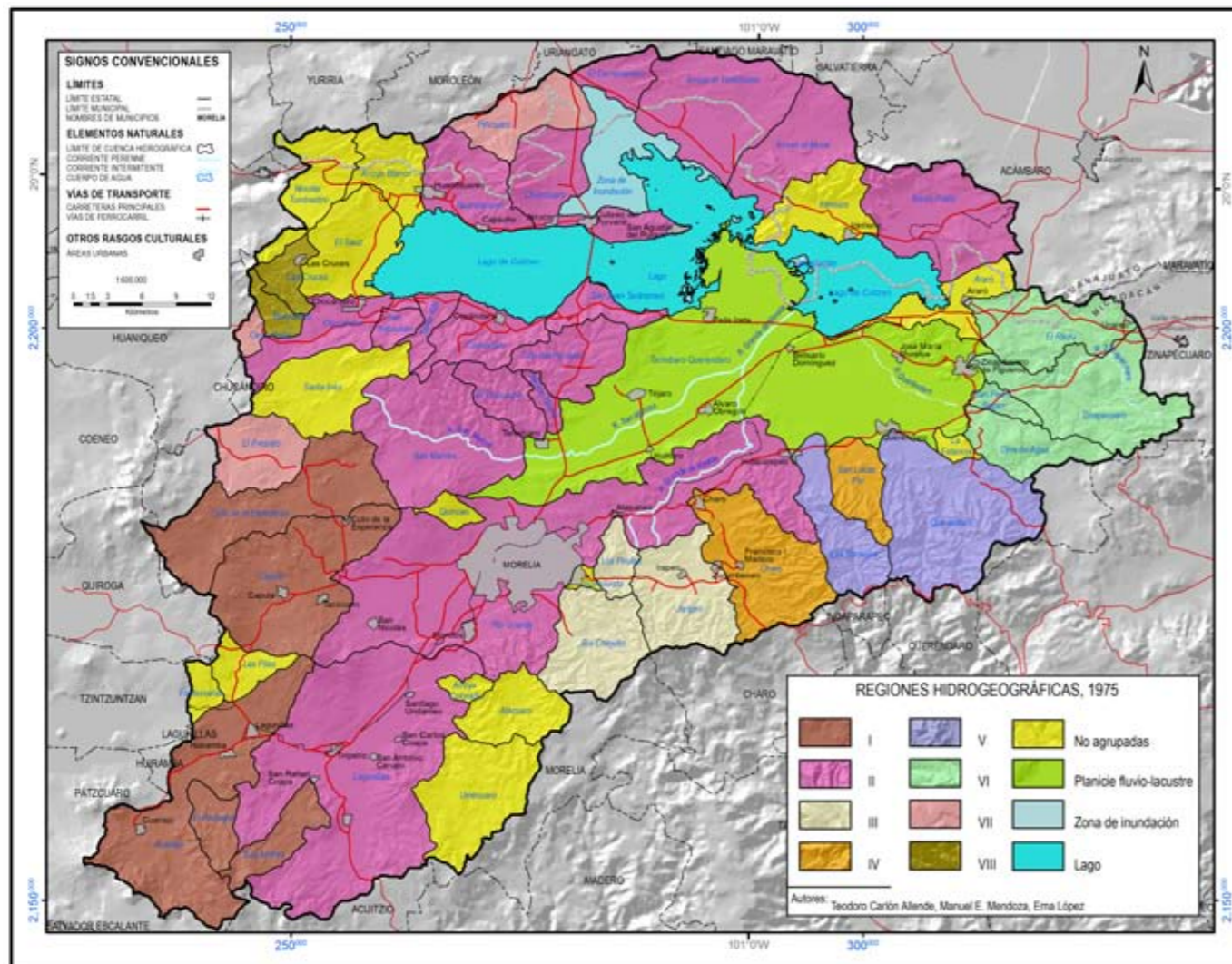
Fotografía: Zoltan Vekerdy

Por su parte, el río Zinapécuaro nace en la sierra de Otzumatlán, fluye hasta el poblado de Queréndaro y entra a la presa de Malpaís, en donde también desemboca el río Queréndaro, otra de las corrientes permanentes de la cuenca. La presa tiene una capacidad de almacenamiento de 24 millones de m<sup>3</sup> y fue construida en 1908 para irrigar la porción oriental de esta cuenca, que corresponde al valle de Queréndaro. Otras corrientes perennes importantes son las de Lagunillas y Los Naranjos, y los arroyos San Marcos, Colorado y Guadalupe.

El lago de Cuitzeo recibe un escurrimiento de 456 mm<sup>3</sup> y pierde por evapotranspiración 766 mm<sup>3</sup>, existiendo por lo general un déficit anual en el vaso del agua (Diario Oficial, 2003). Es importante el arreglo de los atributos del paisaje en una región para lograr un manejo eficiente de los recursos naturales, incluyendo las aguas continentales.

En los Mapas 1.11a y 1.11b se muestra una regionalización de la cuenca del lago de Cuitzeo, basada en la agregación de las 52 subcuencas que la conforman. La regionalización se basó en un análisis geográfico de los atributos del paisaje (Brunt, 1995; Magas, 2003), y con la idea de identificar regiones geográficas relativamente homogéneas que pueden utilizarse como unidades de planeación y manejo del agua. La agregación del territorio (subcuencas) se llevó a cabo de acuerdo a sus características biofísicas con un análisis de conglomerados (PCORD, 1999). El análisis incluyó la superficie de coincidencia de 65 variables dentro de cada una de las 52 subcuencas identificadas: 19 clases de relieve (geomorfología), 4 de pendiente, 3 de densidad de disección, 3 de textura de suelo, 16 de tipos de rocas, 21 clases de cobertura del año de 1975 y 19 para la cobertura del 2000.

**Mapa 1.11a - Subcuencas y su agrupación en regiones hidrogeográficas, 1975**



La agrupación de las subcuencas de acuerdo a la cobertura vegetal y uso de suelo de los años 1975 (Mapa 1.11a) y 2000 (Mapa 1.11b) fue similar; por ejemplo, en 1975 se definieron sólo ocho grupos y en 2000 se identificaron nueve. Este cambio en la regionalización hidrogeográfica fue debido al incremento de la superficie cubierta por matorrales en las subcuencas localizadas al norte del lago de Cuitzeo y son: arroyo El Moral, arroyo El Timbinales, Chupécuaro y El Derramadero. En 1975, el uso de suelo en estas subcuencas era de agricultura de temporal, y debido al abandono de las tierras agrícolas a consecuencia de procesos de emigración rural, éstas han ido revegetándose nuevamente (López *et al.*, 2006).

En la cuenca del lago de Cuitzeo se tienen monitoreadas tres subcuencas, consideradas de referencia por tener condiciones ambientales distintas; geográficamente una se distribuye al centro-norte (San Marcos), otra al sur (Umécuaro) y una más al este (Queréndaro). Las subcuencas de referencia se agruparon a su vez en 19, de las cuales la de San Marcos se integró a un grupo con otras 16 subcuencas, la de Queréndaro se integró con otra, mientras que la de Umécuaro no se agrupó (Mapas 1.11a y 1.11b).

Fuente: INEGI, 1975, Edafología.



# 1 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS

Para el monitoreo de las condiciones hidrológicas se requiere de la instalación de al menos siete nuevas estaciones hidrométricas y meteorológicas, con las cuales sea posible monitorear al menos una subcuenca de cada grupo. En cambio, aquellas subcuencas que no formaron grupos deben monitorearse individualmente; por ejemplo, la subcuenca de Umécuaro, que no es semejante a otras subcuencas y además, aporta el 30% del agua a la capital del estado a través del Río Grande de Morelia.

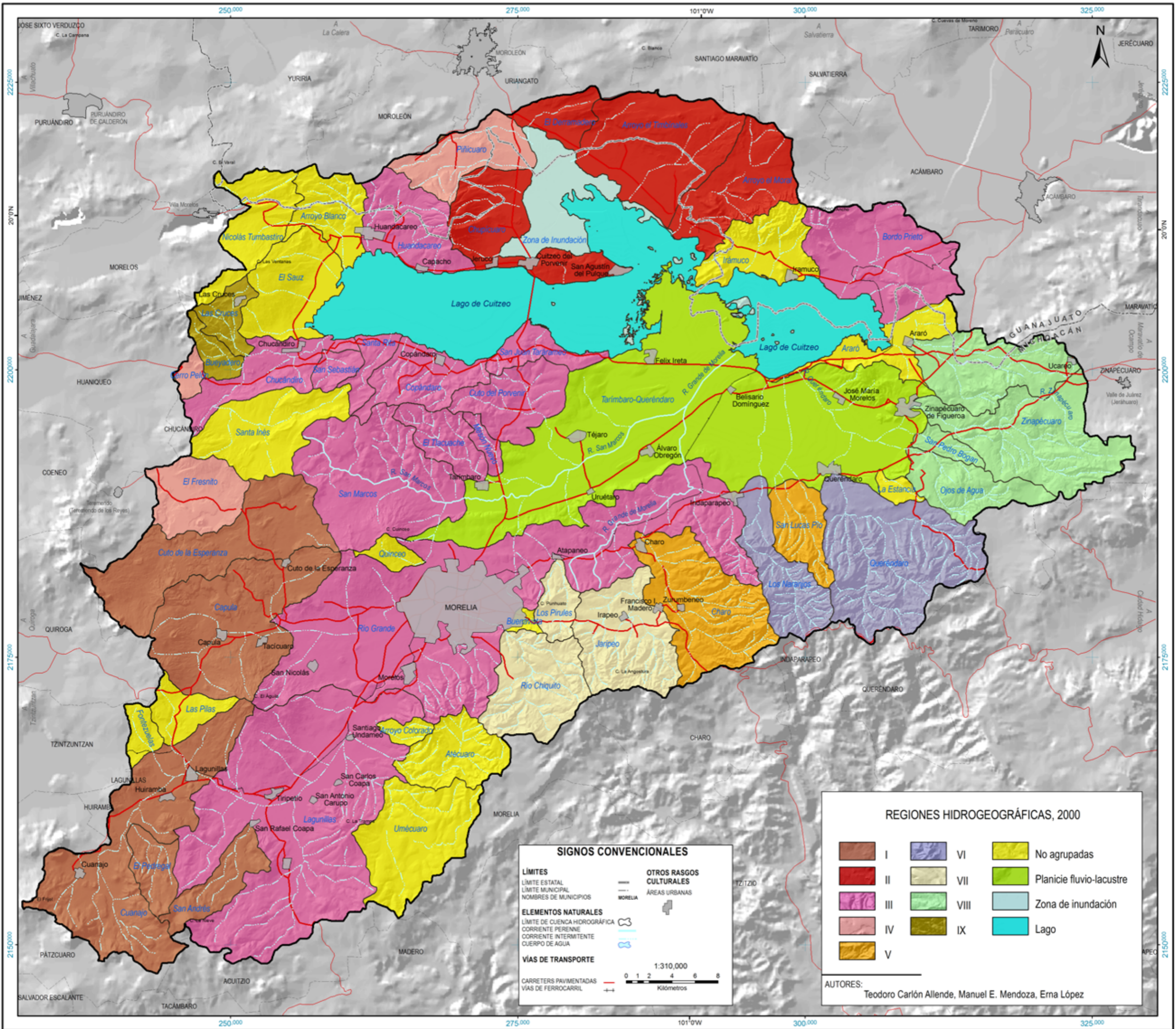


**Tabla 1. Importancia de los grupos o regiones de acuerdo a superficie, nivel de contigüidad, número de subcuencas y porcentaje de bosque o matorral para el año 2000.**

Regiones o grupos	Superficie km <sup>2</sup>	Nivel de contigüidad	No. de subcuencas	%		Orden
				Bosque	Matorral	
I	448	Alto	5	32.8	23.4	3
II	265	Medio	4	5.7	36.5	8
III	1173	Medio	13	13.0	31.2	1
IV	101	Bajo	3	7.3	38.6	9
V	128	Medio	2	40.9	27.7	7
VI	187	Alto	2	56.4	19.2	4
VII	157	Alto	3	43.2	17.3	6
VIII	225	Alto	4	53.5	10.6	2
IX	32	Alto	2	32.8	48.9	5



Fotografía: Marcela Galindo



Fuente: INEGI, 2000, Datos vectoriales; Pasquaré et al., 1991; Lopez et al., 2006.



# 2

## BIODIVERSIDAD



Fotografía: Jorge Schondube Friedewold

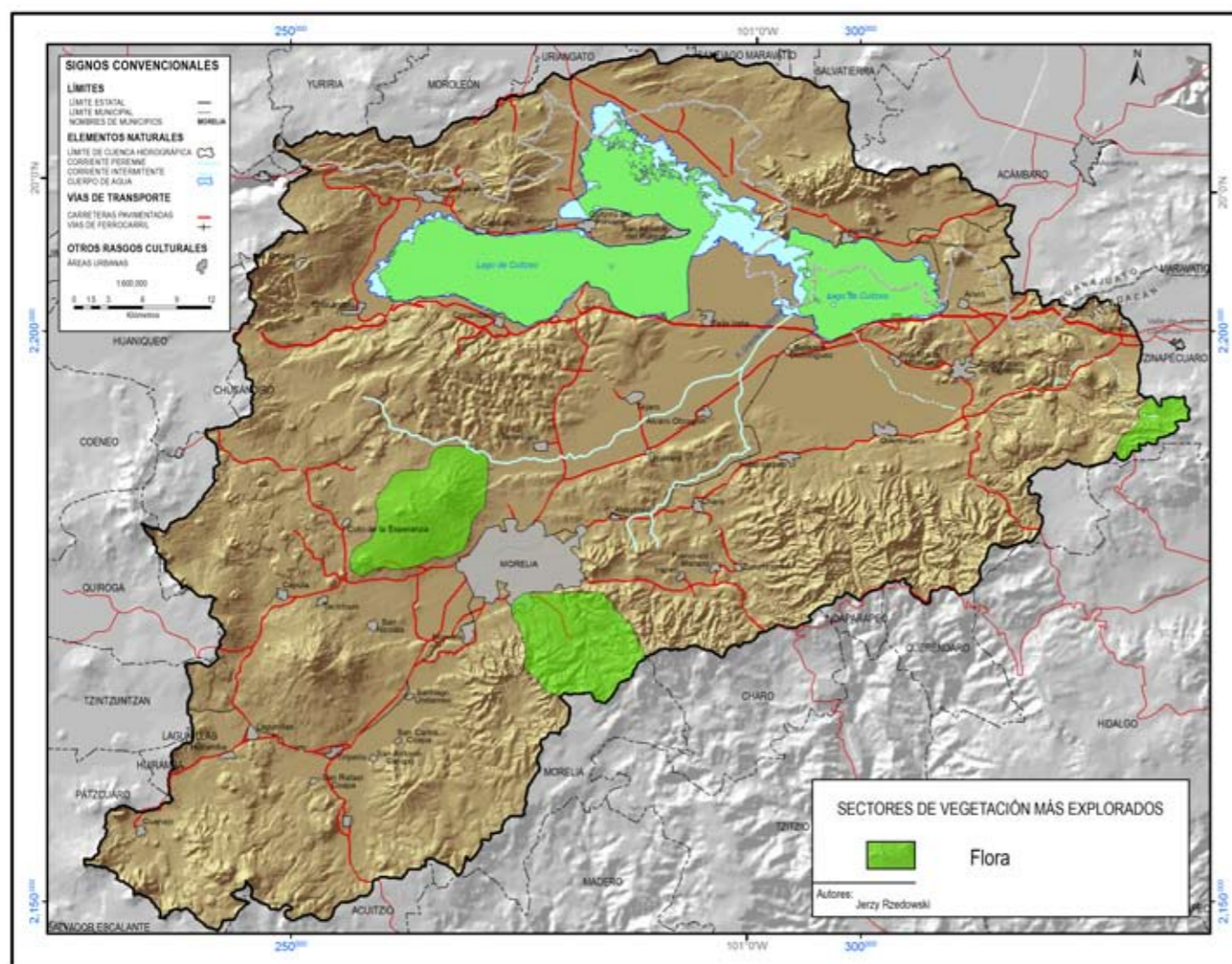
## Flora de la Cuenca

Jerzy Rzedowski

A pesar de su tamaño relativamente reducido, el territorio correspondiente a la cuenca endorreica del lago de Cuitzeo se distingue por la gran variedad de su universo vegetal. Esta particular riqueza es función, sin duda, de la diversidad ambiental de la comarca, en la cual prevalecen no solamente los bosques de coníferas y de encinos tan característicos de las cadenas montañosas de México, sino existe también una considerable extensión que corresponde al bosque tropical caducifolio, del que ya quedan pocos fragmentos conservados, pero que junto con los elementos de la vegetación secundaria correspondiente, alberga una flora propia cuantiosa.

Otro conjunto adicional importante lo conforman los diferentes hábitats acuáticos y subacuáticos, frecuentes en general en el norte de Michoacán, pero especialmente diversos y bien representados aquí. De no menor trascendencia resultan asimismo, los escasos pero significativos reductos del bosque mesófilo de montaña, que aportan un cortejo más de árboles, epífitas, helechos y otros componentes vegetales de afinidad ecológica discrepante.

**Mapa 2.1a - Sectores más explorados en cuanto a su flora**



Aunque no existe un inventario integral de la flora de la cuenca del lago de Cuitzeo, el área ha sido intensamente explorada (no menos de 15 mil números de colecta) y se han elaborado cuantiosos trabajos tendientes al conocimiento de las plantas vasculares de algunas áreas parciales, sobre todo de las próximas a la capital del estado (Mapa 2.1a).

Los primeros datan del siglo antepasado y se presentaron como calendarios botánicos (Tena y López, 1877-1883; Tena, 1893). Una contribución de mayor importancia fue la de Martínez (1910), fundador también del primer herbario regional. A partir de 1980 se han realizado múltiples estudios, entre los cuales destacan el de Carranza (1987) y el de Martínez *et al.* (1987), que estudiaron la flora de la región de Los Azufres; el de Oseguera (1987), correspondiente a las gramíneas del Valle de Morelia; el de Rzedowski y Calderón (1987), con énfasis en las reliquias del bosque tropical caducifolio de la región del Bajío; el de Huerta (1990), sobre la flora del cerro Quinceo; el de Medina y Rodríguez (1993), relativo a la microcuenca del Río Chiquito; el de García (1990), que trata sobre la familia Compositae en el Valle de Morelia; el de Rojas y Novelo (1995), que se refiere a la flora acuática del lago de Cuitzeo; el de Madrigal y Guridi (2002), en el que se registran los árboles del municipio de Morelia; el de Pérez (2002), sobre las plantas de la ciénega de Queréndaro; y el de Robles (2006), dedicado al conocimiento de las cactáceas

en la cuenca de Cuitzeo. Variadas contribuciones adicionales versan sobre plantas de interés económico, tanto las útiles como las perjudiciales.

De acuerdo con esto y en la información obtenida de la base de datos del herbario del Instituto de Ecología en Pátzcuaro, se estima que el área de estudio alberga una flora vascular espontánea del orden de 2,000 a 2,200 especies, cantidad que supera substancialmente a la tercera parte de la que se calcula para todo el estado de Michoacán. De ellas, no menos de 130 asumen el porte de árboles, más de 110 son de hábito trepador, casi 50 viven de manera obligada o preferente como epífitas, alrededor de 220 corresponden a plantas acuáticas y subacuáticas, aproximadamente 120 pertenecen al grupo de las pteridofitas (helechos y plantas afines) y más de 290 se comportan por lo general como malezas. De estas últimas, unas 55 son introducidas de otras partes de América o de comarcas más lejanas, entre las que destaca la región del Mar Mediterráneo.

En términos de utilidad, puede calcularse que alrededor de las dos terceras partes de los componentes de esta flora tienen algún uso local, pero si se excluyen las que sólo se aprovechan como forrajeras, melíferas y/o a manera de combustible, esta cantidad se reduce a 25-30%.

Cerca de 60% de las especies de plantas vasculares nativas de la región tienen su distribución restringida al territorio de la república y las siguientes sólo se conocen de la cuenca de Cuitzeo y de sus alrededores inmediatos:

*Carex rzedowskii*  
*Dahlia barkerae*  
*Diospyros xolocotzii*  
*Echeandia michoacanensis*  
*Microspermum debile* var. *Arsenei*  
*Rigidella flammea*  
*Valeriana emmanuelii*  
*Vernonia solorzanoana*

Estos ocho elementos son plantas sumamente localizadas y escasas o francamente raras; todas están en serio peligro de extinción.

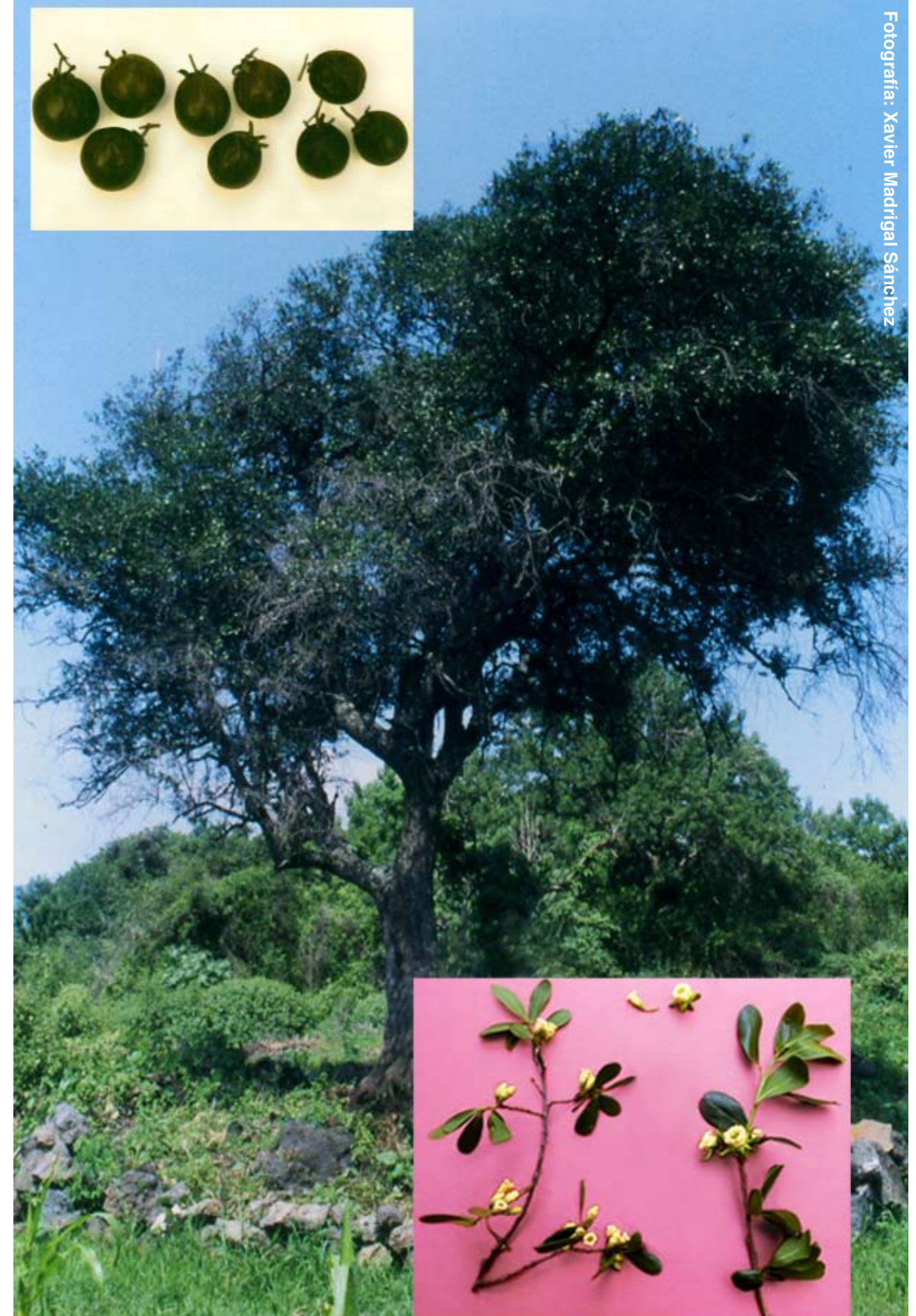


Imagen 1. *Diospyros xolocotzii* o zapote prieto, árbol solamente conocido de los alrededores de la ciudad de Morelia y en grave peligro de extinción.

Los demás grupos de vegetales no han recibido todavía la misma atención. Al respecto, Gómez-Peralta (1992) registra 100 especies de líquenes de la región de Los Azufres. A su vez, Delgadillo (1998) informa haber registrado 266 especies de musgos del norte de Michoacán, de los cuales, de acuerdo con el mismo autor (com. pers.), alrededor de 180 se han colectado en la región de estudio.

Los conocimientos actuales de la flora silvestre de la cuenca del lago de Cuitzeo y la urgente necesidad de su apropiada conservación, sugieren la conveniencia de definir y de sancionar oficialmente las siguientes partes como áreas de severa protección ecológica (Mapa 2.1b):

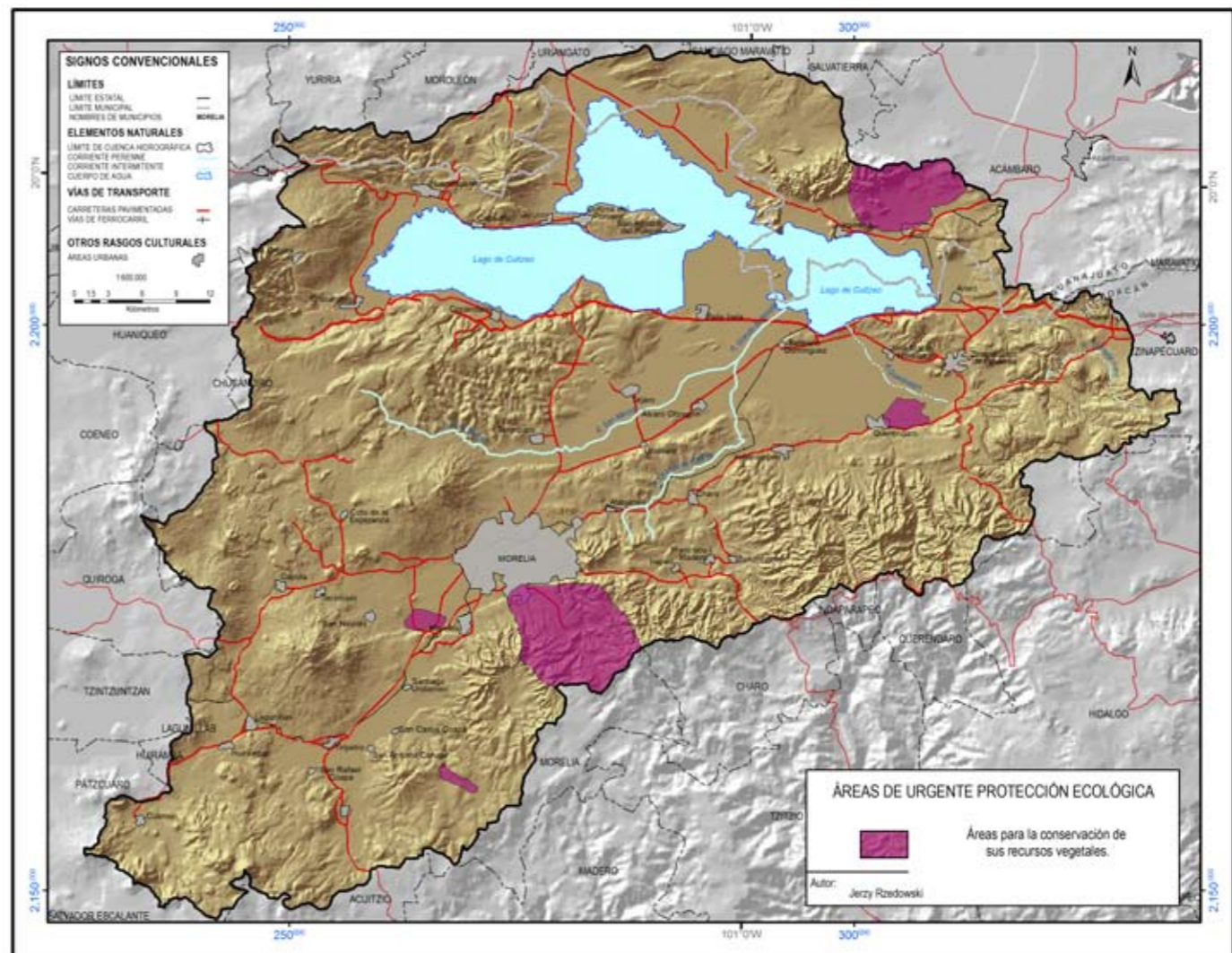
- La subcuenca del Río Chiquito, que se distingue por su excepcional diversidad y en la cual viven varias de las especies endémicas enlistadas.
- Las laderas meridionales del cerro Trompetero, próximo a la población de Iramuco, del lado noreste del lago de Cuitzeo, en las que se encuentra todavía el único remanente medianamente conservado del bosque tropical caducifolio, que en épocas anteriores cubría grandes extensiones de la cuenca.
- Los alrededores de los manantiales de La Mintzita y de Cointzio, que albergan la única población conocida de *Diospyros xolocotzii* (Imagen 1), así como un contingente importante de plantas acuáticas y subacuáticas.
- Las ciénegas cercanas a Umécuaro y a Loma Caliente, en las que prospera la única población conocida de *Carex rzedowskii*.
- La ciénega próxima a Queréndaro, sumamente diversa en su flora acuática y subacuática.

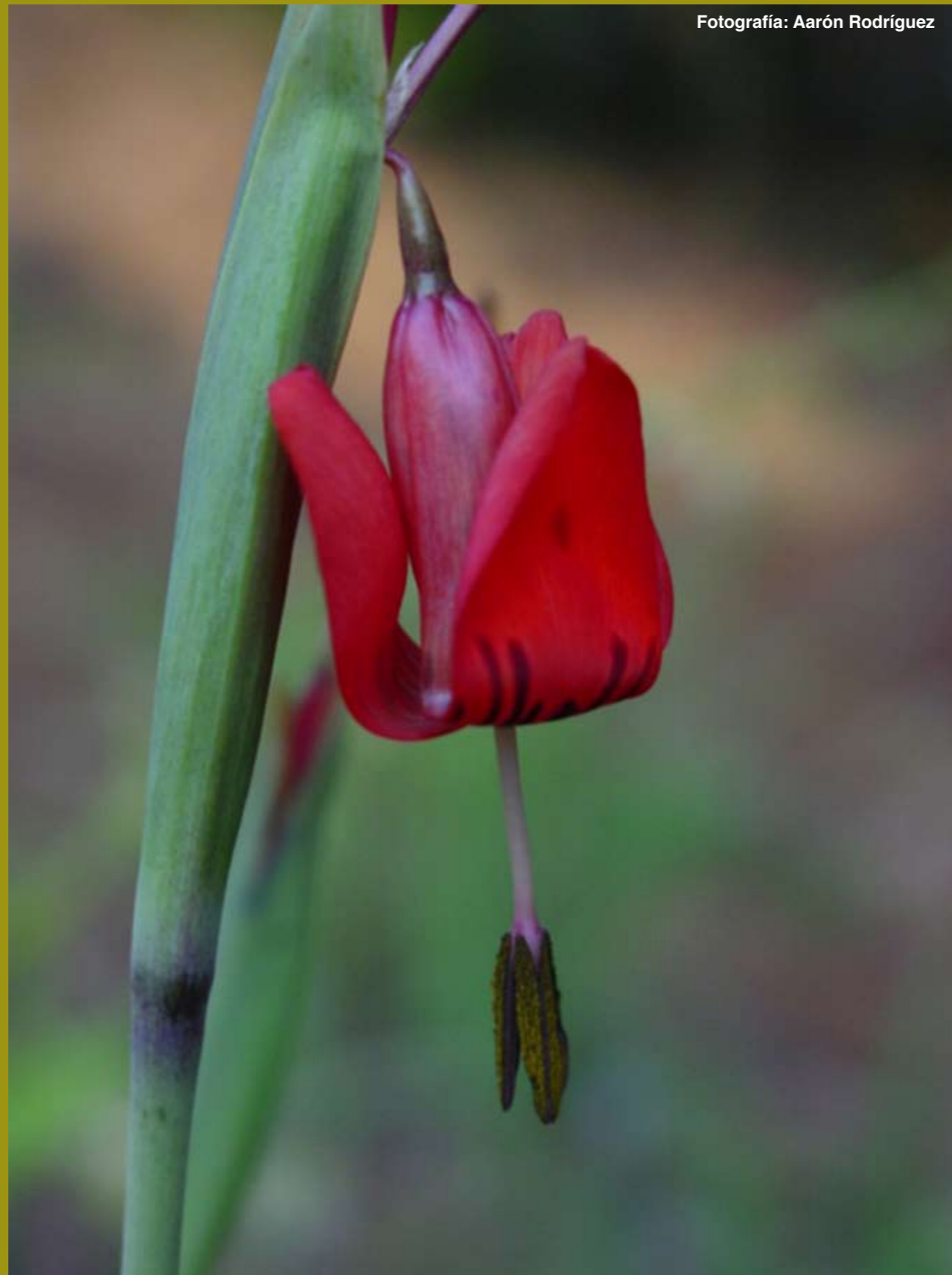
En cuanto a las plantas cultivadas en la región, la estimación global es mucho más difícil, pero si se toman en cuenta todos los elementos ornamentales que se encuentran en el interior y en el exterior de las casas, en los huertos familiares, en los parques y jardines; la diversidad total es substancialmente superior a 500 especies.

Sin embargo, el número de las que comúnmente se siembran y son de mayor interés agrícola y comercial no llega a 50, las que se aprovechan a través de la fruticultura formal no pasan de ser 20 y las usadas con fines de reforestación no son más de 30. Cifras más significativas corresponden a la variedad de elementos de ornato urbano; de esta manera, Guerrero (1997) registró 136 especies de árboles, arbustos y plantas trepadoras, que se cultivan con tal propósito en la ciudad de Morelia.



**Mapa 2.1b - Áreas de urgente protección ecológica**





Fotografía: Aarón Rodríguez

Imagen: Flor de *Rigidella flammea*.



## Recursos Forestales

Xavier Madrigal Sánchez

La cuenca de Cuitzeo es un área diversa desde el punto de vista biológico, con serios problemas en la conservación de sus recursos debido principalmente a la actividad humana, de donde se deriva la necesidad del conocimiento de la flora. En este capítulo se incluyen los recursos forestales, tanto los maderables como los no maderables, los cuales se distribuyen en diferentes ambientes relacionados con la altitud, el relieve y otros factores.

En el área se encuentran 12 tipos de vegetación constituidos por comunidades primarias (Madrigal-Sánchez y Guridi-Gómez, 2004): matorral subtropical (bosque tropical decíduo), mezquital, pastizal, bosque de encino, bosque de pino, bosque de pino-encino, bosque de cedro, bosque de oyamel, bosque mesófilo de montaña, bosque de galería, tular y carrizal. Existen otras comunidades vegetales, constituidas por plantaciones realizadas en diferentes años con especies nativas de la región y algunas introducidas, como son las numerosas especies de *Eucalyptus* spp. (eucalipto gigante), *Casuarina equisetifolia* (casuarina), *Pinus radiata* (pino radiata, pino), *P. halepensis* (pino de Alepo, pino), *Acacia retinodes* y *Acacia* sp. (acacia), *Ceratonia siliqua* (algarrobo), *Tamarix gallica* (tamarix, pino salado), *Schinus molle* (pirul) y *Salix babylonica* (sauce llorón); (Madrigal-Sánchez y Trujillo-García, 2001). También, en algunas de estas plantaciones, se ha evaluado su crecimiento y desarrollo en el municipio de Morelia (Mas-Porras *et al.*, 1990).

Aunque el principal uso del suelo es agrícola y pecuario, todavía se encuentra una importante cubierta forestal arbórea, que en 1950 era de 69,338 ha (18.35%) y en 1970 de 43,357 ha (17.32%), reducida sobre todo por el incremento de la superficie agrícola (Pompa-López, 1995). Por otra parte, aunque no se ha determinado la superficie para todos los tipos de vegetación, hay cifras que se refieren a algunas de las comunidades citadas: matorral subtropical (24,324 ha), bosque de encino (22,501 ha), bosque de pino (3,516 ha), bosque de pino-encino (75,529 ha), bosque de oyamel (519 ha) y bosque mesófilo de montaña (2,500 ha); mientras que la vegetación acuática (tular y carrizal) es de 3,284 ha (Chávez-Carmona *et al.*, 1994). En fecha más reciente (COFOM, 2002), las cifras que se registran son las siguientes, indicándose entre paréntesis la disminución en hectáreas que han tenido estos tipos de vegetación en el período comprendido de 1990-2000: bosque de encino 29,446 ha (11.8%), bosque de oyamel 14,445.9 ha (22.1%), bosque de pino 6,217.9 ha (17.4%), bosque de pino-encino 51,329.6 ha (8.3 %), bosque mesófilo de montaña 1,191.1 ha (5.8 %), matorral subtropical 31,804.6 ha (17.5%), mezquital 10.4 ha (94.9%) y pastizal 57,501 ha (12.4%).

Al tomar en cuenta el número de taxa arbóreas y arborecentes de 147 en el municipio de Morelia (Madrigal-Sánchez y Guridi-Gómez, 2002), se estima que en la cuenca de Cuitzeo hay aproximadamente 155 especies silvestres, lo que permitiría hacer un amplio uso de estos recursos. De éstas, 13 se encuentran en riesgo con diferente estatus, de acuerdo con la NOM-059 ECOL-2001, las

cuales tienen uno o varios usos (Madrigal-Sánchez y Guridi-Gómez, 2004 y 2009): *Tilia mexicana* (sirimo), *Zinowiewia concinna* (trueno, garambuyo), *Albizia plurijuga* (parotilla, palo blanco), *Carpinus caroliniana* (moralillo, palo barranco), *Erythrina coralloides* (colorín), *Furcraea bedinghausii* (palmita), *Magnolia schiedeana* (magnolia, manguillo, hayo), *Acer negundo* var. *mexicanum* (aretillo, zarcillo), *Cedrela dugesii* (nogalillo, kueteramba), *Cupressus lindleyi* (*C. lusitanica*) (cedro blanco), *Diospyros xolocotzii* (zapote prieto), *Ostrya virginiana* (morita), *Pinus martinezii* (pino coyote).

### Producción y Deterioro Ambiental

Se considera que 226,089 ha son de vocación forestal, de las cuales 69,961 ha son arboladas. La superficie que se encontraba bajo manejo forestal en el periodo 2005-2007 era de 4,189.8 ha y el volumen autorizado de 240,096 m<sup>3</sup> anuales. Las existencias totales maderables son de aproximadamente 10,625,690 m<sup>3</sup> y la extracción de resina de 3,160 ton por año (COFOM, 2002).

Por las características de las comunidades vegetales en la región de la cuenca, lo mismo que en el resto de Michoacán, los principales aprovechamientos maderables se refieren principalmente a la madera aserrada, leña para celulósicos y para chapa, madera terciada de las especies de *Pinus* spp. (pino), *Abies religiosa* (oyamel), *Cupressus lindleyi* (cedro blanco), *Quercus* spp. (encinos) y otras en menor cuantía (COFOM, 2001). Por otra parte, el uso de leña para



Fotografía: Xavier Madrigal Sánchez

Imagen: Matorral subtropical en ecotono con mezquital en primer plano (altitud 1,810 msnm). San Juan Tarameo, municipio de Cuitzeo, Michoacán.



Fotografía: Xavier Madrigal Sánchez

Imagen: Bosque de pino-encino, región Pico Azul (altitud 2,220 msnm). Municipio de Morelia, Michoacán.



Fotografía: Xavier Madrigal Sánchez

Imagen: Plantación mixta con *Pinus michoacana*, *Eucalyptus* spp. y *Casuarina equisetifolia* (altitud 2,050 msnm). Joya de la Huerta, municipio de Morelia, Michoacán.



Fotografía: Xavier Madrigal Sánchez

Imagen: Pastizal halófilo de chacamu (*Distichlis spicata*); (altitud 1,830 msnm). Margen del lago de Cuitzeo, municipio de Cuitzeo, Michoacán.

finés domésticos, así como postes para cercas y materiales de construcciones rústicas también deben considerarse, aunque no hay evaluaciones al respecto, ya que se extraen principalmente del matorral subtropical y de los bosques de encino y pino-encino.

Los municipios donde se registran aprovechamientos maderables autorizados son Acuitzio, Charo, Indaparapeo, Morelia, Queréndaro y Zinapécuaro, con los siguientes volúmenes para el periodo 1994-2005 (COFOM, 2004, 2007): *Pinus* (pino) 886,274 m<sup>3</sup>, *Abies* (oyamel) 83,388 m<sup>3</sup>, *Cupressus* (cedro blanco) 18,071 m<sup>3</sup>, *Quercus* (encino) 150,880 m<sup>3</sup>, otras especies de latifoliadas (no coníferas) 44,113 m<sup>3</sup>, en una superficie total de 25,925 ha. De acuerdo con el estudio antes citado (COFOM, 2002), se han inventariado 268 instalaciones industriales, las cuales no operan al 100% de su capacidad instalada, debido al deficiente abastecimiento de materia prima, con notoria falta de integración y el problema de los aprovechamientos clandestinos.

Aunque actualmente no existe tradición, para la elaboración de artesanías de madera en la región de la cuenca -excepto en la ciudad de Morelia- hay varias especies que podrían utilizarse con el mismo propósito, como en otras localidades de Michoacán (Guridi-Gómez, 1980; Guridi-Gómez y García-López, 1997; Vázquez-Gaviña y Guridi-Gómez, 2003).

Por otra parte, los recursos forestales no maderables también son importantes, en lo que se refiere a la producción de resina de pino, hongos, tierra de monte, ramas, hojas y tallos de arbolillos para adornos festivos, entre otros (COFOM, 2001). Lo anterior queda de manifiesto particularmente en el estudio de Gómez-Peralta y Angón-Torres (2004), quienes lo abordan desde el punto de vista socioeconómico, ecológico y cultural en las tenencias Jesús del Monte y San Miguel del Monte (municipio de Morelia), donde se registraron 16 especies de plantas medicinales, aproximadamente 18 ornamentales, 16 comestibles, alrededor de 11 de hongos para consumo humano y 15 de animales capturados y comercializados con fines ornamentales, además de tierra de monte, leña y carbón. En la parte norte de la cuenca, se agregaría la presencia y utilización de varias especies de cactáceas, sobre todo del matorral subtropical, algunas como alimento y forraje y otras con posibilidades ornamentales.

La flora en el lago de Cuitzeo es rica, con especies acuáticas estrictas, subacuáticas y plantas tolerantes, con los siguientes géneros más importantes: *Typha* (chuspata), *Scirpus* y *Cyperus* (patzimu, tule) y *Phragmites* (carrizo). Las

especies de los tres primeros se utilizan en la elaboración de enseres domésticos, en artesanías o con fines ornamentales. El carrizo se emplea en la construcción de barandas, puertas, cañas de pescar, en el acabado de muebles o bien, a manera de postes para sostener las pequeñas redes dentro del agua, además se aprovecha como “cerca viva” que delimita los predios cercanos al lago en el margen sureste. Otras especies herbáceas se emplean como forraje o alimento humano (Rojas y Novelo, 1995).

En forma similar a lo que ocurre en el resto de la entidad, también en la cuenca de Cuitzeo se registran los efectos del deterioro ambiental, causados, entre otros, por el cambio de uso del suelo, los incendios, el sobrepastoreo, la ampliación de la agricultura, plagas (insectos y plantas parásitas) y enfermedades, expansión y apertura de centros de población, clandestinaje de la madera (aprovechamiento ilegal).

Los insectos descortezadores más importantes en los bosques son las especies de *Dedroctonus* spp. en los pinos (COFOM, 2001), para el cedro blanco el descortezador *Phloeosinus tacubayae* (Serrato-Barajas y Ascencio-Cerda, 1994) y por las extensas superficies donde se distribuyen son importantes las especies de *Psittacanthus* spp. (injerto, muérdago); (Vázquez-Collazo, 1993) y *Arceuthobium globosum*, que es una parásita de las especies de *Pinus* en la parte alta de la cuenca (Hawksworth y Wiens, 1972).

### Consideraciones Finales

- Los recursos forestales en la cuenca de Cuitzeo son todavía cuantiosos y diversos, no obstante, se ha registrado un deterioro permanente desde hace varios años, con notorias carencias de programas más amplios de manejo forestal integral y de industrialización que permitan su mejor uso y conservación.
- El uso de la madera con fines artesanales es una opción que podría desarrollarse con diferentes propósitos, lo mismo que el uso de los recursos vegetales no maderables.
- Debido principalmente a las actividades antrópicas, se registran efectos importantes en el deterioro ambiental, debido a diferentes causas y agentes, lo que hace más urgente el inventario completo de los recursos naturales como base para la planeación.





Fotografía: Xavier Madrigal Sánchez

Imagen: Explotación del tular (altitud 1,810 msnm). Lago de Cuitzeo, municipio de Cuitzeo, Michoacán.



Fotografía: Xavier Madrigal Sánchez

Imagen: Aserradero ejidal con aprovechamiento de pino (*Pinus* spp.) y encino (*Quercus* spp.); (altitud 2,000 msnm). Pino Real, municipio de Charo, Michoacán.



Fotografía: Xavier Madrigal Sánchez

Imagen: Aprovechamiento sanitario por plaga de *Dendroctonus* sp. en bosque de pino-encino (altitud 2,320 msnm). Atécuaro, municipio de Morelia, Michoacán.



Fotografía: Xavier Madrigal Sánchez

Imagen: Extracción de "tierra de monte" para viveros y áreas jardinadas. Bosque de pino-encino (*Pinus* spp. y *Quercus* spp.) (altitud 2,410 msnm). Ichaqueo, municipio de Morelia, Michoacán.

## Insectos y Arácnidos

**Javier Ponce Saavedra**  
**Ana F. Quijano Ravell**



Fotografía: Marco A. Villaseñor Ramos

**L**os artrópodos son un grupo de invertebrados especialmente importante porque son los organismos más diversos y abundantes en el planeta. Los insectos (clase Insecta) son el grupo mejor conocido por los científicos, ya que se tienen registros de más de un millón 200 mil especies, número que al compararlo con las aproximadamente 260 mil de plantas con flores conocidas, nos da una idea de la importancia que tienen estos animales, que son 5 veces más diversos que las plantas.

Es de suponerse que tal diversidad de especies, sus hábitos de vida y las formas en que aprovechan su ambiente, son igualmente distintas e importantes. Este hecho ha sido reconocido recientemente como un aspecto que puede ser útil para el manejo de los ecosistemas ya que, a diferencia de los vertebrados que tradicionalmente se han utilizado como indicadores de condiciones ambientales específicas, los artrópodos, y particularmente los insectos, son animales muy diversos y abundantes, especializados y de ciclo de vida corto. Además, son pequeños y fáciles de atrapar, sin que el extraer algunos ejemplares de sus poblaciones represente problema alguno para su conservación. Estas ventajas son prácticas para obtener información rápida y confiable sobre los cambios que ocurren en los ambientes y, por tanto, hay gran potencial de que estos grupos puedan utilizarse como indicadores ambientales. Actualmente se usan en diferentes partes del mundo como indicadores de perturbación y del estado de integridad de los ecosistemas con resultados alentadores.

En el Laboratorio de Entomología “Biól. Sócrates Cisneros Paz” de la Facultad de Biología de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, en la cuenca del lago de Cuitzeo se encuentran numerosos ejemplares de diversos grupos de insectos y arácnidos, los cuales se han incorporado a las colecciones entomológica y aracnológica. La siguiente síntesis procede de los datos contenidos en estas colecciones.

**Imagen izq.:** Los “pulgonés” son hemípteros del grupo Homoptera que cuando son adultos pueden presentar alas para volar y dispersarse, pero la mayor parte de su vida no las tienen.



Fotografía: Marco A. Villaseñor Ramos

Imagen: La “campamocha”, de la familia Tettiioniidae, es un defoliador importante en las áreas en que se localiza.



Fotografía: Marco A. Villaseñor Ramos

Imagen: *Pterophila* sp. es un Tettigoniidae de apetito voraz, que potencialmente puede ser plaga.

Los grupos que mejor se han trabajado para la zona son: mariposas (orden Lepidoptera), hormigas (Hymenoptera) y alacranes (Scorpiones); sin embargo, también se dispone de información para otros grupos importantes como: arañas (Araneae), libélulas (Odonata), escarabajos (Coleoptera) y moscas (Diptera). En términos numéricos, en ambientes terrestres correspondientes a la cuenca del lago de Cuitzeo se han determinado insectos pertenecientes a 22 órdenes y 128 familias; 10 órdenes están registrados con especies de importancia económica agrupadas en 30 familias, que se localizan en cuatro municipios. En localidades del municipio de Morelia se han tomado muestras de insectos acuáticos y se han registrado 70 familias representantes de 10 órdenes (Tablas 1 y 2).

Entre los grupos que se han estudiado más en la cuenca están las mariposas, de las que se tiene registro formal de seis familias de las llamadas “diurnas”, 124 especies correspondientes a 19 subfamilias y 75 géneros, en seis municipios representados (Tabla 3). En contraste, las familias “nocturnas” son un grupo que se ha considerado muy poco y se tienen registros de cinco de ellas con al menos una especie determinada.

Tabla 1. Síntesis numérica de los insectos para la cuenca de Cuitzeo.

Insectos conocidos para la cuenca					Insectos de importancia económica		
	Orden	Familia	Género	Municipios	Orden	Núm. Familias	Núm. Géneros
Insectos de importancia económica	10	30	48	4	Anoplura	3	3
Otros Insectos	23	139	261	6	Coleoptera	4	6
Insectos acuáticos	10	70	-	1	Dermaptera	1	1
	Núm. total de órdenes diferentes: 23	Núm. total de familias diferentes: 159			Diptera	1	2
					Hemiptera	7	12
					Hymenoptera	1	1
					Isoptera	1	1
					Lepidoptera	8	15
					Orthoptera	3	5
					Thysanoptera	1	2
						30	48

**Tabla 2. Síntesis numérica de los insectos acuáticos de la cuenca de Cuitzeo.**

Orden	Núm. Familias
Coleoptera	12
Collembola	2
Diptera	13
Ephemeroptera	7
Hemiptera	11
Lepidoptera	1
Megaloptera	1
Odonata	7
Plecoptera	2
Trichoptera	14
	70

Datos proporcionados por Ricardo M. Pérez M.

**Tabla 3. Síntesis numérica de las mariposas que se conocen para la cuenca de Cuitzeo.**

Familia	Núm. Subfamilia	Núm. Géneros	Núm. Especies
Hesperiidae	2	6	7
Lycaenidae	2	11	16
Nymphalidae	10	28	46
Papilionidae	1	6	13
Pieridae	2	15	26
Riodinidae	1	4	11
Sphingidae	1	1	1
Noctuidae	--	1	1
Pyralidae	--	1	1
Saturniidae	--	1	1
Arctiidae	--	1	1
	19	75	124

Datos proporcionados por Ma. Elena Castillo V.

**Tabla 4. Síntesis numérica de las hormigas que se conocen para la cuenca de Cuitzeo.**

Subfamilia	Núm. Géneros
Dolichoderinae	2
Ecitoninae	3
Formicinae	3
Myrmicinae	12
Ponerinae	2
Pseudomyrmecinae	1
	23

Datos proporcionados por A. Leticia Escalante J.

Las hormigas se han estudiado con el interés general del inventario en nueve localidades del municipio de Morelia y con la finalidad de encontrar asociaciones características que proporcionen datos sobre el grado de perturbación ocurrido en la vegetación por cambio de uso del suelo. Como producto de ello se tiene registro de seis subfamilias y 23 géneros representantes de tres municipios de la cuenca (Tabla 4).

Los arácnidos también han sido objeto de estudio en localidades ubicadas en la cuenca del lago de Cuitzeo, representando nueve municipios. Actualmente se conocen para el área cinco de los 11 órdenes de arácnidos y 20 familias determinadas, 14 de ellas del orden Araneae, conocidas como “arañas verdaderas”, y dos del orden de los alacranes (Scorpiones). Los otros grupos corresponden a las “arañas patonas” (orden Opiliones), “arañas sol” (Solifugae) y el orden Pseudoescorpiones (Tabla 5).



**Tabla 5. Síntesis numérica de los arácnidos que se conocen para la cuenca de Cuitzeo.**

Orden	Familia	Núm. Géneros
Araneae	Agelenidae	1
	Anyphaenidae	1
	Araneidae	9
	Clubionidae	1
	Dictynidae	2
	Diguetidae	1
	Dipluridae	1
	Gnaphosidae	1
	Heteropodidae	1
	Lycosidae	4
	Oxyopidae	1
	Salticidae	6
	Theridiidae	2
	Thomisidae	3
Scorpiones	Buthidae	1
	Vaejovidae	3
Opiliones	Phalangidae	1
	Cosmetidae	1
Solifugae	Eremobatidae	1
Pseudoescorpiones	Cheliferidae	1
		40



Fotografía: Marco A. Villaseñor Ramos

Imagen: *Anteos clorinde*, ejemplar de la familia Pieridae, común en la cuenca de Cuitzeo.



## Insectos Acuáticos de los Ríos

**Catherine Mathuriau**  
**Susana Herrejón Escutia**



Fotografía: Catherine Mathuriau

Imagen: Perlidae (Plecoptera).

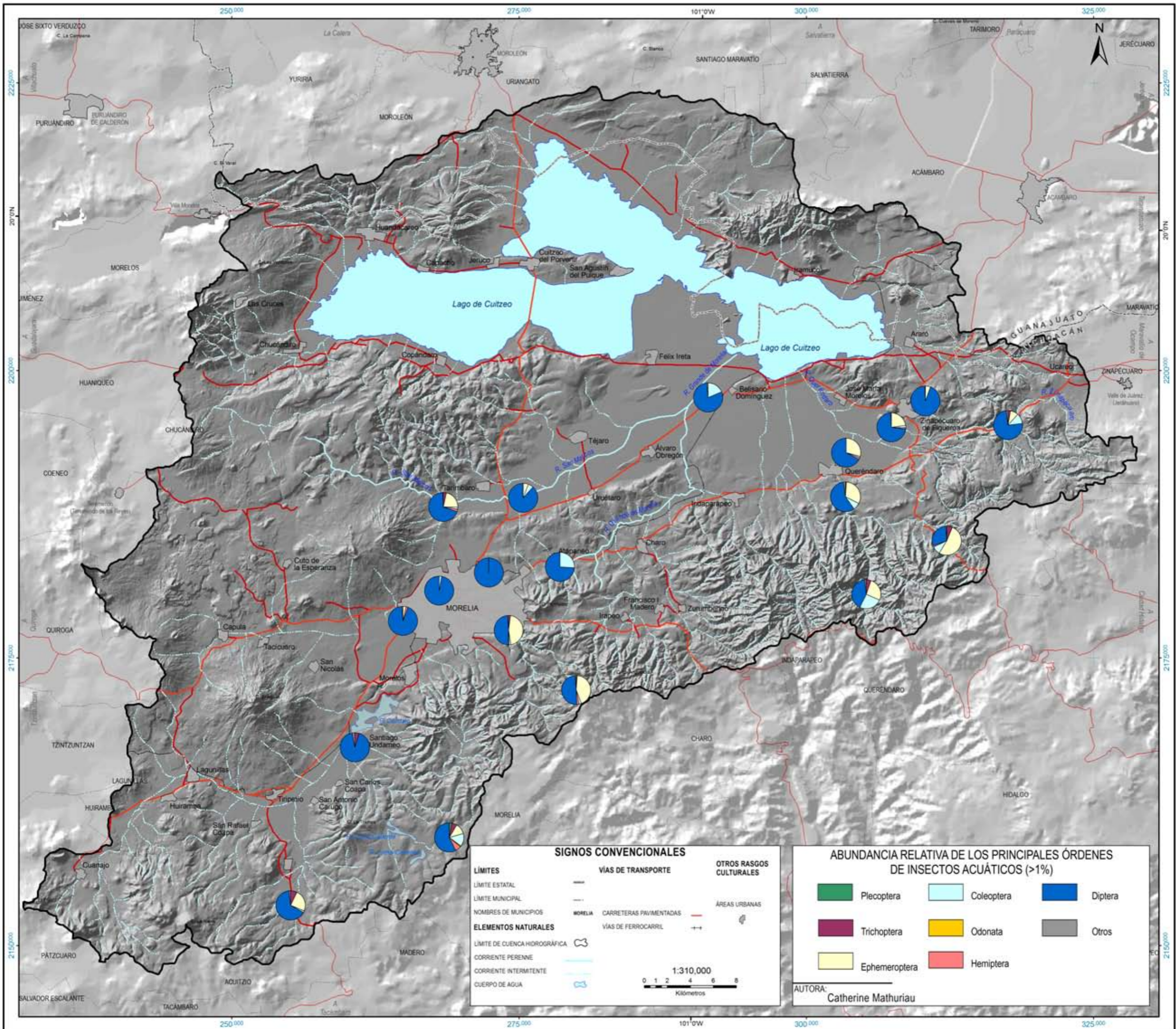
Los insectos son el grupo de fauna mejor representado en el mundo, con más de un millón de especies registradas. No obstante, esta cifra representa solamente una fracción de lo que existe, ya que aún faltan muchas especies por conocer. Estos organismos, por ser los únicos invertebrados alados, han podido colonizar una gran diversidad de hábitats tanto terrestres como acuáticos. Sin embargo, los insectos acuáticos por ser menos llamativos no han recibido tanta atención por parte de los entomólogos.

En el caso de Michoacán sólo 13.8% de las especies inventariadas son consideradas como insectos acuáticos o semi-acuáticos (Ponce, 2005). De ese porcentaje, 45.3% son especies pertenecientes a familias del orden de los dípteros (moscas), conocidas por ser vectores de enfermedades, motivo por el cual han sido estudiadas ampliamente, y 35% son especies del orden de los odonatos (libélulas y caballitos del diablo), cuyo grupo ha recibido atención particular por parte de los aficionados y entomólogos por ser de grandes tamaños, colores llamativos y comportamiento muy atractivo.

Los insectos acuáticos constituyen aproximadamente la mitad de los órdenes de la clase de los insectos, representados por nueve, de los cuales cinco son estrictamente acuáticos. En la mayor parte de estos grupos, los adultos son terrestres y las larvas son acuáticas, a excepción de un suborden de hemíptero y otras pocas familias de coleópteros (Hynes, 1984). Esta particularidad hace que la mayor parte de los insectos acuáticos que se colectan en los cuerpos de agua están en estado larval, ninfal o pupal, lo que hace difícil o imposible su identificación a nivel de especie, a excepción de algunos grupos.

Los insectos acuáticos tienen un papel muy importante en los ecosistemas hidrológicos y terrestres. Son una fuente alimenticia para numerosos peces, anfibios, aves y murciélagos, y son organismos claves en la red alimentaria, ocupando diferentes niveles tróficos, desde consumidores primarios hasta super depredadores. Descomponen y transforman la materia orgánica autóctona y alóctona, participando así en la dinámica de los nutrientes de los ambientes acuáticos. Además, son considerados como excelentes bioindicadores de la calidad del agua.

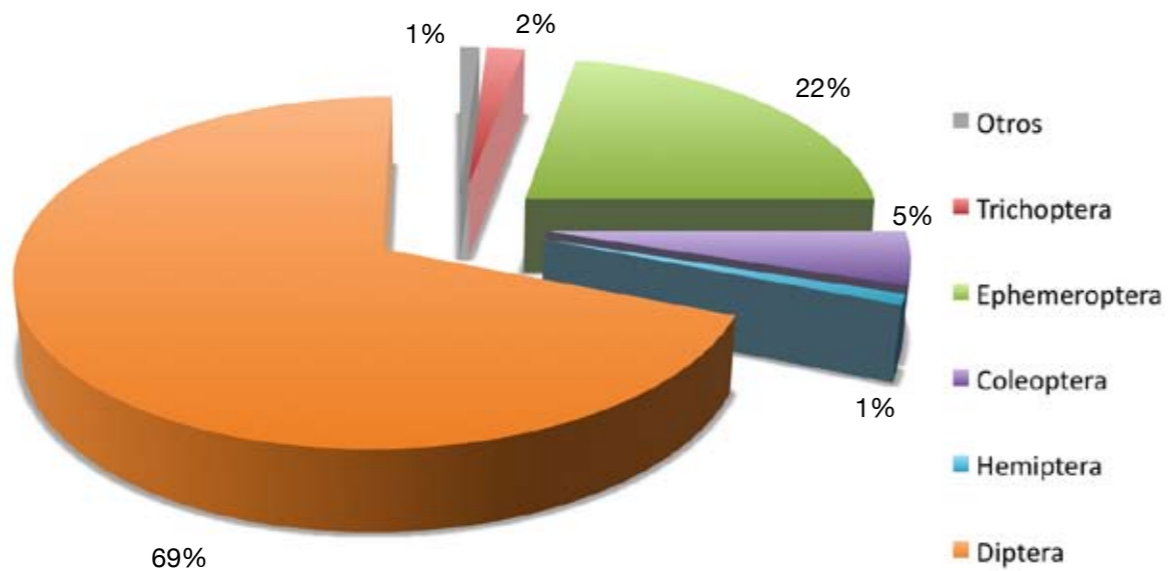
Con el objetivo de conocer la diversidad de insectos acuáticos que colonizan los ríos de la cuenca de lago de Cuitzeo, se realizaron dos campañas de muestreo: la primera



en noviembre de 2005, al final de la época de lluvias, y la segunda en mayo de 2006, durante la época de sequía. Se muestrearon un total de 19 sitios ubicados en los principales ríos de la cuenca, que son, de oeste a este: La Palma, San Marcos, Grande de Morelia, Chiquito, Queréndaro y el Zinapécuaro. Todos los hábitats presentes en cada sitio fueron prospectados con la ayuda de redes (malla de 250 µm). El Mapa 2.4 presenta la abundancia relativa de los principales órdenes encontrados y del número de familias colectadas en los 19 sitios de muestreo.

Se colectaron nueve órdenes con un total de 73 familias (Tabla 1). Los dípteros estuvieron representados por el mayor número de familias (20), seguidos por los coleópteros (13), tricópteros (12) y hemípteros (12). Las corrientes superficiales que albergan el mayor número de familias son: el río Queréndaro (58), seguido por los ríos Grande y Zinapécuaro (57 cada uno), Chiquito (53), San Marcos (42) y La Palma (32). El sitio ubicado sobre el río Zinapécuaro, antes de la ciudad, presenta el mayor número de familias con 45, mientras que el Río Grande, después de la ciudad, alberga solamente 6.

Existe una mayor diversidad de familias en la parte alta de la cuenca. Se observa una reducción de la riqueza taxonómica en la planicie debido a la descarga de aguas residuales de origen doméstico, industrial y agrícola en los ríos. El impacto humano se aprecia en los Ríos Grande y Chiquito con una pérdida de más del 80% de la riqueza taxonómica.



Gráfica 1. Abundancia relativa de los principales órdenes.

En términos de abundancia, los dípteros constituyen el grupo más numeroso, representando el 68.5% del total de organismos colectados, seguido por los efemerópteros (22.1%), coleópteros (4.9%), tricópteros (2.3%), hemípteros (1.4%), megalópteros, lepidópteros y plecópteros, que representan menos del 1% los tres juntos (Gráfica 1). La abundancia relativa de cada orden en la comunidad de insectos acuáticos varía de un río a otro (Mapa 2.4). Se observa una clara dominancia de los dípteros (57 a 100%) en los ríos La Palma, San Marcos, Grande y Zinapécuaro y una codominancia de los efemerópteros y dípteros en los sitios no perturbados de los ríos Chiquito y Queréndaro. La parte alta del Río Grande (antes de la presa de Umécuaro) es el único sitio donde los diferentes órdenes están bien representados y en donde se destaca la presencia de los plecópteros, que constituyen casi 3% del total de especies presentes. Las aguas contaminadas están casi exclusivamente colonizadas por dípteros y algunos coleópteros, que en ambos casos tienen adaptaciones morfológicas y fisiológicas para captar el oxígeno disuelto y atmosférico.

Una comparación de las familias colectadas con los registros de diferentes autores (Bueno-Soria y Barba-Álvarez, 1992; Baumann y Kondratieff, 1996; Mc Cafferty y Lugo-Ortiz, 1996; González y Novelo, 1996; Contreras-Ramos, 2000; Santiago-Fragoso y Spangler, 2000) muestra que en este estudio se reportaron más familias que las mencionadas en la literatura. Así, el presente trabajo contribuye al conocimiento de la entomofauna acuática de la cuenca de Cuitzeo, pues en el contexto actual, esto ayudará en la toma de decisiones para mejorar la gestión de los recursos acuáticos de esta región.



Imagen: Belostomatidae (Hemiptera).

Fotografía: Catherine Mathuriau

Tabla 1. Lista de familias colectadas por río en la cuenca del lago de Cuitzeo.

Orden	Familia	Río					
		La Palma	San Marcos	Grande	Chiquito	Queréndaro	Zinapécuaro
Ephemeroptera	Baetidae	X	X	X	X	X	X
	Caenidae	X	X	X	X	X	X
	Leptohyphidae	-	X	X	X	X	X
	Leptophlebiidae	X	-	X	X	X	X
	Heptageniidae	-	X	X	X	X	X
Odonata	Aeshnidae	X	-	X	X	X	X
	Coenagrionidae	-	X	X	X	X	X
	Calopterygidae	X	X	X	X	X	X
	Cordulegastridae	X	-	X	X	X	X
	Gomphidae	-	X	X	X	X	X
	Lestidae	-	X	-	X	X	-
	Libellulidae	-	-	-	X	-	-
Plecoptera	Perlidae	X	-	X	X	-	-
	Nemouridae	-	-	X	X	X	X
Hemiptera	Belastomatidae	X	X	X	X	X	X
	Corixidae	-	X	X	X	X	X
	Gerridae	-	-	X	X	X	-
	Hebridae	X	X	X	-	X	X
	Macroveliidae	-	-	-	-	X	-
	Mesoveliidae	-	X	X	-	X	X
	Naucoridae	-	X	X	X	X	X
	Nepidae	-	-	-	X	-	-
	Notonectidae	-	X	X	X	-	X
	Ochteridae	-	-	X	-	-	-
	Saldidae	-	X	-	-	-	-
	Veliidae	X	X	X	X	X	X
Megaloptera	Corydalidae	-	X	X	X	X	X
Trichoptera	Calamoceratidae	X	-	X	X	X	X
	Glossosomatidae	X	-	X	-	X	X
	Helicopsychidae	-	-	-	X	X	-
	Hydrobiosidae	X	X	X	X	X	X
	Hydropsychidae	X	X	X	X	X	X
	Hydroptilidae	X	X	X	X	X	X
	Lepidostomatidae	X	X	X	X	X	X
	Leptoceridae	-	X	X	X	X	X
	Limnephilidae	-	-	X	-	-	-
	Philopotamidae	-	-	-	-	X	X
	Polycentropodidae	X	X	X	X	X	X
	Xiphocentronidae	X	-	X	X	X	X

Orden	Familia	Río					
		La Palma	San Marcos	Grande	Chiquito	Queréndaro	Zinapécuaro
Lepidoptera	Pyralidae	X	X	X	X	X	X
Diptera	Athericidae	-	-	-	-	X	-
	Canacidae	-	-	-	-	X	-
	Ceratopogonidae	X	X	X	X	X	X
	Chironomidae	X	X	X	X	X	X
	Culicidae	-	X	X	X	X	X
	Dixidae	-	X	X	-	X	X
	Dolichopodidae	-	-	X	X	X	X
	Empididae	X	X	X	X	X	X
	Ephydriidae	-	X	X	X	X	X
	Limoniidae	X	X	X	X	X	X
	Lonchaeidae	-	-	-	X	-	-
	Muscidae	-	-	X	X	X	X
	Phoridae	-	-	X	-	-	X
	Psychodidae	-	X	X	X	X	X
	Simuliidae	X	X	X	X	X	X
	Sarcophagidae	-	-	X	-	-	-
	Stratiomyidae	-	-	X	-	X	X
Syrphidae	-	X	X	X	-	X	
Tabanidae	X	-	X	X	X	X	
Tipulidae	X	X	X	X	X	X	
Coleoptera	Carabidae	X	-	X	-	-	X
	Curculionidae	X	X	-	-	X	X
	Dryopidae	X	-	-	-	X	X
	Dytiscidae	X	X	X	X	X	X
	Elmidae	X	X	X	X	X	X
	Gyrinidae	-	-	X	X	-	X
	Helophoridae	-	-	-	-	-	X
	Heteroceridae	-	-	-	X	-	-
	Hydraenidae	-	X	X	X	X	X
	Hydrophilidae	-	X	X	X	X	X
	Psephenidae	-	X	-	-	X	X
	Scirtidae	-	-	-	-	X	-
Staphylinidae	X	X	X	X	X	X	

## Peces

Martina Medina Nava  
Juan Manuel Ortega Rodríguez

Por su ubicación geográfica, extensión, presencia de humedales y fauna nativa, la cuenca del lago de Cuitzeo se considera prioritaria para conservación y como un patrimonio nacional de gran valor ecológico (Arriaga *et al.*, 2000; Pérez-Arteaga *et al.*, 2002). Los afluentes del río Lerma destacan por la diversidad de especies de peces (Medina, 2003; Miller *et al.*, 2009).

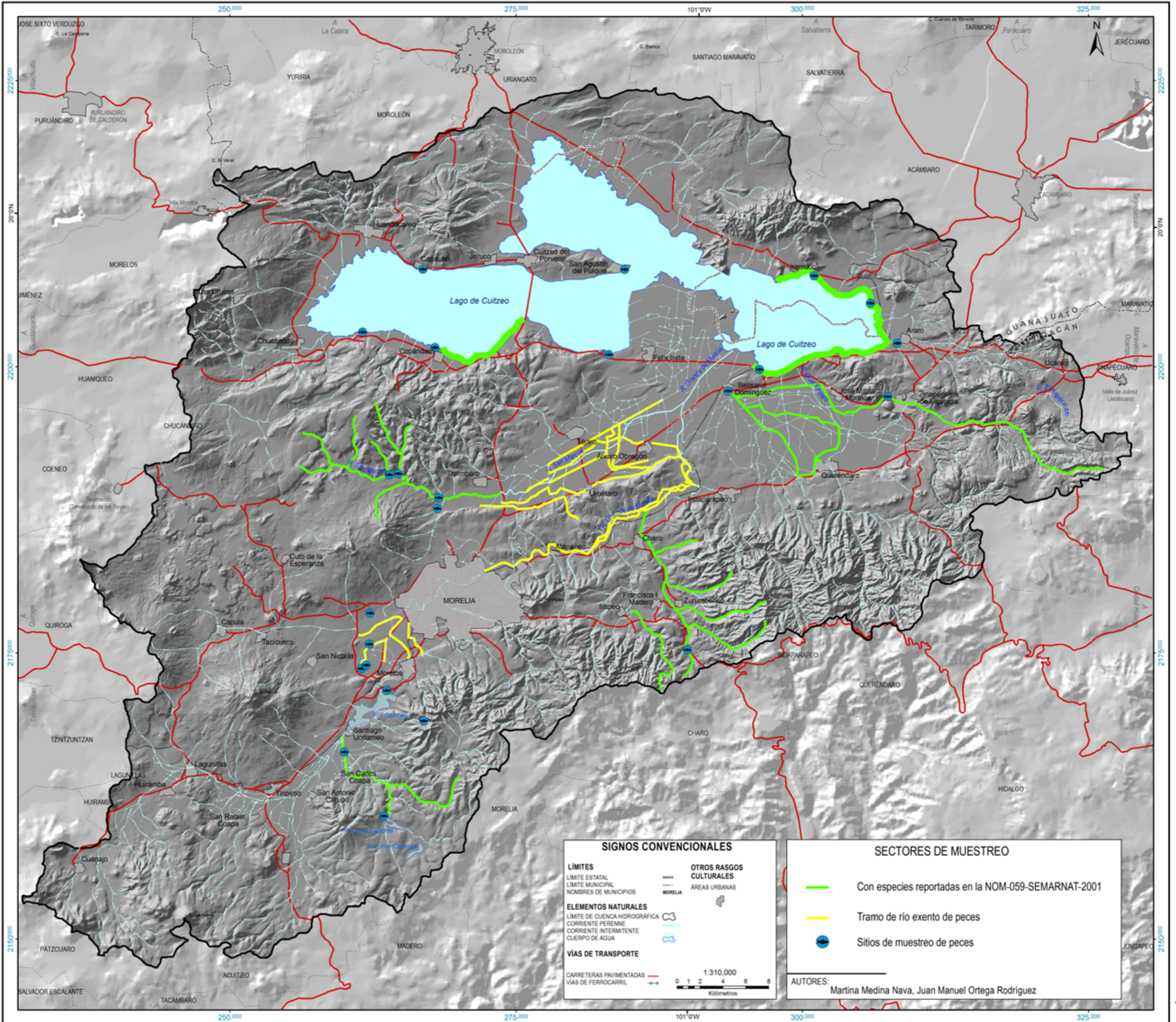
### Riqueza de Especies

De acuerdo con la base de datos de la colección de peces de la Universidad Michoacana San Nicolás de Hidalgo, existe un registro de ocho familias y 23 especies; de éstas, 17 son nativas y 6 introducidas (Tabla 1). Sin embargo, la composición de especies y las áreas de distribución de la ictiofauna han variado a través del tiempo (Campos *et al.*, 1985; Soto-Galera *et al.*, 1999). Por diversas razones, 41% de las especies nativas ya están en alguna categoría de protección de acuerdo a la NOM-059-SEMARNAT-2001. En este caso se encuentran los charales *Chirostoma charari* y *C. attenuatum (compressum)* cuya presencia estaba reportada en el Río Grande de Morelia; sin embargo, se consideran extinto el primero en su totalidad y el segundo sólo para el Río Grande y la cuenca. Cabe señalar que estas especies no se han colectado a partir de la construcción de la presa Cointzio en 1940. Otro caso interesante es el de una especie de la familia Goodeidae, conocida como cherehuita, especie que describió De Buen (1941) para la zona de Cointzio, de la cual no se tienen registros desde 1977, por lo que se presume también extinta para la cuenca. De la misma familia Goodeidae, dos especies más están dentro de esta lista *Skiffia lermae* y *Zoogoneticus quitzeoensis*; sin embargo, sus poblaciones son estables en sitios como La Mintzita y arroyos como el San Marcos en la región de Tarímbaro y la zona litoral del lago de Cuitzeo. Estos sitios, a su vez, están señalados dentro de los sistemas acuáticos que requieren actividades urgentes de protección y/o rehabilitación (Mapa 2.5); (Solorio y Medina, 2004). Otro ejemplo destacable de la situación de especies es la llamada lamprea (*Lampetra geminis*), muy rara en agua dulce y más aún, que se distribuya tan al sur como es hacia la Mesa Central; sus poblaciones han disminuido drásticamente en los arroyos que cruzan el parque Nacional José María Morelos, Irapeo, Charo y en el lago de Cuitzeo, sistemas acuáticos que se encuentran actualmente con problemas de contaminación y/o modificación del hábitat.



Imagen: Especies de peces nativas del lago de Cuitzeo: charal (*Chirostoma jordanii*) y tiro (*Goodea atripinnis*).

Fuente: Elaborado con datos de 11 juegos vectoriales escala 1:50,000 de INEGI versión 4, correspondientes a las cartas topográficas F14C82, 83 Y 84, F14A13, 14, 15, 22, 23, 24, 32 y 33. El MDE se obtuvo del continuo de Elevaciones Mexicano, también de INEGI, correspondiente a las mismas cartas. Los datos de distribución de las especies fueron tomados de la Base de datos de la Colección de peces y su condición de Conservación fue con base la NOM-059 (2001).



Mapa 2.5 - Panorama general de la distribución de los peces en la cuenca de Cuitzeo

**Tabla 1. Listado de especies de peces en la subcuenca de Cuitzeo.**

Familia	Especie	Nombre Común	Categoría en la NOM-059	Origen
Petromyzontidae	<i>Lampetra geminis</i> (Álvarez, 1964)	Lamprea	SP	N
Cyprinidae	<i>Cyprinus carpio</i> (Linnaeus, 1758)	Carpa		I
	<i>Algansea tincella</i> (Cuvier, y Valenciennes, 1844)	Popocha, Sardinita		N
	<i>Yuriria alta</i> (Jordan, 1880)	Sardina		N
	<i>Hybopsis (=Notropis) calientis</i> (Jordan, y Snyder, 1899)			N
	<i>Aztecula sallei</i> (Günther, 1868)			N
Catostomidae	<i>Moxostoma (=Scartomyzon) austrinum</i> (Bean, 1880)	Matalote		N
Atherinopsidae	<i>Chirostoma estor</i> (Jordan, 1880)	Pez Blanco		I
	<i>C. jordani</i> (Woolman, 1984)	Charal		N
	<i>C. (compressum) grandocule</i> (Steindchner)	Charal	P	N
	<i>C. charari</i> (de Buen)	Charal Tarasco	Ex	N
Poeciliidae	<i>Poecilia reticulata</i> (Peters, 1859)	Guppy		I
	<i>Poeciliopsis infans</i> (Woolman, 1894)	Guppy		N
	<i>Xiphophorus hellerii</i> (Heckel, 1848)	Pez Espada		I
Goodeidae	<i>Alloophorus robustus</i> (Bean, 1892)	Chehua		N
	<i>Goodea atripinnis</i> (Jordan, 1880)	Tiro		N
	<i>Skiffia bilineata</i> (Bean, 1887)	Tirito	A	N
	<i>S. lermæ</i> (Meek, 1902)		A	N
	<i>Xenotoca variata</i> (Bean, 1887)	Pintola		N
	<i>Hubbsina turneri</i> (De Buen, 1940)	Cherehuita	P	N
	<i>Zoogoneticus quitzeoensis</i> (Bean, 1898)		A	N
Centrarchidae	<i>Micropterus salmoides</i> (Lacepède, 1802)	Lobina Negra		I
Cichlidae	<i>Oreochromis niloticus</i> (Linnaeus, 1766)	Tilapia		I

N= Nativas, I= Introducidas, Ex= Extinta. Categoría en la NOM-054 P= En peligro, A= Amenazada, SP= Sujeta a protección especial. Datos tomados de la Colección de peces de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo (CPUM).

Existen sitios como es la zona del valle Morelia-Queréndaro, área por donde cruza el Río Grande de Morelia, que ha sido fuertemente modificado desde el siglo XIX para irrigar los campos agrícolas. En esta porción del río se tienen registros de ictiofauna en la colección ictiológica de 1975 a 1978; sin embargo, a partir de los años siguientes no se ha colectado ya ninguna de las especies, por lo que se considera parte de la zona exenta de peces (Mapa 2.5). El resto de los sistemas acuáticos aún mantienen sus poblaciones, pero es muy importante la situación de los manantiales, ya que al desecarlos o sobreexplotarlos han perdido su ictiofauna nativa y continúan haciéndolo.

Es necesario aclarar que de manera natural, en las partes altas donde se originan los ríos, no se ha registrado hasta el momento ninguna especie de pez para esta cuenca; sin embargo se requiere de su conservación debido a que forman parte de la red de drenaje natural aguas abajo, donde los peces tendrían que encontrar las condiciones adecuadas para el desarrollo de su ciclo de vida.

### Pesca en la Cuenca de Río Grande-Lago de Cuitzeo

La comunidad de peces ha representado desde tiempos prehispánicos una fuente de alimentación para los pobladores, ya que ellos conocieron especies nativas de excelente calidad. En la cuenca existen especies que en el siglo XX eran utilizadas para el autoconsumo, como son: el matalote (*Moxostoma (=Scartomyzon) austrinum*), la sardina (*Yuriria alta*) y la sardinita (*Algansea tincella*); sin embargo, ya no se pescan probablemente porque sus poblaciones han disminuido considerablemente. Actualmente es un recurso del que dependen diversas asociaciones de pescadores, que a través del tiempo han visto menguada su producción y la composición de la pesca, de manera que ahora sólo se comercializan especies introducidas. El sector pesquero es, entre las actividades productivas, la actividad más marginal (Cortés, 1980). Se tienen registros de 1,459 pescadores que se dedican a esta actividad por herencia cultural y están organizados en 37 uniones. La pesca se realiza principalmente utilizando redes agalleras, reportándose para los años 2005-2006 un total de 26,119 redes. También se utiliza el chinchorro charalero, que arrastra parte del fondo y lo que existe en la columna del agua, éste es utilizado para la captura del charal; sin embargo, es un arte de pesca prohibido. La producción pesquera para 2001 de charal (*Chirostoma jordani*) fue alrededor de 50 ton y para tilapia (*Oreochromis sp.*) de 200 ton. Para el año 2006 se extrajeron 19.4 ton de tilapia y 1.2 ton de charal. Para la carpa (*Cyprinus carpio*) los reportes siempre han sido por debajo de 10 ton, con una producción de 1.4 ton para 2006 (SAGARPA, 2007). Estos datos reflejan la disminución de la productividad de las especies nativas, un ejemplo más de la falta de un ordenamiento pesquero.

### Impactos a la Ictiofauna

Es evidente que la pérdida de la diversidad de peces ha sido debida a la construcción de obras hidráulicas como la presa Cointzio en 1940, que a su vez ha propiciado la pérdida de hábitats naturales para esta fauna. Otro factor es la modificación de la calidad del agua; de hecho, las aguas residuales domésticas,

industriales, agrícolas y ganaderas se vierten sin ningún tratamiento, lo que propicia una pérdida lenta pero segura de los sistemas acuáticos y, por ende, de su fauna. Todo lo que se vierte en los ríos y arroyos de la cuenca llega al lago de Cuitzeo, desechos que han acelerado el proceso de envejecimiento (hipertroficación) y como consecuencia, se ha presentado una gran mortandad de peces (Alvarado *et al.*, 1985; Ortega, 2002). A esto se suma el desbalance hidrológico debido a las bajas precipitaciones, además que sus principales afluentes son receptores de las descargas de todo tipo de aguas residuales. El objetivo del manejo de los sistemas acuáticos, hasta el momento, ha sido su uso en actividades como el abastecimiento para la población, la agricultura, la industria y la ganadería, olvidándose los servicios ambientales y del sostenimiento de la biodiversidad acuática. Por lo tanto, para asegurar dichos beneficios debe priorizarse el ordenamiento pesquero y planes de manejo, en los que se deberá incluir a los usuarios del recurso.



Fotografía: Brenda Ávila Flores



## Anfibios y Reptiles

Uri Omar García-Vázquez  
Oscar Alberto Flores Villela

**E**n México existen más de 1,213 especies de reptiles y anfibios, es decir ~10% de la herpetofauna mundial. Además de ser uno de los países más importantes en términos de diversidad de especies, los anfibios y reptiles constituyen uno de los elementos más importantes de la fauna de vertebrados. Son endémicas de México el 54.5% de las 841 especies de reptiles y 67.4% de las 372 de anfibios. Michoacán se encuentra entre los cinco estados con mayor riqueza en herpetofauna; sin embargo, es poco conocido el papel que desempeña la cuenca del lago de Cuitzeo en su diversidad y endemismo.

### Composición, Distribución y Endemismos de la Herpetofauna de la Cuenca del Lago de Cuitzeo

El siguiente listado es resultado del trabajo de la revisión de literatura reciente y consulta de colecciones científicas nacionales y extranjeras: Museo de Zoología “Alfonso L. Herrera”, Facultad de Ciencias, UNAM; Colección Nacional de Anfibios y Reptiles, UNAM; Colección Herpetológica, Museum of Natural History, University of Kansas; Amphibian and Reptile Diversity Research Center, University of Texas at Arlington; Field Museum of Natural History; California Academy of Sciences; American Museum of Natural History; British Museum of Natural History; Brigham Young University; y Museum of Natural History, University of Illinois. El listado de las especies fue actualizado en Frost *et al.* (2006) y se consideraron los trabajos de Flores-Villela (1993), Flores-Villela y Canseco-Márquez (2004), Campbell y Lamar (2004), Faivovich *et al.* (2005).



Fotografía: Marcela Lindo

#### Composición de la herpetofauna

Se obtuvieron 848 registros, a partir de los cuales se considera que la herpetofauna de la cuenca de Cuitzeo se encuentra constituida por 50 especies (Tabla 1 y 2), pertenecientes a 26 géneros, 15 familias, cuatro órdenes y dos clases; que representan el 4.1% de la herpetofauna total del país. Las serpientes conforman el grupo más abundante con 21 especies, seguidas de las lagartijas con 17, los anuros con 10 y las más pobremente representadas son las tortugas, con tan sólo una especie (Tabla 1).

De las 50 familias de herpetozoos presentes en el país, 15 están representadas en la cuenca de Cuitzeo. Las familias de anfibios y reptiles con mayor riqueza son Ranidae, Ambystomatidae, Phrynosomatidae y Colubridae. Los géneros *Ambystoma*, *Litobathes*, *Sceloporus* y *Thamnophis* resultaron ser los más abundantes.

#### Endemismos

Un total de 37 especies endémicas a México habitan la cuenca de Cuitzeo, representando el 74% del total de especies registradas para esta región; 7 anuros (14%), 13 lacertillos (26%), 11 serpientes (22%) y una tortuga (2%); (Tabla 1).

#### Distribución de la herpetofauna

De los 33 municipios considerados dentro de la cuenca de Cuitzeo, únicamente se tienen registros de herpetozoos en 11 de ellos, la mayor parte se concentran

en el centro y este de la zona, principalmente en los municipios de Morelia, Tarímbaro, Zinapécuaro, Queréndaro y zonas aledañas a éstos. Los géneros mejor representados son *Ambystoma*, *Sceloporus* y *Thamnophis*, mientras que 17 de las especies citadas únicamente han sido registradas en una sola localidad.

**Tabla 1. La herpetofauna y su porcentaje por familias, géneros y especies dentro de la cuenca de Cuitzeo.**

	Familias	%	Géneros	%	Especies	%
<b>Anfibios</b>						
Anuros	5	33.3	5	19.20	10	20
Caudados	2	13.30	2	7.69	4	8
<b>Reptiles</b>						
Tortugas	1	6.66	1	3.84	1	2
Lagartijas	5	33.3	6	23.07	14	28
Serpientes	2	13.30	12	46.15	21	42
<b>Total</b>	<b>15</b>		<b>26</b>		<b>50</b>	

**Tabla 2. Lista de las especies de anfibios y reptiles registrados para la cuenca de Cuitzeo y su estado de conservación (NOM-59).**

Amphibia	Caudata	Ambystomatidae	<i>Ambystoma amblycephalum</i> (Taylor, 1939)	Pr, E
				<i>Ambystoma flavipiperatum</i> (Dixon, 1963)
		<i>Ambystoma ordinarium</i> (Taylor, 1939)	Pr, E	
		Plethodontidae	<i>Pseudoeurycea belli</i> (Gray, 1850)	A, E
Anura	Craugastoridae	<i>Craugastor augusti</i> (Taylor, 1938)		
		<i>Craugastor hobarsmithi</i> (Taylor, 1935)	E	
	Bufonidae	<i>Insilius marmorea</i> (Wiegmann, 1833)	E	
		<i>Insilius occidentalis</i> (Camerano, 1879)	E	
	Hylidae	<i>Hyla arenicolor</i> (Cope, 1866)		
		<i>Hyla eximia</i> (Baird, 1854)	E	
	Scaphiropodidae	<i>Spea multiplicata</i> (Cope, 1863)		
	Ranidae	<i>Litobathes megapoda</i> (Taylor, 1942)	Pr, E	
		<i>Litobathes neovolcanica</i> (Hillis y Frost, 1985)	A, E	
		<i>Litobathes spectabilis</i> (Hillis y Frost, 1985)	E	

**Continúa Tabla 2...**

Sauria	Phrynosomatidae	Anguidae	<i>Barisia imbricata</i> (Wiegmann, 1828)	Pr, E	
			<i>Sceloporus aeneus</i> (Wiegmann, 1828)	E	
			<i>Sceloporus dugesi</i> (Bocourt, 1873)	E	
			<i>Sceloporus grammicus</i> (Wiegmann, 1828)	Pr, E	
			<i>Sceloporus horridus</i> (Wiegmann, 1834)	E	
			<i>Sceloporus scalaris</i> (Wiegmann, 1828)	E	
			<i>Sceloporus siniferus</i> (Cope, 1869)	E	
			<i>Sceloporus spinosus</i> (Wiegmann, 1828)	E	
			<i>Sceloporus torquatus</i> (Wiegmann, 1828)	E	
		<i>Urusauros bicarinatus</i> (Duméril, 1856)	E		
		Polychrotidae	<i>Anolis nebulosus</i> (Wiegmann, 1834)	E	
		Scincidae	<i>Plestiodon brevirostris</i> (Günther, 1860)	E	
	Teiidae		<i>Aspidoscelis gularis</i> (Copen, 1892)		
			<i>Aspidoscelis sacki</i> (Wiegmann, 1834)	E	
	Reptilia	Colubridae		<i>Coluber taeniatus</i> (Hallowell, 1852)	
				<i>Coluber scothi</i> (Bair and Girard, 1853)	
				<i>Conopsis biserialis</i> (Taylor y Smith, 1942)	A, E
			<i>Conopsis nasus</i> (Günther, 1858)	E	
			<i>Geophis dugesi</i> (Bocourt, 1883)	E	
			<i>Imantodes gemmistratus</i> (Cope, 1860)	Pr	
			<i>Lampropeltis triangulum</i> (Lacépède, 1788)	A	
			<i>Pituophis deppei</i> (Duméril, Bribon and Duméril, 1854)	A, E	
			<i>Rhadinaea taeniata</i> (Peters, 1863)	E	
			<i>Salvadora bairdi</i> (Jan, 1860)	Pr, E	
			<i>Storeria storerioides</i> (Cope, 1865)	E	
			<i>Thamnophis cyrtopsis</i> (Kennicott, 1860)	A	
			<i>Thamnophis eques</i> (Reuss, 1834)	A	
Serpentes		Viperidae		<i>Thamnophis pulchrlatus</i> (Cope, 1884)	E
				<i>Thamnophis melanogaster</i> (Peters, 1864)	E
				<i>Thamnophis scaliger</i> (Jan, 1863)	A, E
				<i>Trimorphodon tau</i> Cope, 1969	
				<i>Crotalus molossus</i> Baird y Girard, 1853	Pr
				<i>Crotalus polystictus</i> (Cope, 1865)	Pr, E
				<i>Crotalus culminatus</i> (Klauber, 1952)	Pr, E
	<i>Crotalus triseriatus</i> (Wagler, 1830)	E			
Testudines	Kinosternidae	<i>Kinosternon integrum</i> (Le Conte, 1824)	Pr, E		

A: Amenazada, Pr: Protección especial. E: Endémica al país.

Por ahora no existen datos disponibles para evaluar el posible efecto de la pérdida de la cubierta forestal en detrimento de las especies arborícolas en la cuenca de Cuitzeo, pero es evidente que el impacto en la vegetación modifica la composición de la herpetofauna local. La pérdida gradual de la vegetación natural origina la formación de parches en el hábitat y fragmenta significativamente las poblaciones de anfibios y reptiles, lo que pone en riesgo la presencia de muchos de estos organismos en la cuenca, la mayor parte de ellos endémicos al país.



## Avifauna

Laura E. Villaseñor Gómez  
J. Fernando Villaseñor Gómez

**E**n el territorio mexicano habitan 1,074 especies de aves (Escalante *et al.*, 1993) y se considera uno de los países con mayor diversidad y endemismos. En la cuenca del lago de Cuitzeo se conocen 296 especies de aves de 54 familias, lo que constituye el 54.1% de la riqueza avifaunística estatal y el 27.5% del país. Dentro de la cuenca prevalecen diversos ambientes con composiciones florísticas particulares que definen la abundancia y distribución de las aves mismas que se han incluido en diversos esquemas internacionales de conservación, como la propuesta por World Wildlife Fund - “Global 200” para ser una de las ecorregiones prioritarias del mundo (Olson y Dinerstein, 1998), y la de BirdLife International como un Área de Aves Endémicas (EBA) (Stattersfield *et al.*, 1998), entre otras. Este capítulo presenta un panorama de la riqueza de especies, endemismos y estrategias de protección de las aves en la cuenca del lago de Cuitzeo.

El listado de las especies registradas para la cuenca se presenta de acuerdo al arreglo taxonómico del American Ornithologists’ Union (AOU, 1998) y los suplementos 42 a 45 (AOU, 2000, 2002, 2003a y 2003b); se incluyen los nombres comunes de Escalante *et al.* (1996), las categorías de riesgo conforme la Norma Oficial Mexicana (NOM-059-SEMARNAT-2001), los endemismos y la estacionalidad de cada una de las especies (Anexo 1). Esta información se basa en el análisis de una base de datos que contiene 5,365 registros de observaciones en campo y especímenes de aves recolectados en 188 sitios de 14 de los 23 municipios michoacanos que conforman la cuenca del lago de Cuitzeo (Tabla 1 y Mapa 2.7). La mayor parte de la información se ha generado en el Laboratorio de Ornitología de la Universidad Michoacana (90%), mientras que el resto proviene de 14 instituciones extranjeras y una mexicana (Villaseñor, 1994; Villaseñor y Villaseñor, 2007) (Tabla 2).

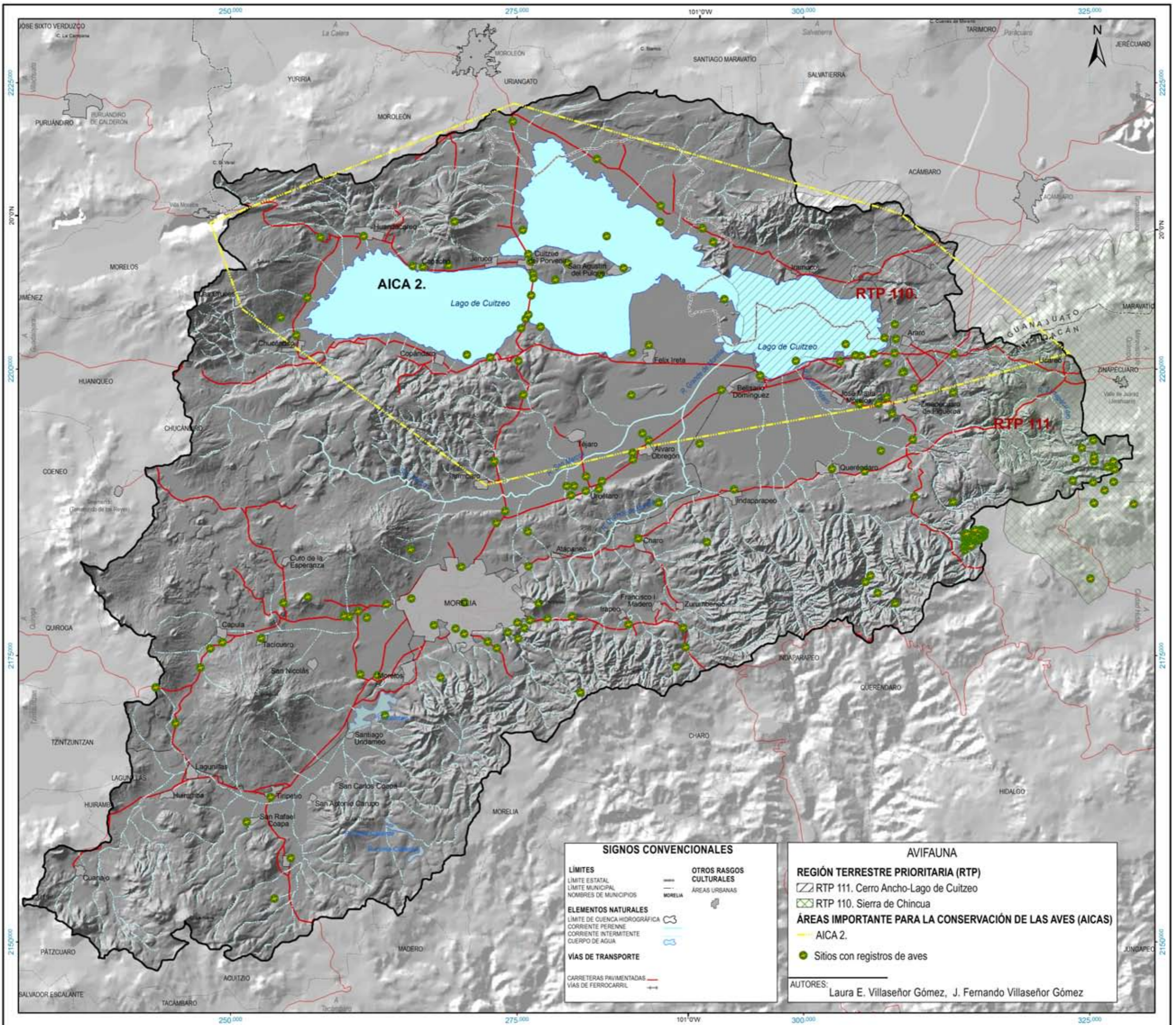


Fotografía: Laura E. Villaseñor Gómez

Imagen: El zacatonero rojizo (*Aimophila rufescens*) se distribuye desde México hasta el noroeste de Costa Rica.

En cuanto a la estacionalidad, es decir, el tiempo que pasan las aves en diferentes regiones del continente, la avifauna de la cuenca está formada por 200 especies **residentes permanentes** (RP) que se reproducen y cumplen su ciclo de vida en una determinada región. Se han registrado 78 especies de aves como **visitantes invernales** (VI), que se reproducen en latitudes norteñas y pasan de siete a nueve meses en áreas tropicales y subtropicales, entre las que se encuentran las migratorias, que presentan rutas de movimiento definidos y fechas conocidas de arribo a sus áreas de reproducción e invernación. Quince especies son aves **transitorias** (T) en la zona, porque se les observa de manera esporádica cuando realizan su viaje de migración hacia latitudes sureñas, o sólo de paso en áreas de distribución poco usuales; en casos extremos sus avistamientos se consideran registros accidentales. Sólo dos especies de aves son **residentes de verano** (RV), es decir, que se encuentran en la región sólo para reproducirse en los meses más cálidos para luego regresar a latitudes sureñas.

Finalmente, a dos especies se les han asignado categorías mixtas, una de éstas presenta poblaciones residentes permanentes y visitantes invernales (RP/VI), y otra por ser residente de verano y tener poblaciones transitorias (RV/T).



**SIGNOS CONVENCIONALES**

<b>LÍMITES</b>	<b>OTROS RASGOS CULTURALES</b>
LÍMITE ESTATAL	MORELIA
LÍMITE MUNICIPAL	ÁREAS URBANAS
NOMBRES DE MUNICIPIOS	
<b>ELEMENTOS NATURALES</b>	
LÍMITE DE CUENCA HIDROGRÁFICA	
CORRIENTE PERENNE	
CORRIENTE INTERMITENTE	
CUERPO DE AGUA	
<b>VÍAS DE TRANSPORTE</b>	
CARRETERAS PAVIMENTADAS	
VÍAS DE FERROCARRIL	

**AVIFAUNA**

**REGIÓN TERRESTRE PRIORITARIA (RTP)**

- RTP 111. Cerro Ancho-Lago de Cuitzeo
- RTP 110. Sierra de Chincua

**ÁREAS IMPORTANTES PARA LA CONSERVACIÓN DE LAS AVES (AICAS)**

- AICA 2.
- Sitios con registros de aves

AUTORES:  
Laura E. Villaseñor Gómez, J. Fernando Villaseñor Gómez

En la zona se localizan 18 especies de aves endémicas verdaderas, 25 semiendémicas y nueve cuasiendémicas. Las **endémicas verdaderas** de México no rebasan los límites territoriales de nuestro país. Las **semiendémicas** son especies migratorias cuya distribución durante parte del año está restringida a México (Gómez de Silva, 1996). Las especies **cuasiendémicas** tienen la mayor parte de su rango de distribución en territorio mexicano y se encuentran en pocas localidades marginales en los países vecinos (Ceballos *et al.*, 2002). El total de las especies de aves de la cuenca de Cuitzeo que tienen algún nivel de endemismo representa el 55.3% de lo que se ha registrado para el estado de Michoacán y el 26.4% con respecto al país.

En la cuenca se encuentran 20 especies de aves que enfrentan diferentes riesgos de una disminución de sus poblaciones o de una posible extinción y que

**Tabla 1. Sitios, número de especies de aves y registros en los municipios de la cuenca del lago Cuitzeo, Michoacán.**

Municipio	Sitios	Especies	Registros
Acuitzio	1	1	1
Álvaro Obregón	10	69	147
Charo	7	126	536
Chucándiro	3	24	39
Copándaro	3	51	166
Cuitzeo	15	80	344
Hidalgo	-	-	-
Huandacareo	5	56	223
Huaniqueo	-	-	-
Huiramba	-	-	-
Indaparapeo	2	22	33
Lagunillas	1	4	4
Madero	-	-	-
Morelia	42	159	2,057
Morelos	-	-	-
Pátzcuaro	-	-	-
Queréndaro	37	83	401
Quiroga	-	-	-
Santa Ana Maya	8	45	151
Tacámbaro	-	-	-
Tarímbaro	10	45	77
Tzintzuntzan	-	-	-
Zinapécuaro	44	136	1,026

se encuentran enlistadas en la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2001, la cual señala a las especies y subespecies de plantas, animales y hongos con mayor vulnerabilidad. En **peligro de extinción** (P) se encuentran dos especies: el vireo de gorra negra (*Vireo atricapillus*) que es semiendémica y la mascarita transvolcánica (*Geothlypis speciosa*) que es endémica de México y tiene una distribución restringida a los tulares de lagos de la parte central del Sistema Volcánico Transversal. Otras cuatro especies residentes permanentes se encuentran en la categoría de **amenazadas** (A): el pato mexicano (*Anas platyrhynchos diazi*), el avetoro norteño (*Botaurus lentiginosus*), el búho cornudo (*Bubo virginianus*) y el zorzal de Frantzius (*Catharus frantzi*). Dentro de la categoría de **protección especial** (Pr) se encuentran 13 especies de aves.

A nivel país, la Comisión Nacional para el Conocimiento y el Uso de la Biodiversidad (CONABIO) ha señalado una extensión de 378 km<sup>2</sup> de la cuenca como una Región Terrestre Prioritaria (RTP 111), “Cerro Ancho-Lago de Cuitzeo”, por ser el remanente más importante de bosque tropical caducifolio (Arriaga *et al.*, 2000); también coincide con la gran superficie en los estados de Michoacán y Guanajuato que cubre 7,092.8 km<sup>2</sup>, designada como una Región

**Tabla 2. Instituciones que alojan especímenes de aves colectados en la cuenca del lago Cuitzeo, Michoacán.**

Institución	Núm. registros
Facultad de Biología, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo	907 <sup>1</sup>
	3,945 <sup>2</sup>
Museum of Vertebrate Zoology, Division of Biological Sciences, University of California – Berkeley	25
Ornithology and Mammalogy Department, California Academy of Sciences	4
James Ford Bell Museum of Natural History, University of Minnesota	27
Museum of Zoology, University of Michigan - Ann Arbor	3
Department of Vertebrate Zoology, National Museum of Natural History, Smithsonian Institution	8
Museum of Natural History, Division of Birds, Kansas University	1
Vertebrate Zoology Division, Canadian Museum of Nature	13
Ornithology Department, American Museum of Natural History	53
Western Foundation of Vertebrate Zoology	67
Museo de Zoología Alfonso L. Herrera Facultad de Ciencias, UNAM	65
Moore Laboratory of Zoology, Occidental College, Los Angeles	156
Division of Birds, Field Museum of Natural History	2
Birds and Mammals Section, Natural History Museum of Los Angeles County	2
Museum of Zoology, Biological Sciences Division, Louisiana State University	87

<sup>1</sup> Pieles en la Colección de Aves, UMSNH.  
<sup>2</sup> Observaciones en diarios de campo.

Hidrológica Prioritaria (RHP 62), “Pátzcuaro y cuencas endorréicas cercanas” (Arriaga *et al.*, 2002). Por otro lado, se ha reconocido como una de las áreas importantes para la conservación de las aves (AICA Núm. 2); (Villaseñor *et al.*, 2000) por la presencia de especies de aves como la mascarita transvolcánica (*Geothlypis speciosa*) y el vireo enano (*Vireo nelsoni*), la primera en peligro de extinción y la segunda bajo protección especial de acuerdo a la Norma Oficial Mexicana (NOM-059-SEMARNAT-2001). La mascarita transvolcánica es una especie endémica con un rango de distribución muy restringido de acuerdo a BirdLife International (2003), ya que se ha registrado sólo para cuatro áreas bien definidas en el centro de México.

También dentro de la región se ubican dos parques nacionales: Puerto Garnica e Insurgente José María Morelos y Pavón, cinco zonas sujetas a preservación ecológica y tres parques urbanos de jurisdicción estatal; algunos de éstos son: la Loma de Santa María, el manantial de La Mintzita, Las Tinajas de Huandacareo y el Cerro Punhuato.

La cuenca reviste una gran importancia para la conservación de la avifauna acuática y ribereña, ya que el lago de Cuitzeo, de acuerdo a Pérez-Arteaga *et al.* (2005), es uno de los 28 humedales clave de Ducks Unlimited de México, uno de los 32 sitios prioritarios del Acta para la Conservación de Humedales de América del Norte (NAWCA) y, aunque no se ha designado como un sitio para ser reconocido a nivel mundial, cumple con los criterios de la Convención Ramsar. En el lago de Cuitzeo se han contado más de 84 mil individuos de especies de patos y gansos, además de que este cuerpo de agua sostiene importantes poblaciones a nivel internacional de pelícanos blancos (*Pelecanus erythrorhynchus*), patos mexicanos (*Anas platyrhynchos diazi*) y patos coacoxtle (*Aythya valisineria*). El máximo en los conteos que se ha registrado es de 135,315 individuos (Pérez-Arteaga *et al.*, 2002).



Fotografía: Laura E. Villaseñor Gómez

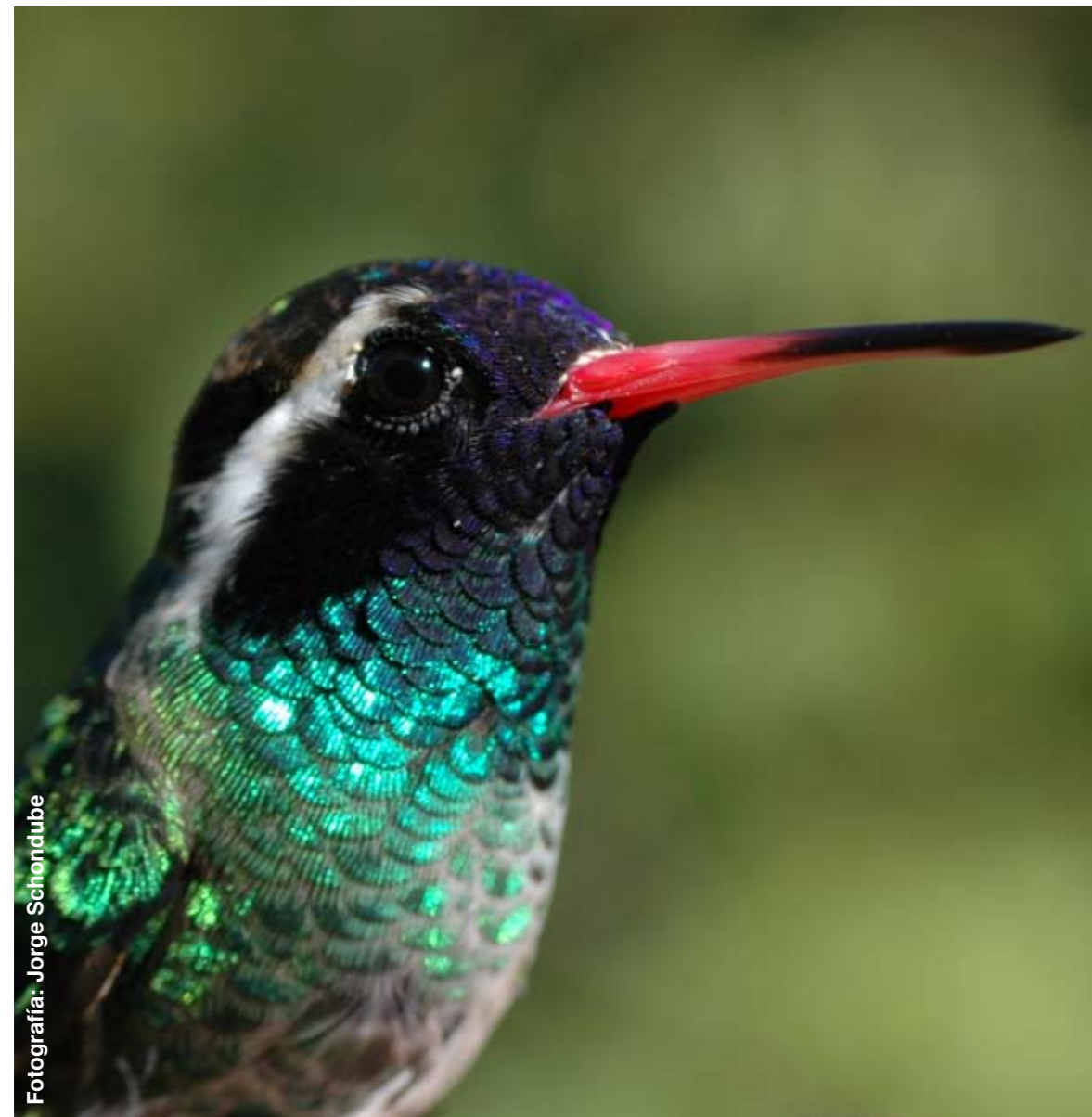
Imagen: *Aimophila rufescens*.

## Ecología Espacial de las Aves

Jorge E. Schondube  
Ian MacGregor-Fors  
Lorena Morales-Pérez

Erna López  
Manuel E. Mendoza

**E**l reemplazo de hábitats naturales por zonas de cultivo y centros urbanos se ha intensificado drásticamente durante las últimas décadas en Latinoamérica. Esta modificación, debida a procesos de cambio de cobertura y uso del terreno, ha ocasionado descensos en el tamaño poblacional de múltiples especies de aves terrestres (Ralph *et al.*, 1996; Doherty y Grubb, 2002), lo que afecta directamente al 89% de las especies amenazadas a nivel mundial, lo que representa el principal problema de conservación para este grupo en zonas tropicales (Hilton-Taylor, 2000).



Fotografía: Jorge Schondube

Imagen: Zafiro oreja blanca o colibrí (*Hylocharis leucotis*).

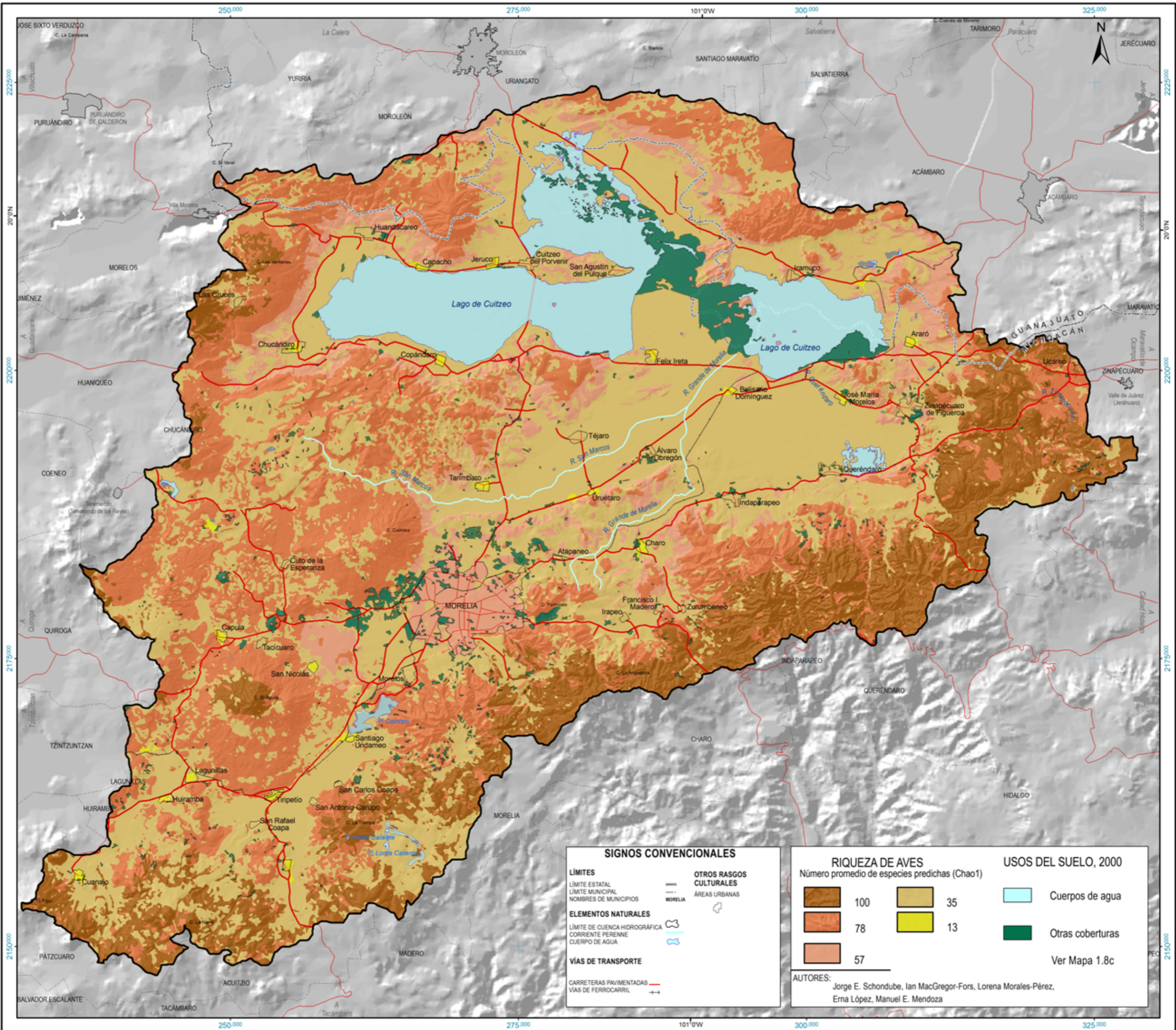
La manera en la que responden las especies de aves ante cambios de uso del terreno es variable. Los principales efectos derivados de la modificación de hábitats por actividades humanas son:

1. Cambios drásticos en la composición de especies.
2. Reducción de la riqueza total de especies.
3. Incremento de la abundancia total de unas pocas especies que son capaces de adaptarse a las nuevas condiciones del hábitat (Chace y Walsh, 2006).

Este capítulo explora los patrones geográficos de la diversidad de aves (riqueza de especies y abundancia), asociados con el tipo de cobertura y uso del terreno, y por tanto, de las actividades humanas que se llevan a cabo dentro de la cuenca del lago de Cuitzeo.

Para conocer la presencia y abundancia de las especies de aves en los diferentes tipos de hábitats distribuidos en la cuenca, se utilizó el método de puntos de conteo (radio indefinido; 10 min), con un total de 594 puntos independientes entre sí. Cada punto fue visitado una vez durante el verano (junio-agosto) de

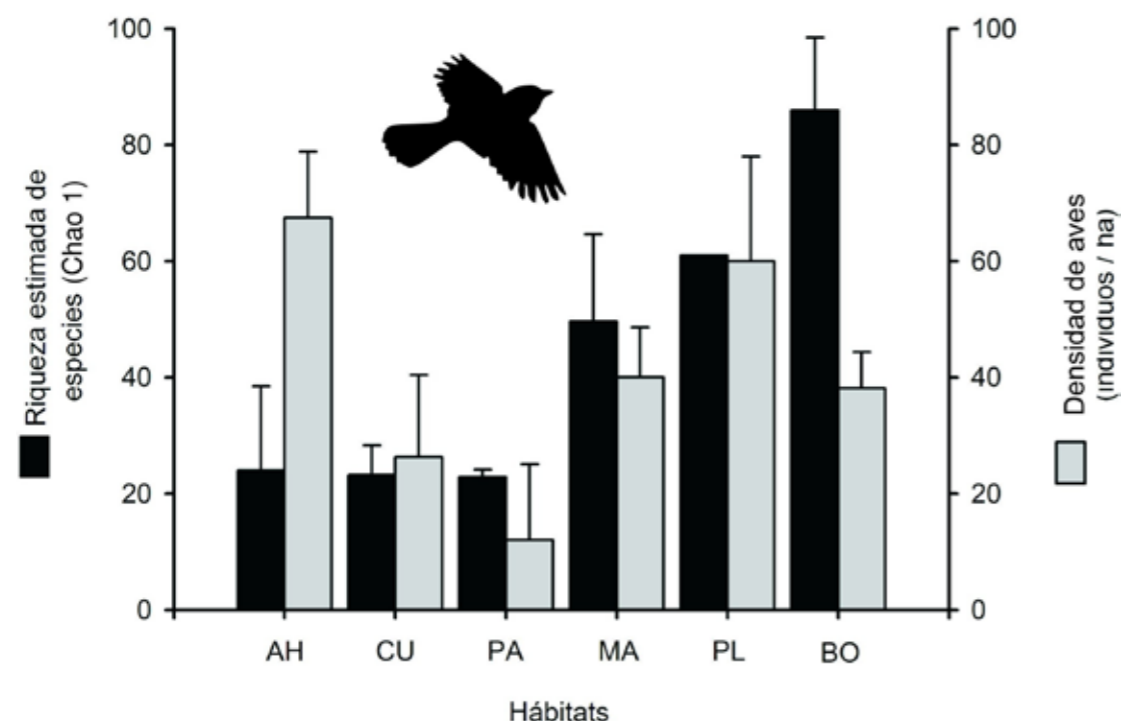
**Mapa 2.8a (der).** Representa una predicción de la riqueza de las especies de aves de la cuenca con base en un estimador muy sensible (Chao1). Como era esperado, los bosques nativos, ubicados en la parte más alta de la cuenca, presentan el mayor número de especies predichas. Por el contrario, las zonas con menor altitud, que han sido aprovechadas para establecer grandes áreas de cultivo de riego, exhiben riquezas de aves muy bajas. Este mapa muestra claramente que los procesos intensivos de urbanización, representados por la ciudad de Morelia, no comprenden el tipo de actividad humana que causa mayor pérdida de especies de aves, siendo su riqueza 65% mayor en la ciudad que en los campos de cultivo de riego.





2006 y una vez durante el invierno (diciembre-enero) de 2006-2007. Los puntos de conteo fueron distribuidos en los principales hábitats de la cuenca: 234 en asentamientos humanos, 30 en plantaciones, 90 en cultivos, 60 en matorrales, 90 en pastizales, 30 en bosques de encino, 30 en bosques mixtos de pino-encino y 30 en bosques de coníferas. Debido a que los cultivos de temporal y los pastizales están distribuidos a lo largo de todo el gradiente altitudinal de la cuenca, se dividieron los muestreos en tres pisos: bajo (1,800-2,000 msnm), medio (2,000-2,300 msnm) y alto (2,300-3,000 msnm). Los matorrales no son comunes en la parte alta, por lo que sólo se muestrearon en los pisos altitudinales bajo y medio.

A causa de que el esfuerzo de muestreo no fue el mismo para cada hábitat, se estandarizaron los valores de diversidad de aves. Para el caso de la riqueza de



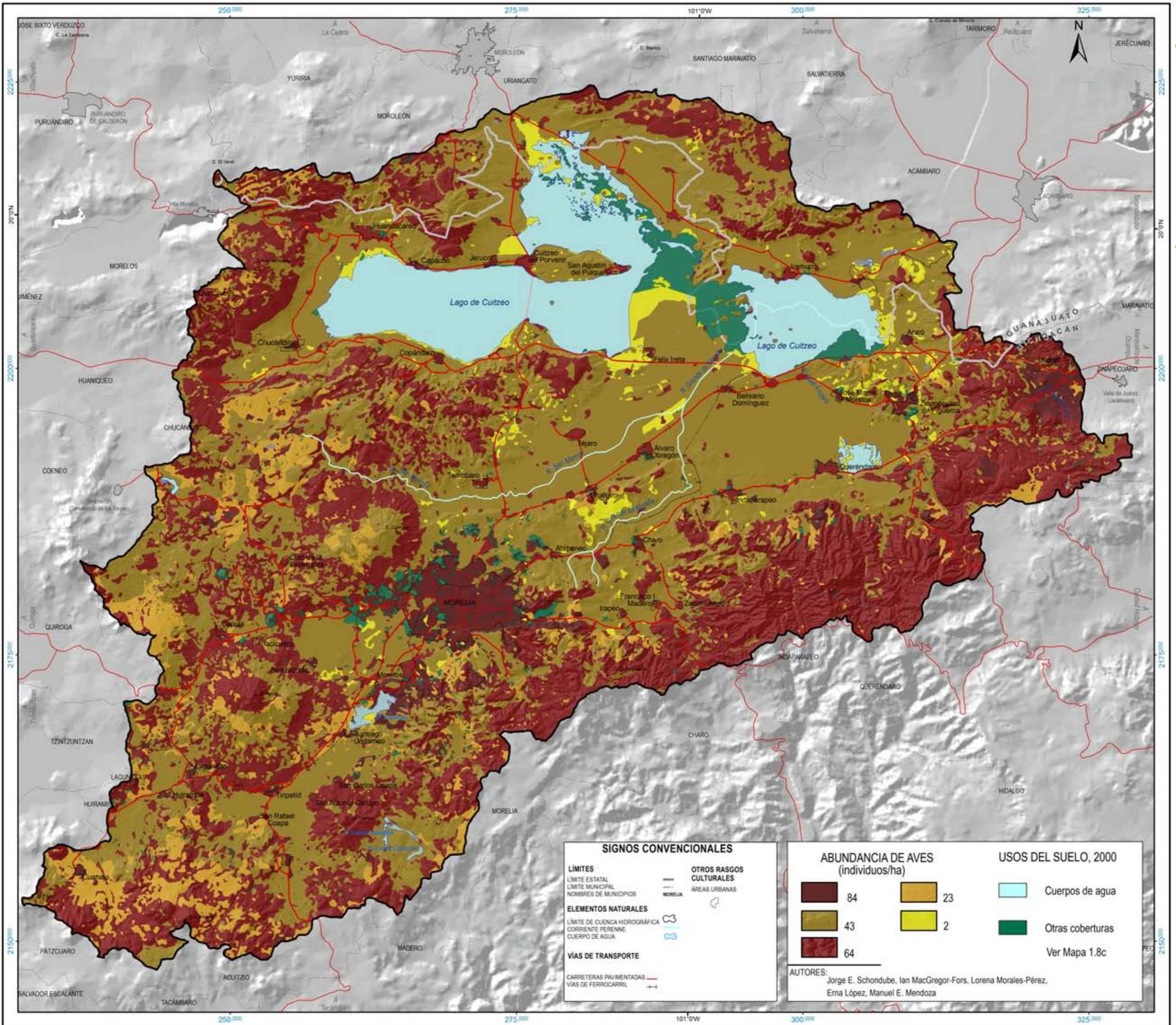
**Figura 1. Valores de diversidad (riqueza y abundancia) de las aves registradas en los principales hábitats de la cuenca de Cuitzeo. El patrón de diversidad de aves varió con respecto al tipo de hábitat. Los bosques nativos y matorrales, hábitats en los que la presión antropogénica es menor, mostraron valores altos de riqueza de especies con abundancias intermedias. Para el caso de los hábitats modificados por el hombre, los asentamientos humanos, cultivos y pastizales exhibieron comunidades de aves depauperadas y formadas por una gran cantidad de individuos de unas pocas especies generalistas y oportunistas. Las plantaciones de *Eucalyptus* exhibieron valores altos de riqueza de especies y de abundancia de aves similares a los presentes en los bosques. AH = asentamientos humanos, CU = cultivos, PA = pastizales, MA = matorrales, PL = plantaciones, BO = bosques nativos.**

especies se usó un estimador no paramétrico basado en abundancias (Chao1). Este estadístico estima el número de especies de una muestra, asumiendo que las especies raras que sólo se registraron una o dos veces a lo largo de los muestreos, contienen información acerca de aquellas que no fueron detectadas (Chao y Shen, 2003). Así, los valores usados para generar el mapa de riqueza representan el valor superior del intervalo de confianza del 95% del estimador Chao1 para cada tipo de uso del terreno. Los valores de la abundancia de aves en los diferentes hábitats de la cuenca se estandarizaron por unidad de área (individuos/ha).

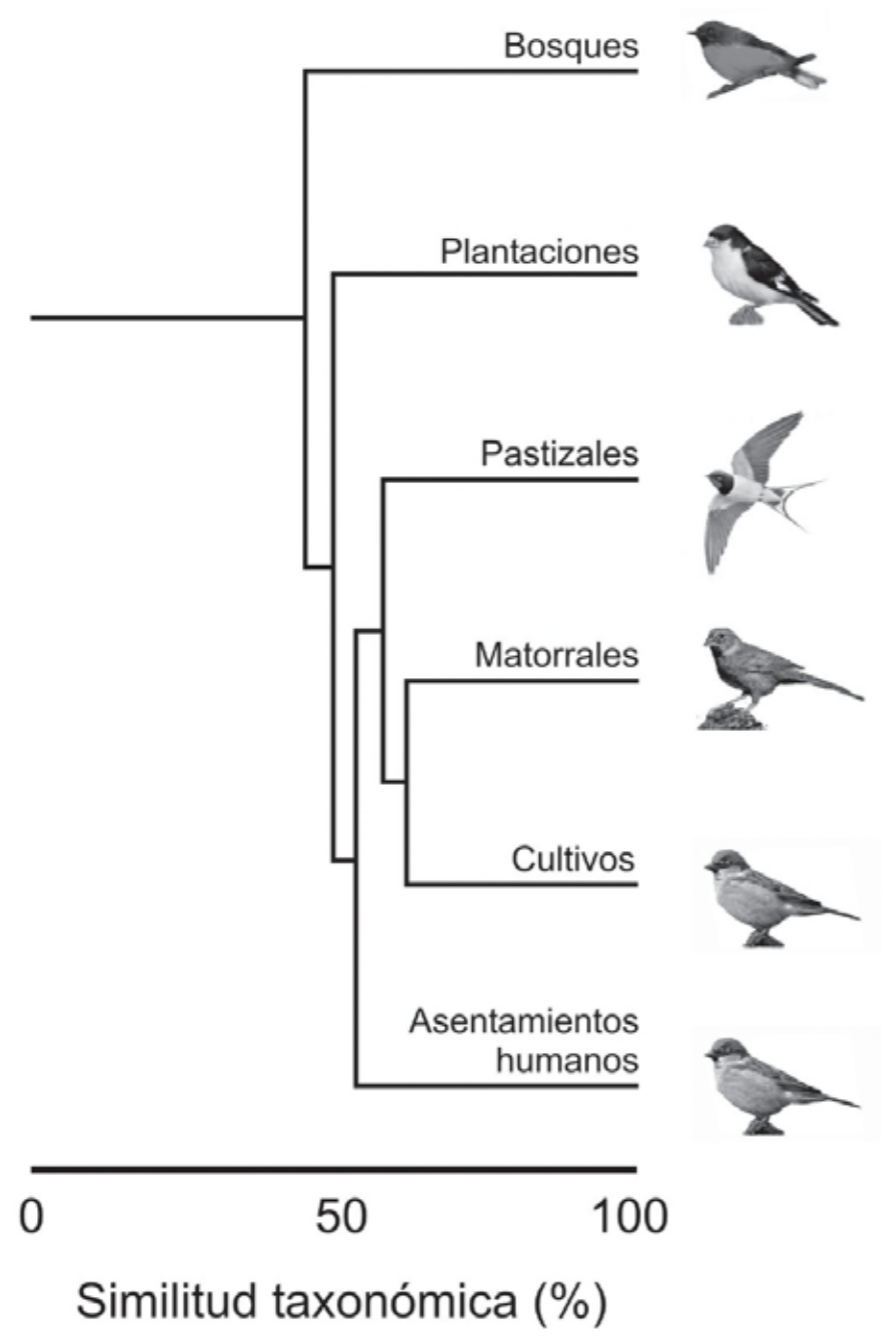
El modelado espacial de los datos se realizó con el apoyo de un sistema de información geográfica. La base de datos de la distribución espacial de cobertura y uso del terreno del 2000 (ver capítulo 1.8, Cobertura Vegetal y Uso del Terreno), y el modelo digital de terreno se integraron y reclasificaron, considerando los valores de riqueza y abundancia de aves (Mapas 2.8a y 2.8b).

Se registró un total de 126 especies de aves terrestres, de las cuales, 91 son residentes reproductivas y 36 son migratorias que utilizan la zona durante un periodo del año. El número de especies registradas en el trabajo representa el 45% del total de las que han sido reportadas en la cuenca (ver Capítulo 2.7, Avifauna; Anexo I y II). La distribución espacial de los valores de diversidad de aves mostró una relación estrecha con el tipo de hábitat (Figura 1). Los hábitats con menor presión de perturbación antropogénica, como bosques y matorrales, exhibieron valores elevados de riqueza de especies (~85 y 50, respectivamente) y abundancias intermedias (~40 ind/ha). En cambio, hábitats intensamente modificados por actividades humanas, como los pastizales, campos de cultivo y asentamientos humanos, exhibieron valores de riqueza de especies mucho menores (~20) y diferentes niveles de abundancia de aves (15, 22 y 70 ind/ha, respectivamente). Las plantaciones de *Eucalyptus*, a pesar de ser un hábitat creado por el hombre y dominado básicamente por una o

**Mapa 2.8b (der). Los hábitats con mayor número de individuos de aves son los asentamientos humanos y las plantaciones. Lo anterior responde a dos factores principales: (1) las especies explotadoras de los ambientes urbanos experimentan explosiones demográficas importantes en condiciones predecibles de recursos; y (2) tanto las especies explotadoras de ambientes altamente perturbados, como las que colonizan ciudades, utilizan eficientemente las plantaciones arbóreas. Los matorrales exhibieron un número, de moderado a alto, de individuos de aves, principalmente debido a su estructura vegetal. Como es común, los bosques nativos presentaron abundancias de aves intermedias, mientras que los campos de cultivo y los pastizales mostraron bajas abundancias de aves como respuesta a la simplificación de estos sistemas.**



Mapa 2.8b - Distribución espacial de la abundancia de aves en la cuenca de Cuitzeo



**Figura 2. Similitud de la composición de las comunidades de aves de los diferentes hábitats de la cuenca de Cuitzeo. Las comunidades de aves de los bosques nativos comprenden un juego de especies distinto a las comunidades de aves de hábitats antropogénicamente perturbados. De éstos, la composición de especies de las plantaciones exhibió mayor similitud en relación con las comunidades de bosques nativos, probablemente debido a que presentan un componente arbóreo complejo. Los matorrales, los campos de cultivo y los pastizales mostraron una alta similitud taxonómica, debido principalmente a la cercanía espacial de estos hábitats en la cuenca, y a que los campos de cultivo y pastizales abandonados se transforman en áreas de matorral con el paso del tiempo. Las comunidades de aves urbanas son más complejas de lo esperado, posiblemente como resultado de la heterogeneidad ambiental que puede ser encontrada dentro de los asentamientos humanos.**

dos especies de árboles exóticos de este género, mostraron valores altos de riqueza y abundancia (60 especies y 60 ind/ha).

La composición de especies de las comunidades de aves cambió con el tipo de hábitat, siendo los bosques diferentes a todos los alterados por actividades humanas (Figura 2), de los cuales, los cultivos, los pastizales y los matorrales mostraron alta similitud en la composición de sus comunidades de aves. Esto se debe a dos razones principales: estos tres hábitats se encuentran relacionados espacialmente dentro de la cuenca, y la mayoría de las áreas de matorral derivan del abandono de campos agrícolas y/o ganaderos. Cabe resaltar que los asentamientos humanos tienen comunidades de aves más complejas y diversas, por lo que exhibieron alta similitud tanto con el grupo de los cultivos, los pastizales y los matorrales, como con las plantaciones. Finalmente, estas últimas exhibieron comunidades de aves más similares a las de los bosques nativos que a cualquier otro hábitat, principalmente debido a la presencia de un estrato arbóreo.

Los resultados indican que la distribución espacial de la riqueza de especies y abundancia de aves en la cuenca de Cuitzeo, es el resultado de la interacción entre la variación altitudinal de la cuenca y las actividades humanas, representadas por el uso del terreno. La cuenca de Cuitzeo es endorreica limitada por un sistema montañoso (sur) y de lomeríos (norte); por ello, las áreas más alteradas antropogénicamente se encuentran en las partes bajas y planas (al centro del la cuenca y cercanas al lago). En contraste, las áreas que han recibido menor presión antropogénica se encuentran en las zonas que tienen una mayor altitud y pendientes pronunciadas, y por tanto aún contienen bosques nativos. De este modo, el borde de la cuenca, que representa zonas de mayor altitud, mostró valores más elevados de riqueza, específicamente, las áreas con mayor número de especies registradas se localizan en el extremo sureste.

Los mapas generados con los datos de este trabajo sugieren que de los hábitats alterados por actividades humanas, las zonas agrícolas de riego son los que cuentan con menor riqueza de aves, lo cual está relacionado con su alta intensidad de uso y reducida complejidad vegetal. En cambio, los asentamientos humanos, aunque representan sistemas con altos niveles de perturbación, mantienen valores elevados tanto de riqueza de especies como de abundancia de aves. Lo anterior podría estar relacionado con la alta heterogeneidad ambiental que presentan las ciudades, la cual es generada por la existencia de múltiples usos de suelo urbano.



Fotografía: Javier Quesada Lara e Ian MacGregor-Fors



Imagen: Vireo gorjeador (*Vireo gilvus*), aunque el nombre varía de región a región.

## Mamíferos Silvestres

Arturo Núñez Garduño

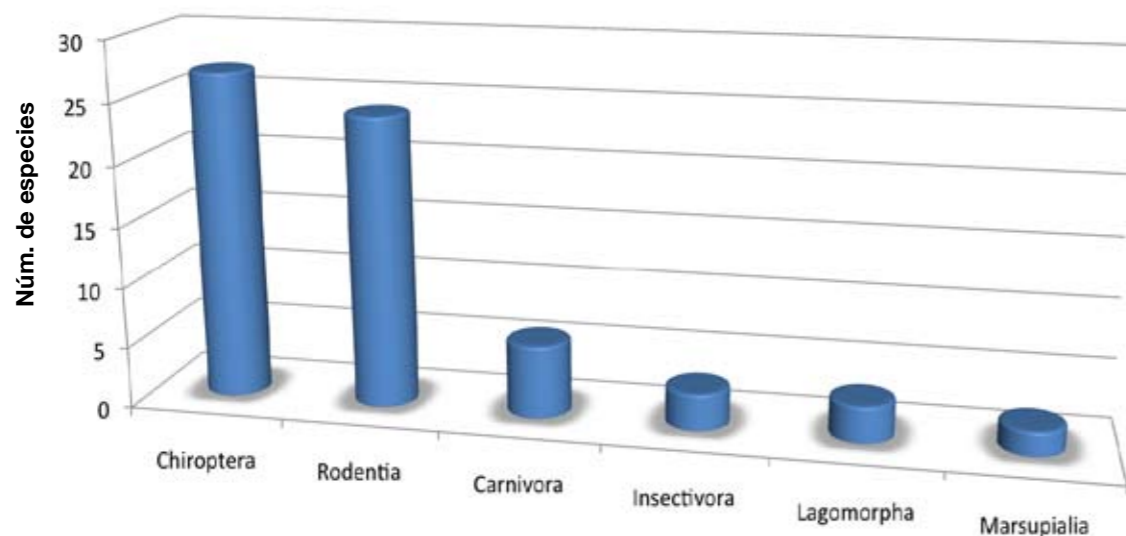
Los mamíferos constituyen un grupo de organismos que desempeña un papel ecológico y económico importante, al grado que, al desaparecer o disminuir las poblaciones de alguna especie hay serias repercusiones y llega a afectarse el equilibrio ecológico. Por ejemplo, al reducirse las poblaciones de algunos carnívoros, sus presas habituales pueden presentar grandes explosiones demográficas y manifestarse a manera de plagas que afecten la producción agrícola, mientras que otras especies pueden disminuir apreciablemente el tamaño de sus poblaciones, llegando a desaparecer localmente. Otro caso es el de los mamíferos polinívoros que facilitan la fecundación o polinización de diversas plantas (murciélagos, principalmente), o el de los mamíferos frugívoros o granívoros (algunos murciélagos y roedores) que propician la dispersión de las especies vegetales de las cuales se alimentan. También se destaca el papel que desempeñan los murciélagos insectívoros al controlar las poblaciones de diversas especies de insectos que pudieran convertirse en plagas que atacan cultivos agrícolas.

Dentro de este contexto, la mastofauna michoacana es muy interesante, ya que además de presentar una diversidad que está entre las cuatro más altas a nivel nacional (161 especies); (Núñez, 2005), proyecta la necesidad de estudios amplios y detallados de lo que sucede en este grupo taxonómico. Esta gran diversidad biológica es producto de la localización geográfica de la cuenca del lago de Cuitzeo, donde confluyen dos grandes áreas zoogeográficas (neártica y neotropical), además de una orografía bastante accidentada que crea una variedad de ambientes que han permitido la adaptación y el asentamiento de esa gran biodiversidad. Sin embargo, la cuenca, desde el punto de vista mastozoológico, ha sido poco estudiada. En 1974, Genaro Correa presentó un listado de mamíferos presentes en el área, además de citar el registro de material fósil de diversos mamíferos que habitaron en la zona como grandes cornamentas de cérvidos, además de huesos y dentaduras de proboscídeos en el área noreste. Asimismo, el autor del presente capítulo ha encontrado en la zona de estudio material fósil de équidos y de proboscídeos.

Núñez y Pastrana (1990) estudiaron a los roedores presentes en todo el estado de Michoacán; Sayavedra (1991) enfocó su estudio a los roedores del área de Tarímbaro, Michoacán, y reporta 13 especies. Núñez (1994) registró para la zona *Peromyscus difficilis*, especie que no había sido citada anteriormente para el estado. Hernández (1994) menciona 28 especies de mamíferos silvestres para la cuenca. Núñez (2005) presenta un amplio listado sobre los mamíferos reconocidos hasta la fecha en diversas áreas de Michoacán.

Actualmente, para la cuenca se han registrado 65 especies representantes de seis órdenes de mamíferos, mostrados en la Gráfica 1.

Los grupos mejor representados son los murciélagos y los roedores con 19 y 12 géneros, respectivamente. Se han reportado 27 especies del orden Quiroptera: 20 especies de murciélagos insectívoros, tres frugívoros, tres polinívoros y una que consume tanto polen y néctar como frutas. En el área no se ha registrado la presencia de *Desmodus rotundus* (murciélago hematófago, conocido comúnmente como vampiro), el cual es la única especie que se pudiera considerar nociva por ser un potencial portador del virus de la rabia o derriengue, que puede afectar al ganado e incluso al humano, llegando a ser mortal.



Gráfica 1. Número de especies de cada uno de los seis órdenes de mamíferos registrados en el área.

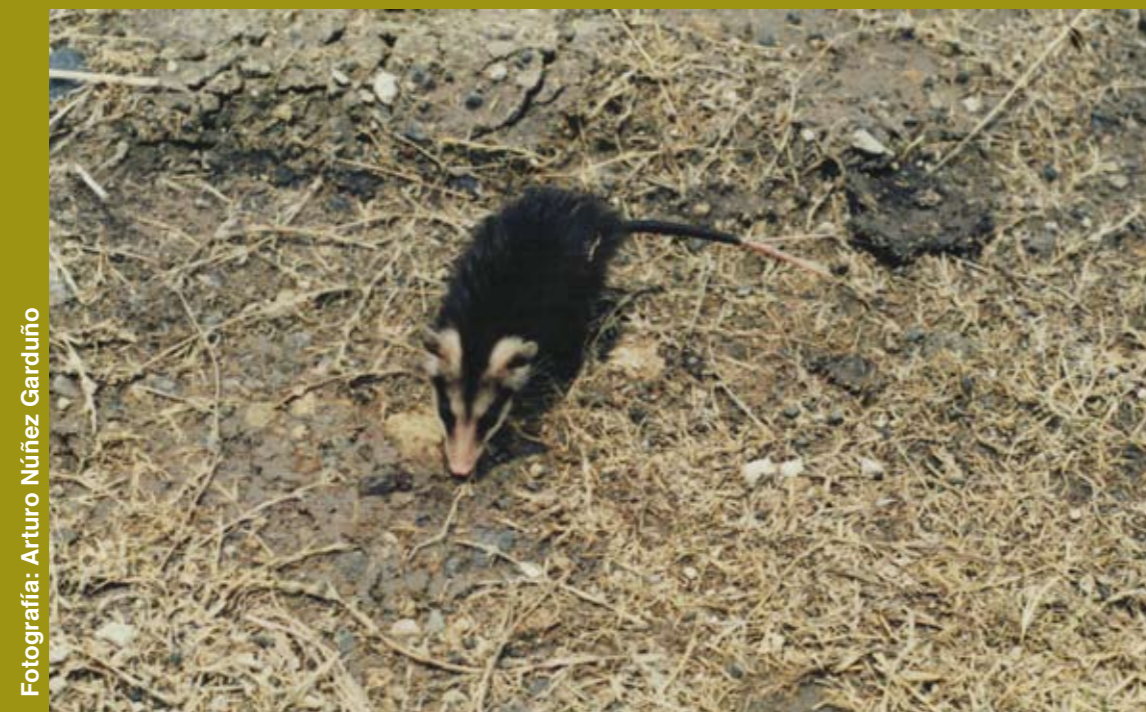
Asimismo, se han reportado 24 especies del orden Rodentia. En el lado sur del lago, en pequeñas y aisladas zonas habitadas por el hombre, aún no se han establecido las especies de roedores sinantrópicas (*Rattus rattus*, *R. norvegicus* y *Mus musculus*), no obstante, sí se presentan *Peromyscus maniculatus* y *Sigmodon hispidus* que son posibles especies vectoras del Hantavirus, el cual puede ser mortal para el humano. Es probable que en la zona se presenten algunas especies que por el momento aún no han sido registradas, dentro de las cuales se considera: *Euderma maculatum* (murciélago manchado), *Dipodomys* spp. (rata canguro), *Neotomodon alstoni* (ratón de los volcanes), *Lynx rufus* (gato montés) y *Taxidea taxus* (tlacoyote o tejón chaparro).

Muchas acciones antropogénicas como la cacería, la contaminación ambiental, la deforestación, la fragmentación de ecosistemas, las actividades agropecuarias, la explotación desmedida de algunas especies, el crecimiento urbano y el avance de la civilización, afectan en diversos grados a todos los ambientes y, en consecuencia, a la biodiversidad existente. Ante esta situación es urgente definir medidas diversas para trazar estrategias de protección a la biodiversidad, lo cual está directamente relacionada con el bienestar de la sociedad humana actual y con la herencia que se dejará a las generaciones futuras.



Fotografía: Arturo Núñez Garduño

Imagen: *Marmosa canescens* (ratón tlacuache), pequeño marsupial insectívoro frecuente en el área.



Fotografía: Arturo Núñez Garduño

Imagen: El tlacuache (*Didelphis virginiana*) es un marsupial presente en la zona con gran éxito ecológico debido principalmente a su alta tasa reproductiva y a su dieta omnívora.



Fotografía: Arturo Núñez Garduño

Imagen: *Peromyscus maniculatus*.

## Áreas Naturales Protegidas

Rocío Aguirre López  
Neyra Sosa Gutiérrez

La Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza, (IUCN, por sus siglas en inglés) definió en 1994 las áreas protegidas como “áreas de tierra y/o mar especialmente dedicadas a la protección y mantenimiento de la diversidad biológica, recursos naturales y culturales asociados, y manejados a través de medios legales u otros medios efectivos”.

Las áreas naturales protegidas (ANP) tienen el propósito de mantener la integridad de los ecosistemas (patrones y funciones) propios de una región. Además, resguardan el germoplasma de la naturaleza, regulan los ciclos biogeoquímicos, aportan bienes y servicios ambientales como la captación y filtración de agua, la adsorción de contaminantes atmosféricos, la producción de oxígeno, la regulación térmica, la protección de los recursos del suelo, entre otras, y provee de beneficios significativos a las comunidades aledañas, lo que favorece el bienestar espiritual, mental y físico, así como el fomento a la responsabilidad ética de respeto a la naturaleza (Velázquez *et al.*, 2005).

En Michoacán, la mayoría de las ANP se localizan en zonas de importancia forestal del Sistema Volcánico Transversal, por lo que otras regiones fisiográficas están representadas en forma escasa o nula, como es el caso de la Sierra Madre del Sur, la Depresión del Balsas y la región costera; zonas consideradas de importancia prioritaria de acuerdo a diferentes análisis realizados (Villaseñor y Villaseñor, 1997; Arizmendi y Márquez-Valdelamar, 2000; Arriaga *et al.*, 2000; SEDUE-UMSNH, 2000; entre otros. Citado en Velázquez *et al.*, 2005).

Existen áreas protegidas de competencia federal y estatal, que ocupan el 6% del total del territorio del estado (Tabla 1). Se cuenta con 12 áreas protegidas de carácter federal, mientras que a nivel estatal se han decretado 30 (Mapa 2.10); (SUMA, 2007).

### Antecedentes

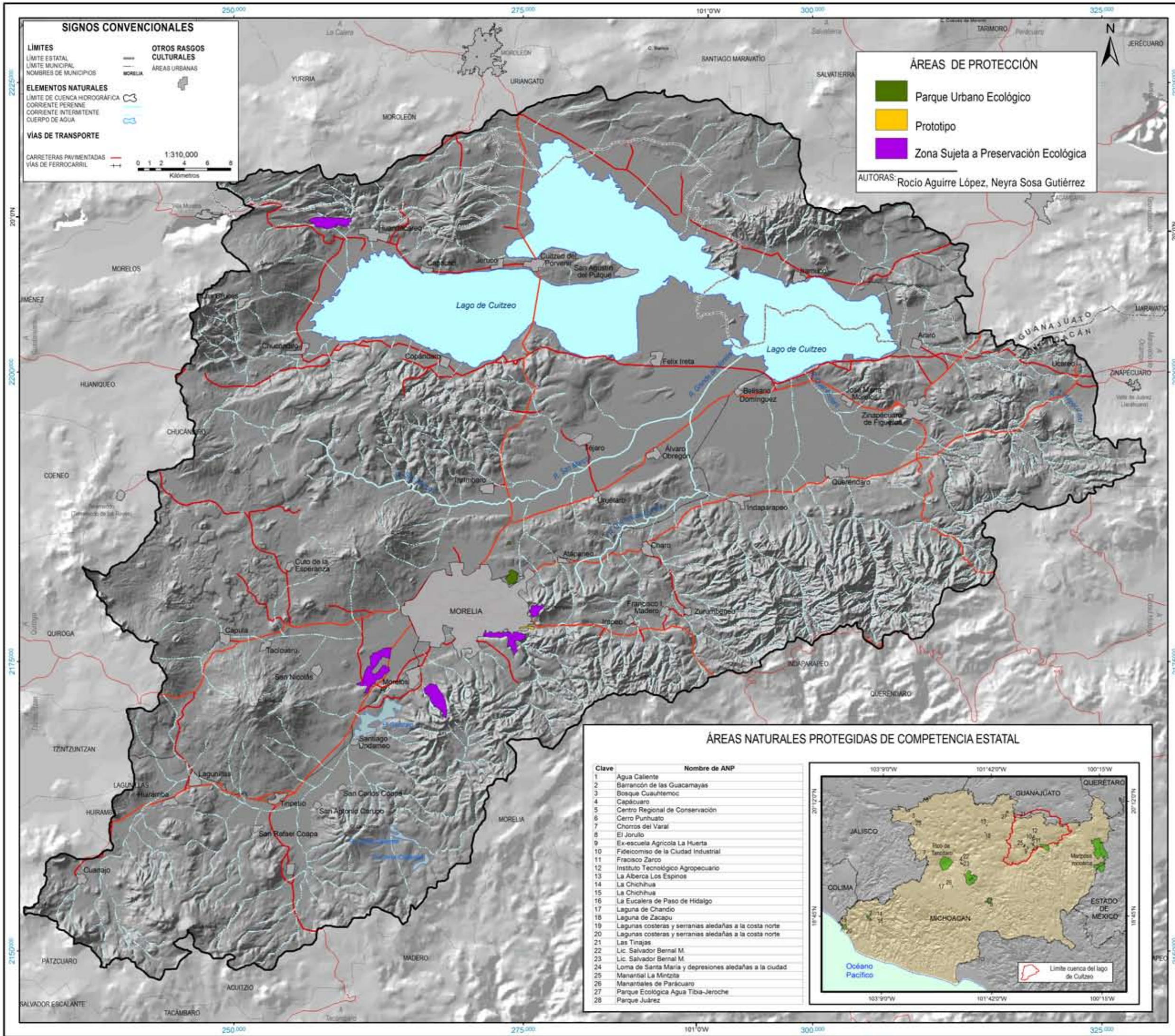
La historia de la conservación en Michoacán se remonta al año 1936, cuando se decretaron las primeras ANP en la categoría de Parques Nacionales. El primer decreto fue el del Parque Nacional Cerro de Garnica, en la región de Mil Cumbres, y las zonas protectoras forestales (actualmente áreas de protección de recursos naturales) de las cuencas hidrológicas del lago de Pátzcuaro y el Río Chiquito de Morelia y la región de Tacámbaro. Todos los parques nacionales del estado de Michoacán, con excepción del de Rayón, fueron decretados entre 1938 y 1941 (Vargas *et al.*, 2005).

Los esfuerzos de conservación a través de decretos se vieron reflejados también en la conservación del recurso hídrico, de modo que sirvieran de apoyo al mejoramiento de la situación agrícola del pequeño campesino. Las obras de irrigación en la cuenca del lago de Cuitzeo fueron impulsadas durante la administración en turno desde 1935 y concluyeron en 1939 con la construcción de las presas de Cointzio y Malpaís, y con la rectificación de los ríos Grande de Morelia y Queréndaro.

La Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), a través de la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, fundamentó la actualización de categoría de las Zonas Protectoras Forestales y de Repoblación de las cuencas de alimentación de las obras de irrigación de los Distritos Nacionales de Riego, publicando el 7 de noviembre de 2002 en el Diario Oficial de la Federación, el acuerdo por el que se recategorizan las áreas.

Tabla 1. Áreas Naturales Protegidas en Michoacán.

Tipo o Categoría	Estatal			Federal		
	Núm.	ha	%	Núm.	ha	%
Parque Nacional				7	42,852	11.76
Parque Natural	1	2,250	16.58			
Parque Urbano Ecológico	9	322	2.37			
Reserva de la Biósfera				2	321,259	88.21
Reserva Patrimonial	2	7,877	58.07			
Santuario				3	58	0.015
Zonas Sujetas a Conservación Ecológica	18	3,115	22.96			
Total	28	13,564		12	364,169	





El propósito fue la protección de bosques templados, principalmente de pino y oyamel; desafortunadamente, los parques de mayor extensión se encuentran prácticamente en el abandono, lo que ha permitido la tala clandestina, el cambio de uso de suelo por los asentamientos irregulares, el sobrepastoreo y la incidencia de incendios y plagas forestales, lo que a su vez se refleja en la erosión y en la pérdida de biodiversidad (SUMA, 2007).

En la cuenca del lago de Cuitzeo existía incertidumbre sobre la situación jurídica y la ubicación precisa de áreas decretadas como Zonas Protectoras Forestales a mediados del siglo pasado, en especial las recategorizadas como Áreas de Protección de Recursos Naturales. Actualmente se localizan ocho ANP de jurisdicción estatal que ocupan una superficie de 1,471 ha (Tabla 2), la mayoría de ellas se encuentran en el municipio de Morelia, una en Huandacareo y otra en Tarímbaro; las categorías con las que fueron decretadas corresponden a zonas sujetas a preservación ecológica, parques urbanos ecológicos o áreas prototipo.

Hasta el año 2002, existían en la cuenca ANP localizadas en las cercanías de la ciudad de Morelia, cuyos decretos datan de 1993 a 1998 y que corresponden a zonas arboladas de la periferia de la ciudad. Debido a que el gobierno estatal impulsó la declaratoria de ANP propuestas por los ayuntamientos, se sumaron cinco áreas más cuyo proceso de decreto consistió en la evaluación del área, la elaboración del estudio técnico justificativo y la publicación en el periódico oficial del Estado. Actualmente, sólo tres de las ocho ANP existentes en la cuenca cuentan con programa de manejo, mientras que el resto se encuentran en su elaboración mediante la inversión del gobierno estatal, a través de la Secretaría de Urbanismo y Medio Ambiente (Mapa 2.10); (SUMA, 2007).

### Conclusiones

Aun cuando la creación de áreas naturales es el único esquema en México que garantiza la certidumbre jurídica, y que al menos en los últimos años se han tratado de trabajar los decretos con la participación social, esta última no se ha logrado todavía, ni tampoco un convencimiento de que este esquema, manejado de la manera adecuada, pueda originar buenos resultados. No se ha conseguido la coordinación y el compromiso con los particulares para el manejo de estas áreas en la toma de decisiones conjuntas. Aunado a esto, se encuentran los cambios de las administraciones municipales, que requieren retomar y dar seguimiento a los acuerdos logrados por la administración anterior, lo que muchas veces no sucede.

Las ANP existentes son pequeñas y aisladas, se localizan prácticamente en los alrededores de la ciudad de Morelia, lo cual implica que los ecosistemas presentes se encuentren cada día con mayor deterioro por las acciones de tipo antrópico, como el crecimiento urbano y la falta de un manejo bien establecido de las mismas.

Actualmente, el gobierno estatal tiene definida como área prioritaria para la conservación el norte del estado, que incluye parte de la cuenca del lago de Cuitzeo, donde se trabaja en una propuesta que incluye manchones de selva baja caducifolia y matorral subtropical, con el propósito de implementar un programa con ejidos y comunidades para realizar proyectos de conservación y manejo de la biodiversidad (COINBIO), que desde años anteriores ha trabajado en otras zonas del estado con excelentes resultados.

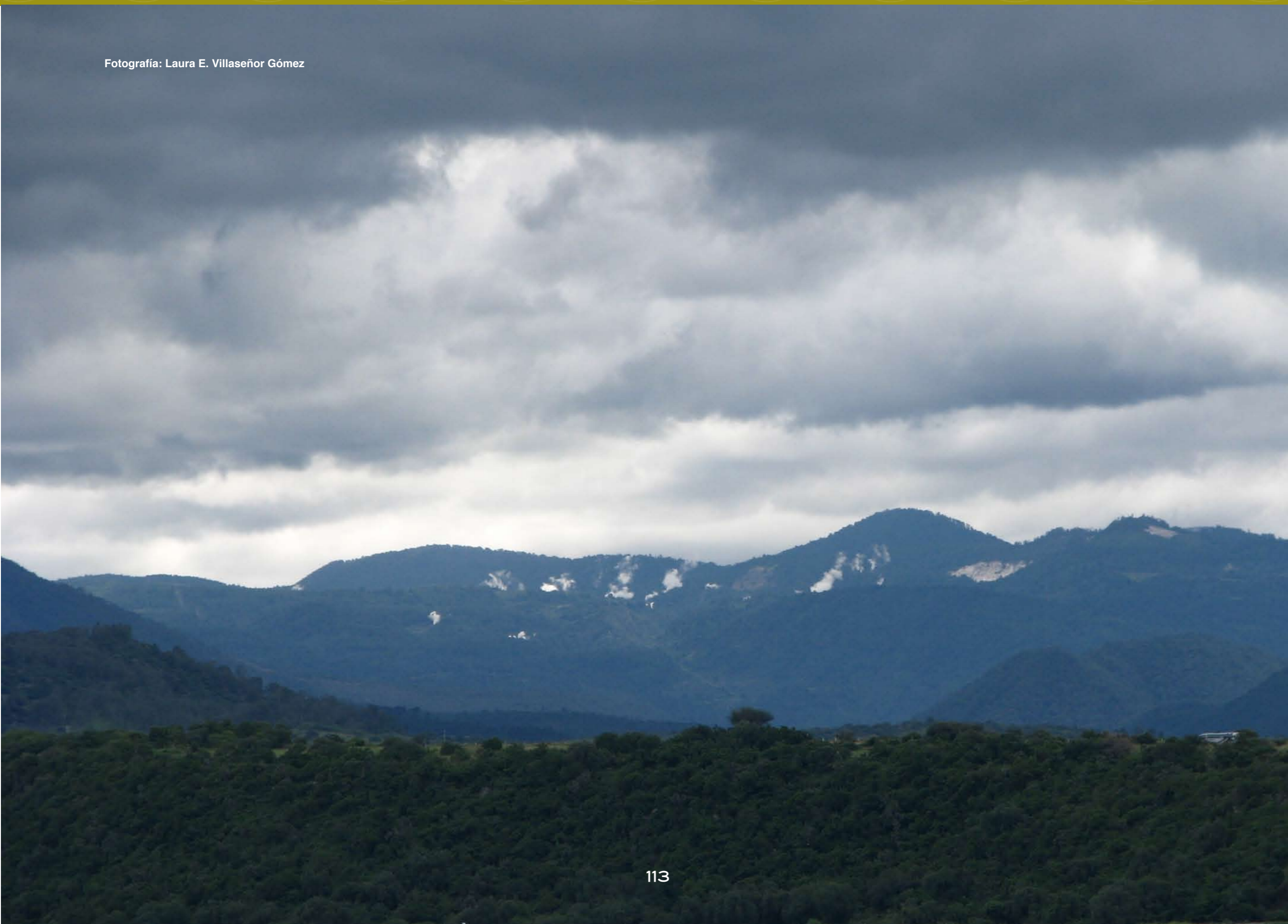
Otro esquema sería crear una estrategia de conservación que no sea iniciativa de los gobiernos estatal o municipal, sino que provenga de los ejidatarios o propietarios particulares, quienes propongan áreas que deseen cuidar y que se comprometan a manejar y protegerlas voluntariamente.



**Tabla 2. Áreas Naturales Protegidas en la cuenca de Cuitzeo.**

ANP	Tipo	Municipio	Decreto	Tenencia	Programa de Manejo	Superficie (ha)
Las Tinajas de Huandacareo	Zonas Sujetas a Preservación Ecológica	Huandacareo	26/01/2005	Ejidal	No tiene	254-27-00
Manantial La Mintzita	Zonas Sujetas a Preservación Ecológica	Morelia	31/01/2005	Federal, Ejidal y Privada	En elaboración por parte de la UMSNH	419-60-64.62
Ciudad Industrial	Parque Urbano Ecológico	Morelia	30/06/1995	Privada y Ejidal	Elaborado por la UMSNH	89-11-20.81
Loma de Santa María y Depresiones aledañas de la Ciudad de Morelia	Zonas Sujetas a Preservación Ecológica	Morelia	19/08/1993	Privada y Ejidal	Elaborado y actualizado por la UMSNH 2004	323-79-73.88
Cerro Punhuato	Zonas Sujetas a Preservación Ecológica	Morelia	25/01/2005	Privada	Elaborado por UMSNH 2006	120-00-00
Ex Escuela Agrícola denominada la Huerta (Piedra del Indio)	Parque Urbano Ecológico	Morelia	31/01/2005	Estatal	No tiene	271-48-89.25
Francisco Zarco	Parque Urbano Ecológico	Morelia	15/02/2008	Estatal	Propuesta de manejo	17-00-00
Instituto Tecnológico Agropecuario # 7	Parque Urbano Ecológico	Tarímbaro	04/06/1998	Federal	No tiene	16-94-75.21

Fotografía: Laura E. Villaseñor Gómez





# 3

## CARACTERÍSTICAS SOCIOECONÓMICAS



Fotografía: Leticia Gómez

## Reflejo de la Cultura

**María del Carmen Carreón Nieto**

**P**ara todas las culturas, el agua ha sido, es y será siempre sinónimo de vida; por ello es fácil comprender por qué desde que los hombres comenzaron a establecerse en grupos y a fundar ciudades lo hicieron al abrigo de ríos, lagos, lagunas o junto a los mares. Desde épocas históricas muy tempranas, el agua se convirtió en una condición indispensable para el desarrollo social y, en este sentido, si hay una palabra que califique la relación del hombre con respecto del agua, es dependencia. Para hacer frente hoy a los graves problemas de contaminación que presentan los acuíferos es importante partir de un mayor conocimiento acerca de la relación que el hombre ha establecido con el agua a lo largo de la historia. Sobre esto, a partir del caso del lago de Cuitzeo se hacen algunas reflexiones en este sentido.

Desde tiempos remotos la cuenca de Cuitzeo fue elegida como morada. Antiguas poblaciones mesoamericanas quedaron encantadas por el entorno ecológico que poseía: clima templado, tierras aptas para la agricultura y ganadería, flora y fauna abundante, disponibilidad de agua dulce y, sobre todo, el propio lago, un lugar dotado de un fuerte sentido mágico-religioso. Hasta el día de hoy, si bien se ha diluido esa aura de misterio, las características naturales que posee han sido lo suficientemente atractivas para mantener bajo su abrigo a una considerable cantidad de pobladores. Así pues, durante la época prehispánica, el lago fue testigo del devenir histórico de pueblos con influencias de las culturas Chupícuaro, Otomí, Teotihuacana, Tolteca, Matlazinca, Pre-Tarasca y Tarasca (Corona, 1979); durante la época colonial de las culturas indígena e hispánica y, a partir de entonces, ha presenciado el surgimiento de la propia cultura mexicana.

Fotografía: Brenda Ávila Flores

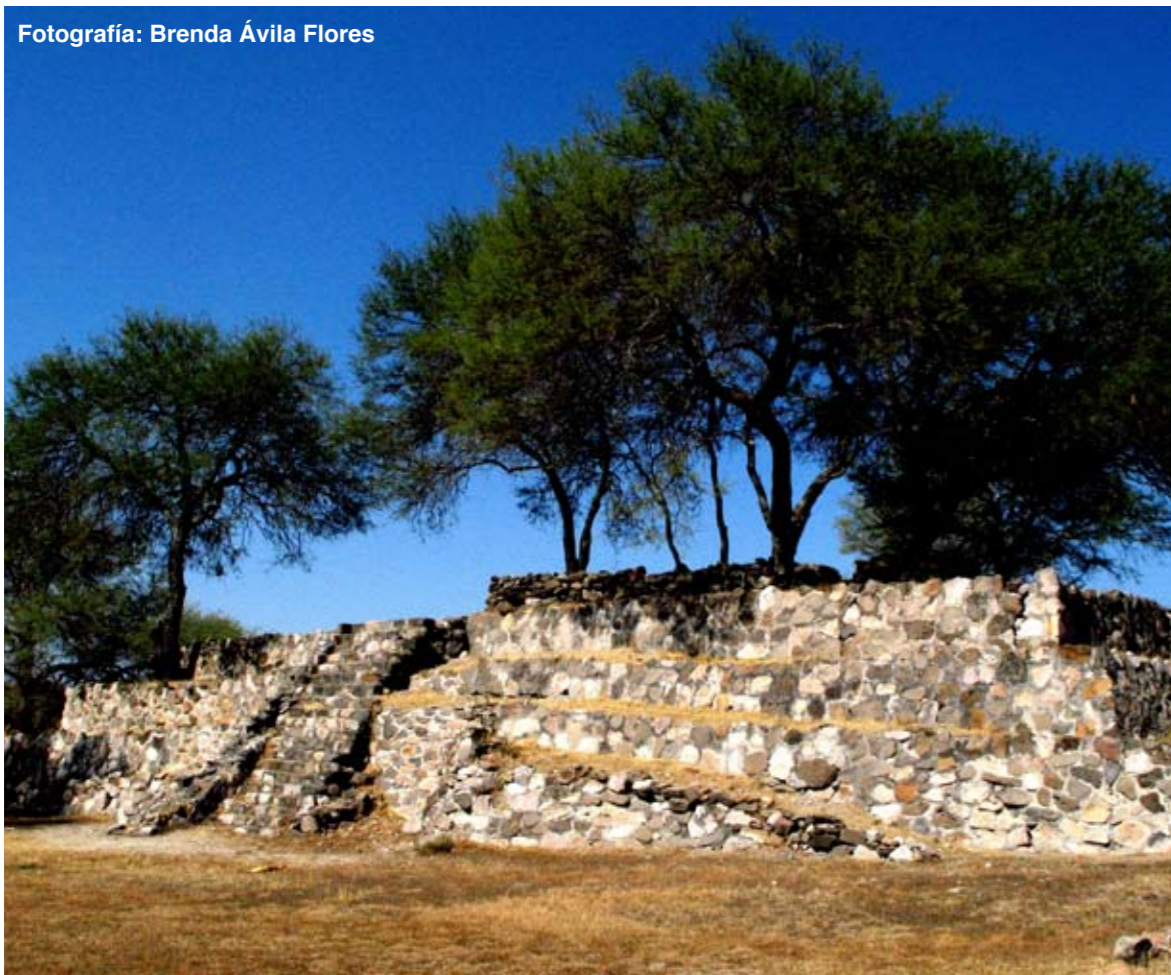


Imagen: Zona arqueológica Tres Cerritos, municipio de Cuitzeo.

En cada fase histórica, las sociedades que se asentaron en sus riberas lo han entendido y vivido a partir de cosmovisiones diferentes. A su vez, los distintos significados culturales que se le asignaron han determinado en gran medida, los usos sociales del agua y del lago. La mitología prehispánica, por ejemplo, otorgó al lago de Cuitzeo un carácter divino: era una puerta al cielo. Todos aquellos “afortunados” de morir ahogados en sus aguas eran conducidos por un perro guía hasta la entrada al paraíso del dios de las aguas. Numerosos entierros de restos humanos, acompañados de esqueletos caninos, se han encontrado a lo largo de su cuenca (Corona, 1999; López, 1977). Esa sensación de estar al amparo de algo divino, seguramente tenía que ver con el considerable número de habitantes que había en aquellos años en la región; a decir de Basalenque (1993) “El gentío de este pueblo siempre fue mucho de muchas partes, se viene a poblar a la orilla de la laguna, de arte que desde Cuitzeo hasta Huandacareo su visita, que dista dos leguas, en tiempos pasados todo era una calle”.

Tras la conquista y colonización de estas tierras, los españoles trajeron consigo nuevas ideas en torno a los lagos; para ellos eran sólo contenedores de aguas estancadas que, asociadas al desarrollo de enfermedades e infecciones, repercutían en la salud de los pobladores (Tortolero, 2000). No obstante, la belleza y extensión de los lagos michoacanos, entre ellos por supuesto el de Cuitzeo, no fueron objeto de comentarios despectivos por parte de importantes personajes hispanos como Fray Antonio Vázquez de Espinoza, Fray Alonso de la Rea o Juan Joseph Moreno. Los primeros peninsulares en asentarse en

la región fueron los religiosos franciscanos y agustinos, y pronto llegaron más colonizadores atraídos por la belleza del territorio, la bondad del clima y las riquezas naturales. Durante la época colonial el lago poco a poco dejó de ser sagrado y se convirtió simplemente en un lugar hermoso con “abundancia de pescados regalados” (Vázquez, 1944), es decir, un buen sitio para vivir.

El desmedido utilitarismo y, sobre todo, la búsqueda del mejoramiento económico a través del desarrollo científico y tecnológico que han caracterizado al periodo, que va desde la segunda mitad del siglo XIX hasta nuestros días, introdujeron la relación entre la sociedad y el lago en una nueva dinámica. El valor de éste ha radicado básicamente en la medida que provee productos para comercializar y en su capacidad filtrante de las aguas residuales. Los esfuerzos por dotarlo de un nuevo sentido a partir de su importancia en el mantenimiento del equilibrio ecológico son muy recientes. Incluso han habido momentos en que se le ha considerado como un obstáculo a vencer. La calzada construida sobre sus aguas a fines del siglo XIX y el reciente tramo de la autopista Morelia-Salamanca fueron la respuesta de la población ante la necesidad de agilizar las vías de comunicación.

Por otra parte, el lago no ha sido testigo mudo y mucho menos ajeno a la evolución social. Al contrario, ha sido una parte activa que eventualmente juega un papel determinante, al menos en las actividades productivas de las sociedades ahí establecidas. A través de las subidas y bajadas de sus aguas ha logrado regular en algunas ocasiones, independientemente de las acciones humanas, los ciclos de producción.

Además, la explotación de los recursos de su entorno ecológico y por supuesto, de los del propio lago, ha estado presente a lo largo de la historia. En este sentido se puede decir que sus cualidades específicas de clima, flora, fauna y suelos no sólo satisficieron las necesidades primarias de los pobladores, sino que se convirtieron en elementos importantes de la continuación de la evolución cultural de los pueblos asociados a sus riberas. De sus playas, desde el periodo prehispánico hasta nuestros días, han sido explotados materiales como el cuarzo, el sílex, la piedra calcárea, el tequesquite y los salitrales; estos últimos todavía representan una de las más importantes fuentes de trabajo de la zona (Michoacán, Gobierno del Estado, 1987). Las salinas cercanas al pueblo de Araró, por ejemplo, eran las mismas que surtían de sal a la casa del gobernante o *Cazonci* - de los tiempos prehispánicos. Las montañas que lo circundan proporcionaron los materiales de construcción necesarios (mantos de cantera) para modificar el paisaje con hermosos conventos y edificios civiles durante la época colonial y las faldas de los cerros, las tierras agrícolas necesarias para la producción de alimentos y para el pastoreo de los ganados. Las aguas del lago lo mismo proveían de alimento que de fuentes de trabajo: la pesca, la caza de aves (volatería) y los tulares han figurado a lo largo de los siglos entre las actividades económicas más representativas de la región. Este lago ha sido testigo de la evolución histórico-cultural de los pueblos michoacanos de la región y toca a las nuevas generaciones revalorarlo y sobre todo, hacer lo posible por mantenerlo vivo.



Imagen: Dibujo de Cuitzeo antiguo realizado en 1590 (Paredes *et al.*, 1984).



## Situación Social

**María Teresa Sánchez Salazar**  
**José María Casado Izquierdo**

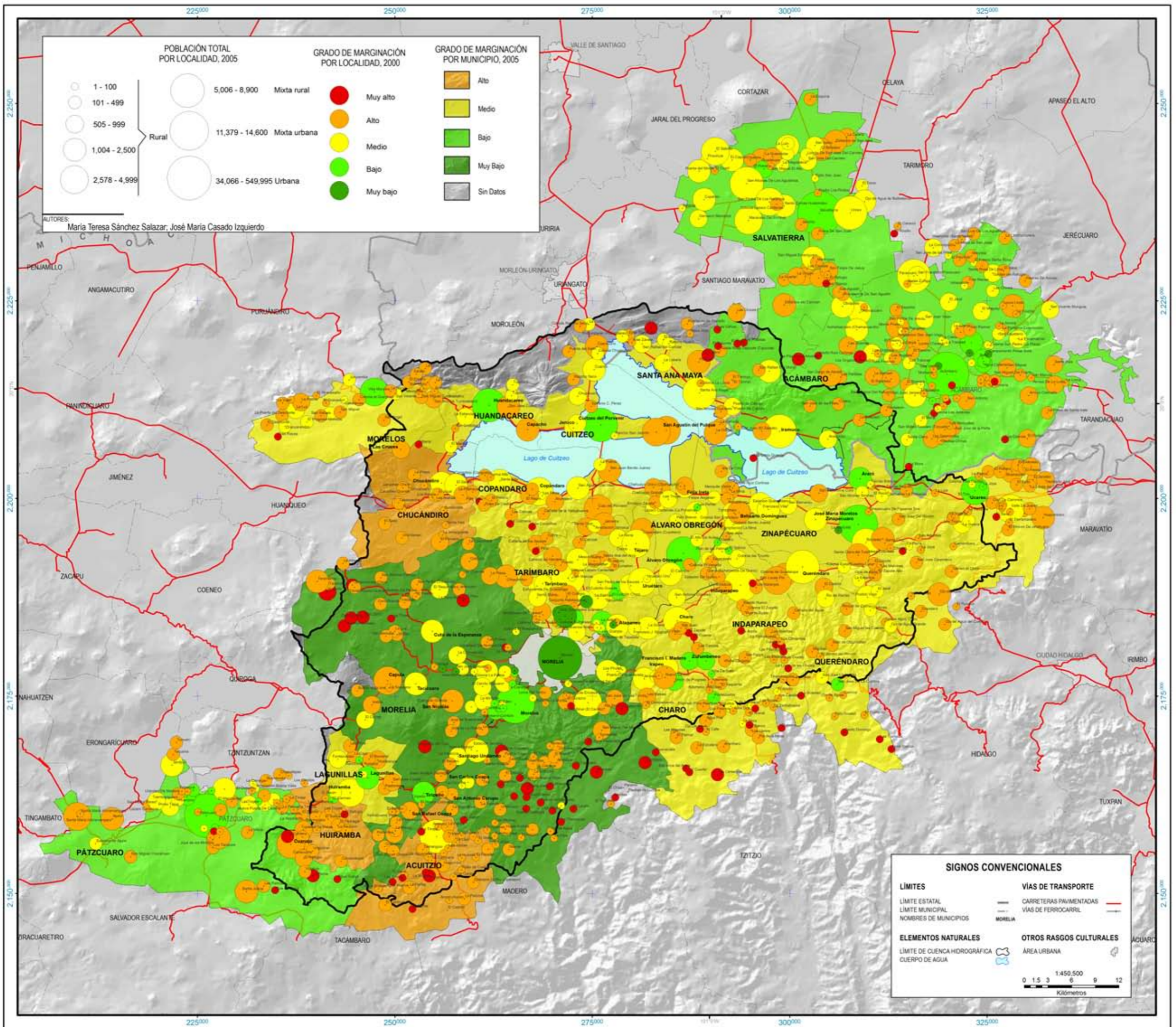
La sociedad mantiene una permanente interacción con la naturaleza, la cual se concreta a través de sus asentamientos y el desarrollo de sus actividades económicas. El carácter de esta interacción es dual: por una parte, la población toma del medio físico los insumos que utiliza (agua, energía, recursos naturales y materias primas); por otra, devuelve al ambiente los efluentes derivados de la presencia humana (emisiones, vertidos y residuos sólidos). En síntesis, como resultado de esta interacción con la población, el medio físico cumple con tres funciones: es fuente de recursos naturales y materias primas que utilizará la población para su sustento y actividades económicas; es soporte físico de los asentamientos, instalaciones e infraestructuras de la sociedad; y es receptor de los efluentes, resultado de la presencia del hombre y del desarrollo de sus actividades. De ahí que la distribución geográfica de la población, su estructura, su ritmo de crecimiento y sus características socioeconómicas sean fundamentales para la comprensión de la naturaleza e intensidad de sus impactos sobre el medio natural.

El Mapa 3.2 muestra la distribución de la población y sus condiciones socioeconómicas, sintetizadas a través del índice de marginación por localidad en la cuenca del lago de Cuitzeo en 2005, y proporciona elementos para el análisis de las relaciones y del impacto de la población y sus condiciones de vida sobre los niveles de deterioro ambiental que presenta dicha cuenca.

El estudio de la marginación en México ha sido desarrollado oficialmente por el Consejo Nacional de Población (CONAPO), dependencia de la Secretaría de Gobernación; no obstante, instituciones y autores han realizado estudios desde otras ópticas, por ejemplo: la elaboración de índices de bienestar por el INEGI (1993, 2001), el estudio del bienestar social (Torres y Delgadillo, 1990) o de la pobreza (Boltvinik, 1994; INEGI-CEPAL, 1993). Los trabajos desarrollados por el CONAPO se basan en el análisis de sucesivas estadísticas censales que han permitido la generación de un índice de marginación, estratificado en cinco grados cualitativos para diferentes fechas (1980, 1990, 1995, 2000 y 2005) y con distinto nivel de desagregación (por entidad federativa, municipio, localidad y/o Área Geoestadística Básica -AGEB-).



Fotografía: Leticia Gómez





### 3 CARACTERÍSTICAS SOCIOECONÓMICAS

El índice de marginación es uno de los indicadores más utilizados para sintetizar las condiciones socioeconómicas de la población. CONAPO (2006) lo define como “una medida-resumen que permite diferenciar (...) el impacto global de las carencias que padece la población, como resultado de la falta de acceso a la educación, la residencia en viviendas inadecuadas, la percepción de ingresos monetarios insuficientes y las relacionadas con la residencia en localidades pequeñas”. Su cómputo a nivel municipal en 2005 se basó en nueve indicadores, mientras para el nivel localidad en 2000 se utilizaron ocho.<sup>1</sup>

#### Grado de Marginación a Nivel Estatal, 2005

Desde el punto de vista político-administrativo, la cuenca del lago de Cuitzeo está integrada por 19 municipios, incluidos total o parcialmente en la misma, de los cuales 17 corresponden al estado de Michoacán y dos al de Guanajuato.

El análisis de la marginación a nivel estatal para la cuenca muestra, para 2005, una marginación media para Guanajuato y alta para Michoacán, las cuales ocupan, respectivamente, las posiciones 14 y 10 dentro de las 32 entidades federativas del país. No obstante, dentro de éstas y en los municipios considerados en la cuenca de Cuitzeo existen contrastes notables. Por ejemplo, mientras que el municipio de Morelia es el único con una muy baja marginación, los de Acuitzio, Huiramba y Chucándiro, ubicados en el extremo sur-oeste y centro-oeste de la cuenca, poseen altos grados (Mapa 3.2; Tabla 1). En la cuenca no existe ningún municipio con muy alta marginación y sólo los de Acámbaro, Pátzcuaro y Salvatierra -con una proporción elevada de población urbana- presentan un grado de marginación bajo, predominando así los municipios con una marginación media (12 de los 19 municipios de la cuenca).

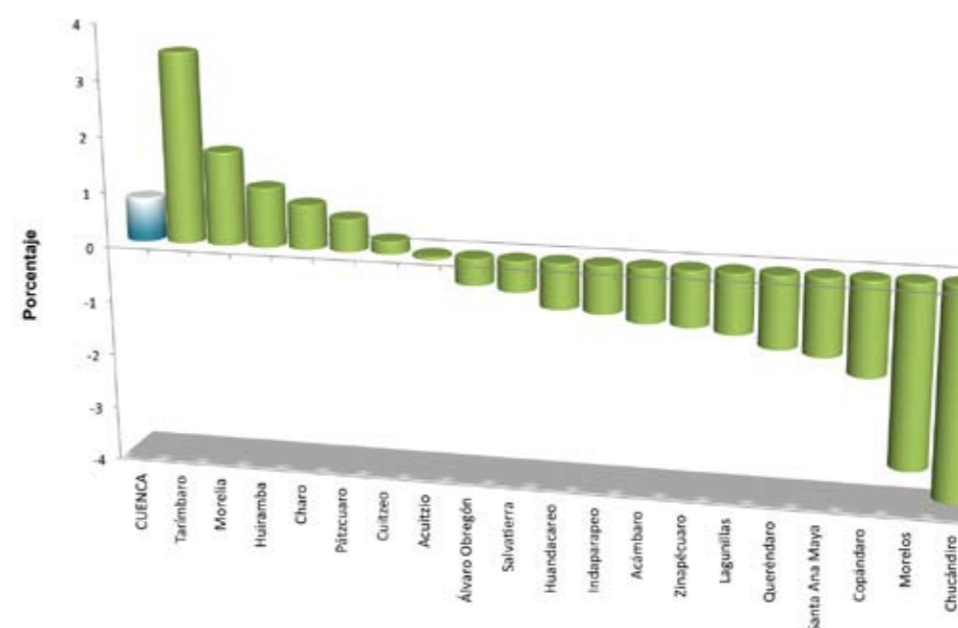
<sup>1</sup> Para el nivel municipal en 2005 los indicadores utilizados fueron los porcentajes de: población analfabeta de 15 años o más, población sin primaria completa de 15 años o más, ocupantes en viviendas sin drenaje ni servicio sanitario, ocupantes en viviendas sin energía eléctrica, ocupantes en viviendas sin agua entubada, viviendas con algún nivel de hacinamiento, ocupantes en viviendas con piso de tierra, población en localidades con menos de 5,000 habitantes y población ocupada con ingreso de hasta 2 salarios mínimos.

Para el nivel de localidad, en 2000 se utilizaron como indicadores los porcentajes de: población analfabeta de 15 años o más, población sin primaria completa de 15 años o más, viviendas sin disponibilidad de servicio sanitario exclusivo, viviendas sin energía eléctrica, viviendas sin agua entubada en el ámbito de la vivienda, viviendas con piso de tierra y población ocupada con ingreso de hasta 2 salarios mínimos; y el logaritmo natural del promedio de ocupantes por cuarto en viviendas particulares.

Tabla 1. Grado de marginación en los municipios de la cuenca del lago de Cuitzeo, 2005.

Municipio	Índice de marginación	Grado de marginación
<b>Guanajuato</b>	<b>0.13</b>	<b>Medio</b>
<b>Michoacán</b>	<b>0.39</b>	<b>Alto</b>
Acámbaro	- 0.89	Bajo
Salvatierra	- 0.81	Bajo
Acuitzio	- 0.23	Medio
Álvaro Obregón	- 0.55	Medio
Copándaro de Galeana	- 0.06	Alto
Cuitzeo	- 0.58	Medio
Charo	- 0.26	Medio
Chucándiro	0.01	Alto
Huandacareo	- 0.75	Bajo
Huiramba	- 0.23	Medio
Indaparapeo	- 0.33	Medio
Lagunillas	- 0.29	Medio
Morelia	- 1.70	Muy bajo
Morelos	- 0.15	Medio
Pátzcuaro	- 0.82	Bajo
Queréndaro	- 0.60	Medio
Santa Ana Maya	- 0.51	Medio
Tarímbaro	- 0.49	Medio
Zinapécuaro	- 0.46	Medio

Fuente: CONAPO, 2006



Gráfica 1. Tasa municipal de crecimiento demográfico, 1995-2005.

### Población Total y Tasa de Crecimiento Demográfico Municipal, 1990-2005

Con base en los datos del INEGI, en 1995 la población total de la cuenca era de 1,120,842 personas y en 2005 ascendió a 1,213,120, siendo la tasa de crecimiento medio anual de la población de la región de 0.79% en el lapso 1995-2005 (INEGI, 1997 y 2006). Dicha tasa es superior al promedio del estado de Michoacán (0.24%) e inferior a la media de Guanajuato (1.05%), lo cual indica que, en su conjunto, la cuenca tiene un crecimiento demográfico más bien conservador.

**Tabla 2. Población total 1990-2005, tasa de crecimiento medio anual (TCMA) y estructura de la población por grupos de edad en la cuenca del lago de Cuitzeo.**

Municipio	Población total		TCMA (%) 1995- 2005	Grupos de edad 2005			
	1995	2005		% 0-14 años	% 15-64 años	% 65 y + años	% no especificado
<b>Guanajuato</b>	<b>4,406,568</b>	<b>4,893,812</b>	<b>1.05</b>	<b>33.7</b>	<b>59.5</b>	<b>5.6</b>	<b>1.2</b>
<b>Michoacán</b>	<b>3,870,604</b>	<b>3,966,073</b>	<b>0.24</b>	<b>32.5</b>	<b>59.0</b>	<b>6.7</b>	<b>1.8</b>
Acámbaro	112,485	101,762	-1.0	30.4	59.2	9.3	1.1
Salvatierra	97,822	92,411	-0.6	29.9	59.8	9.6	0.7
Acuitzio	10,109	10,052	-0.1	34.4	56.2	8.3	1.2
Álvaro Obregón	19,633	18,696	-0.5	33.1	58.2	8.1	0.6
Copándaro de Galeana	9,677	8,131	-1.7	35.3	55.3	9.3	0.1
Cuitzeo	25,609	26,213	0.2	32.8	58.1	8.8	0.3
Charo	17,908	19,417	0.8	30.5	61.9	6.9	0.7
Chucándiro	8,198	5,516	-3.9	30.6	56.0	13.3	0.1
Huandacareo	12,022	11,053	-0.8	29.3	59.2	11.1	0.4
Huiramba	6,616	7,369	1.1	36.4	55.8	6.8	1.0
Indaparapeo	16,520	15,134	-0.9	35.8	55.5	7.5	1.2
Lagunillas	5,396	4,828	-1.1	33.2	56.3	9.6	1.0
Morelia	578,061	684,145	1.7	27.6	61.9	5.4	5.2
Morelos	11,990	8,525	-3.4	32.5	54.9	12.5	0.1
Pátzcuaro	75,264	79,868	0.6	33.2	58.7	6.3	1.9
Queréndaro	14,248	12,474	-1.3	34.2	56.1	9.0	0.7
Santa Ana Maya	13,745	11,925	-1.4	30.7	57.7	11.1	0.6
Tarímbaro	36,637	51,479	3.5	32.8	56.3	4.8	6.2
Zinapécuaro	48,902	44,122	-1.0	32.4	57.7	8.7	1.3
<b>Total cuenca</b>	<b>1,120,842</b>	<b>1,213,120</b>	<b>0.79</b>	<b>29.5</b>	<b>60.3</b>	<b>6.7</b>	<b>3.5</b>

Fuente: INEGI, 1997 y 2006.

Morelia es el municipio más poblado, con 578 mil habitantes en 1995 y 684 mil en 2005, y el segundo que más rápidamente creció durante el periodo señalado, pues su población aumentó en 106,084 habitantes, con una tasa de crecimiento medio anual (TCMA) de 1.7%. De hecho, Morelia es el único municipio, a excepción de Tarímbaro (3.5% de TCMA), que mantiene un dinamismo marcado en su crecimiento demográfico (Tabla 2 y Gráfica 1). Otro municipio con más de 100 mil habitantes es Acámbaro, el cual es ribereño al lago; sin embargo, redujo su población en 10,723 habitantes en el periodo 1995-2005, mientras que la población de Salvatierra, Pátzcuaro, Tarímbaro, Zinapécuaro y Cuitzeo está comprendida entre 26,000 y 92,500 habitantes. De ellos, sólo Tarímbaro tuvo un crecimiento notorio (Tabla 2).

Del total de municipios de la cuenca, seis de ellos tenían TCMA positivas, pero sólo en cuatro municipios dicha tasa era superior a la media regional; además de Morelia, se encontraban en este grupo Charo, Huiramba y Tarímbaro (0.8, 1.1 y 3.5%, respectivamente); (Tabla 2 y Gráfica 1). Por su parte, Cuitzeo y Pátzcuaro tenían un crecimiento cercano a cero (0.2 y 0.6%, respectivamente) y 13 municipios más, entre los cuales se encontraban varios de la ribera del lago, tenían tasas de crecimiento negativo; Morelos y Chucándiro reportaban las tasas más bajas (entre -3.4% y -3.9%, respectivamente). Lo anterior parece indicar que la cuenca ofrece condiciones cada vez menos apropiadas para el desarrollo de actividades productivas que permitan arraigar a su población, y ello se deriva del deterioro y degradación de sus recursos naturales (agua, suelo y cobertura vegetal).

En la cuenca del lago de Cuitzeo 29.5% de la población total tiene menos de 15 años, 60.3% tiene edades comprendidas entre 15 y 64 años, y 6.7% tiene 65 o más años de edad. En los municipios con las tasas de crecimiento demográfico más bajas o negativas las proporciones relativas de la población de 65 y más años tienden a incrementarse. Las de los otros dos grupos, especialmente el de la población en edades productivas, se reducen, lo cual también refleja indirectamente el carácter expulsor de población de estos municipios. Lo contrario ocurre con Morelia y Charo, que presentan las proporciones más altas de población en edad productiva (61.9% en ambos casos); (Tabla 2).

### Población Urbana y Rural

En la Tabla 3 y el Mapa 3.2 se presentan las localidades urbanas existentes en la zona de estudio. En 2005, la principal localidad urbana es Morelia (608 mil

### 3 CARACTERÍSTICAS SOCIOECONÓMICAS

habitantes); a ella le siguen Acámbaro, Pátzcuaro y Salvatierra, con población entre 36 mil y 55 mil habitantes, las cuales se ubican en los municipios limítrofes de la cuenca. En total, la población urbana de estas cuatro localidades rebasa los 750 mil habitantes y representa el 61.9% de su población total (Tabla 4).

La población mixta urbana (10,000 a 14,999 habitantes) se concentra en dos localidades de los municipios de Zinapécuaro y Morelia; que en conjunto suman 27,643 hab (2.3% de la población total). La población mixta rural (5,000 a 9,999 hab) la conforman 10 localidades que reúnen a 72,252 personas (6% de la población) y finalmente, la población rural (localidades de menos de 5 mil hab) es de 362,664 personas (29.8% de la población total de la cuenca); (Tabla 4 y Mapa 3.2).

En el área de estudio se presenta un desequilibrio en el sistema de localidades, el cual tiene un carácter macrocefálico por el enorme peso de la ciudad de Morelia y su tamaño respecto a las demás localidades de la cuenca, lo que la convierte en la concentración de población más grande del estado de Michoacán. El resto de las ciudades se ubican fuera de la cuenca, y de ahí hay un gran salto hasta llegar a sólo dos localidades mixtas urbanas, para descender al nivel rural o mixto rural que representa 35.8% de la población (Tabla 4 y Mapa 3.2). Esta situación, en términos de la presión de la población urbana sobre los recursos hídricos (consumo y contaminación), en especial los del Río Grande de Morelia, es particularmente importante.

Existen varios municipios de la cuenca cuya población es completamente rural. En otros casos muy comunes en el área ribereña al lago, el 100% de la población se ubica en localidades rurales y mixtas rurales, salvo en el municipio de Zinapécuaro, cuya cabecera es una localidad mixta urbana. De los restantes, Morelia y Pátzcuaro tienen una población predominantemente urbana (de 64 a 88.8% de la total de cada municipio), mientras que Salvatierra y Acámbaro se encuentran en una situación intermedia, pues su población urbana representa del 39 al 54% de la total municipal (Tabla 4).

#### Población Económicamente Activa y Estructura Ocupacional

En 2000, la población económicamente activa (PEA) ocupada es de 374,030 habitantes y representa 32.2% de la población total de la cuenca. Morelia, por sí sola concentra 230,201 trabajadores (61.6% de la PEA ocupada total) y

Tabla 3. Localidades urbanas de la cuenca del lago de Cuitzeo, 2005.

Localidad	Número de habitantes
Morelia	608,049
Acámbaro	55,082
Pátzcuaro	51,124
Salvatierra	36,306
<b>Total</b>	<b>750,561</b>

Fuente: INEGI, 2006b.

Tabla 4. Estructura de la población urbana y rural en los municipios de la cuenca del lago de Cuitzeo, 2005.

Municipio	Total población	Rural %	Mixta rural %	Mixta urbana %	Urbana %
<b>Guanajuato</b>	<b>4,893,812</b>	<b>34.4</b>	<b>2.7</b>	<b>2.0</b>	<b>60.9</b>
<b>Michoacán</b>	<b>3,966,073</b>	<b>40.5</b>	<b>7.8</b>	<b>4.6</b>	<b>47.1</b>
Acámbaro	101,762	39.9	6.0	0.0	54.1
Salvatierra	92,411	55.0	15.7	0.0	39.3
Acuitzio	10,052	40.8	59.2	0.0	0.0
Álvaro Obregón	18,696	57.4	42.6	0.0	0.0
Copándaro	8,131	100.0	0.0	0.0	0.0
Cuitzeo	26,213	63.2	36.8	0.0	0.0
Charo	19,417	100.0	0.0	0.0	0.0
Chucándiro	5,516	100.0	0.0	0.0	0.0
Huandacareo	11,053	42.1	57.9	0.0	0.0
Huiramba	7,369	100.0	0.0	0.0	0.0
Indaparapeo	15,134	56.8	43.2	0.0	0.0
Lagunillas	4,828	100.0	0.0	0.0	0.0
Morelia	684,145	9.3	0.0	1.9	88.8
Morelos	8,525	100.0	0.0	0.0	0.0
Pátzcuaro	79,868	36.0	0.0	0.0	64.0
Queréndaro	12,474	32.4	67.6	0.0	0.0
Santa Ana Maya	11,925	44.1	55.9	0.0	0.0
Tarímbaro	51,479	100.0	0.0	0.0	0.0
Zinapécuaro	44,122	66.7	0.0	33.3	0.0
<b>Total cuenca</b>	<b>1,213,120</b>	<b>29.8</b>	<b>6.0</b>	<b>2.3</b>	<b>61.9</b>

Fuente: INEGI, 2006b.

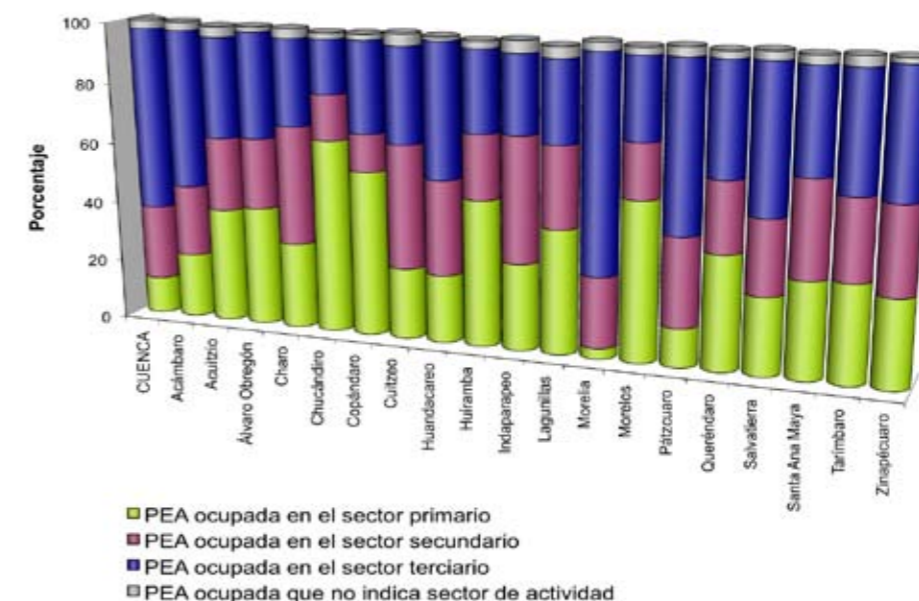
otros cuatro municipios aglutinan a 91,076 trabajadores (24.3% de la misma). Finalmente, en el resto de los municipios, la mayoría ribereños al lago, se distribuye 14.1% de la PEA ocupada de la cuenca (Tabla 5).

Los municipios de Pátzcuaro y Morelia, tienen porcentajes de PEA superiores a la media de la cuenca. De los que son netamente rurales, sólo Charo se acerca a dicho valor. Por el contrario, Chucándiro, Copándaro y Morelos presentan las proporciones de PEA más bajas (de 19 a 21.9%), lo cual podría explicarse por un proceso de emigración de la población en edad productiva fuera de la cuenca, al no ofrecer ésta condiciones adecuadas para el sustento y arraigo de la población (INEGI, 2001b).

**Tabla 5. PEA ocupada por sectores de actividad en la cuenca del lago de Cuitzeo, 2000.**

Municipio	PEAo	% PEAo primaria	% PEAo secundaria	% PEAo terciaria	% PEAo No esp.
<b>Guanajuato</b>	<b>1,460,194</b>	<b>13.2</b>	<b>36.4</b>	<b>47.3</b>	<b>3.1</b>
<b>Michoacán</b>	<b>1,226,606</b>	<b>23.7</b>	<b>24.9</b>	<b>48.8</b>	<b>2.6</b>
Acámbaro	30,357	21.4	23.6	52.3	2.8
Salvatierra	22,791	25.5	24.4	47.3	2.9
Acuitzio	2,811	38.2	24.6	33.7	3.5
Álvaro Obregón	4,614	39.6	23.6	35.1	1.7
Copándaro de Galeana	1,812	55.1	12.6	30.3	2.0
Cuitzeo	7,026	23.6	41.1	31.4	4.0
Charo	5,967	28.5	39.6	28.8	3.1
Chucándiro	1,381	64.7	15.3	18.0	2.0
Huandacareo	3,177	22.6	31.6	44.5	1.3
Huiramba	1,661	49.0	21.6	27.0	2.5
Indaparapeo	3,981	28.7	41.5	25.7	4.1
Lagunillas	1,162	41.7	27.3	27.2	3.8
Morelia	230,201	3.5	23.4	70.4	2.8
Morelos	2,366	52.8	18.1	26.6	2.5
Pátzcuaro	25,328	12.8	29.2	54.9	3.1
Queréndaro	3,557	37.8	23.2	36.6	2.4
Santa Ana Maya	3,341	31.9	31.6	33.6	2.9
Tarímbaro	9,897	32.2	26.4	38.0	3.4
Zinapécuaro	12,600	28.9	28.5	40.7	1.8
<b>Total cuenca</b>	<b>374,030</b>	<b>12.1</b>	<b>24.5</b>	<b>60.2</b>	<b>2.8</b>

PEAo: Población económicamente activa ocupada; No esp.: No especificada. Fuente: INEGI, 2001b.



**Gráfica 2. Población económicamente activa ocupada por sector de actividad, 2000.**

Del total de la PEA ocupada en la cuenca en 2000, 12.1% labora en el sector primario, 24.9% en el secundario y 60.2% en el terciario (Tabla 5 y Gráfica 2). Lo anterior refleja la estructura mayoritariamente terciaria de la economía con base en el empleo, como resultado del peso específico sobre la actividad de la cuenca que tiene la ciudad de Morelia; este sector es seguido por el secundario en importancia. Ambos, aglutinan al 85% de la población ocupada en la región, mientras que el sector primario tiene un peso marginal, situación que tenderá a agudizarse en el futuro por la emigración rural.

Entre los municipios con un sector primario muy significativo (65 a 42% de la PEA ocupada total del municipio) destacan Chucándiro, Copándaro, Morelos, Huiramba y Lagunillas, que se ubican en el área ribereña al lago de Cuitzeo y en el extremo sureste de la cuenca. La mayor parte de los municipios tienen sectores primarios cuya PEA ocupada oscila entre 21 y 38% de la total (Tabla 5 y Gráfica 2).

Los municipios que destacan por su PEA ocupada en el sector secundario son Indaparapeo, Cuitzeo y Charo, la cual varía entre 41.5 y 39.6%. Cabe destacar el peso que dicho sector tiene en varios municipios ribereños al lago, por basar su actividad productiva en el aprovechamiento de algunos recursos naturales, como el tule y el carrizo, y su transformación mediante la actividad artesanal tradicional.

Finalmente, el peso del sector terciario se concentra en los municipios mayor urbanización de la cuenca, entre los que sobresale el de Morelia, con más del 70% de su población en actividades terciarias, y los de Zinapécuaro, Huandacareo, Salvatierra, Acámbaro y Pátzcuaro, con proporciones de PEA ocupada en el sector terciario entre 41 y 55% de la PEA ocupada total.

A nivel municipal, Chucándiro, Copándaro y Morelos presentaban en el año 2000 una estructura sectorial vinculada de manera relevante a las actividades primarias, donde la PEA agropecuaria superaba el 50%, mientras en Huiramba, Lagunillas, Álvaro Obregón, Acuitzio y Queréndaro era aún mayoritaria sobre otros sectores de actividad (Tabla 5 y Gráfica 2). Ello demuestra la importancia que todavía tienen la agricultura y la ganadería en numerosos municipios de la cuenca, aunque debido al peso demográfico de Morelia en el total regional, parezca que el empleo en actividades primarias sea escasamente relevante en el conjunto de la región, donde predominan las actividades terciarias, al igual que sucede a nivel nacional.

#### **Grado de Marginación por Localidad, 2000**

La marginación por localidad muestra una situación diferente que a nivel estatal: existe un mayor contraste con localidades de muy alta y muy baja (Mapa 3.2). El único tipo de localidades que alcanzan una muy alta y alta marginación son las rurales con menos de 5 mil residentes (Tabla 6), sugiriendo una correlación entre marginación y pequeños asentamientos dedicados a actividades agropecuarias.

Destaca la presencia de 12 localidades rurales que ostentan una marginación muy baja; que se ubican, primordialmente, en la proximidad de localidades más grandes, principalmente urbanas.

Esta visión de la marginación a nivel localidad ofrece un panorama bastante diferente a la escala municipal, dado que numerosas localidades de muy alta marginación se ubican, de manera destacada, en el municipio de Morelia, catalogado como de muy baja marginación. En general, las localidades de muy alta marginación se localizan en las áreas montañosas del sur de la cuenca, bordeando su límite, aunque también en la porción noroccidental del municipio

de Morelia, en la proximidad con los municipios de Santa Ana Maya y Salvatierra, y al sur de la localidad de Acámbaro (Mapa 3.2).

Si bien numéricamente las localidades con marginación alta y muy alta dominan dentro de la cuenca (583 de 853, 68.4%), la situación se invierte si se considera la población residente, dado que únicamente 16% (185 mil de 1,160 mil pobladores) se asienta en localidades de alta y muy alta marginación. Ello debe ser considerado con cautela, dada la importante concentración de población en la localidad de Morelia (47.4% en 2000); (Tablas 5 y 6), lo que nuevamente podría estar ocultando la existencia de importantes diferencias al interior de esta localidad en términos de marginación. No obstante, es obvio el atractivo que ejerce la ciudad de Morelia a migrantes rurales, dado que su población se incrementó en 95,880 habitantes entre 1995 y 2005, mientras la cuenca únicamente creció en 92,278 personas, contribuyendo así Morelia a contrarrestar el despoblamiento experimentado por los asentamientos rurales de la misma.

En conclusión, si bien la marginación a nivel municipal muestra un panorama más o menos positivo, su análisis a nivel localidad muestra de manera más clara las disparidades en los niveles de bienestar socioeconómico de la población. En relación con ello, la asignación de recursos públicos para el combate a la pobreza a partir del índice de marginación municipal puede llevar a una asignación inadecuada, pues, como se ha señalado, es precisamente en el municipio de Morelia donde se dan los mayores contratos en cuanto a marginación a nivel municipal y por localidad. Dicha situación se repite asimismo en los municipios de Acámbaro, Pátzacuaro y Salvatierra (Tabla 7), que si bien a escala municipal presentan un bajo grado de marginación se caracterizan por tener numerosos residentes en localidades con rangos de alta y muy alta.

También es importante hacer énfasis en las relaciones que existen entre los grados de marginación, las tasas de crecimiento demográfico, el carácter de mayor o menor nivel de urbanización de las localidades y su sector de actividad preponderante, en la comprensión integral de los procesos demográficos y de bienestar socioeconómico de la población de la cuenca del lago de Cuitzeo, además de la consiguiente presión sobre los recursos naturales y su estado actual en esta región.



Tabla 6. Marginación a nivel localidad, 2000.

Tipo de localidad	Muy baja	Baja	Media	Alta	Muy alta	Total
	Número de localidades, 2000					
Rural (< 5,000 hab.)	12	37	203	495	88	834
Mixto rural (5,000 - 9,999)		3	9			13
Mixto urbana (10,000 - 14,999)		2				2
Urbana (≥ 15,000)	1	3				4
<b>Total</b>	<b>13</b>	<b>45</b>	<b>212</b>	<b>495</b>	<b>88</b>	<b>853</b>
Población, 2000						
Rural (< 5,000 hab.)	1,747	25,164	152,123	178,414	6,845	359,315
Mixto rural (5,000 - 9,999)		23,435	58,938			87,351
Mixto urbana (10,000 - 14,999)		25,926				25,926
Urbana (≥ 15,000)	549,996	137,575				687,571
<b>Total</b>	<b>551,743</b>	<b>212,100</b>	<b>211,061</b>	<b>178,414</b>	<b>6,845</b>	<b>1,160,163</b>

Nota: El total de localidades y población se refiere, en este caso, al de localidades para las que CONAPO calculó el índice de marginación; Fuente: Elaboración propia a partir de: CONAPO, 2002.

Tabla 7. Habitantes según grado de marginación por localidad, 2000.

Municipio	Marg mun_05	Muy bajo		Bajo		Medio		Alto		Muy alto		Total	
		Num	%	Num	%	Num	%	Num	%	Num	%	Num	%
Acámbaro	Bajo	89	0.01	59,311	5.11	25,511	2.20	24,756	2.13	592	0.05	110,259	9.50
Salvatierra	Bajo			34,860	3.00	44,874	3.87	14,503	1.25	261	0.02	94,498	8.15
Acuitzio	Alto					5,766	0.50	3,618	0.31	528	0.05	9,912	0.85
A. Obregón	Medio			7,944	0.68	6,776	0.58	4,713	0.41			19,433	1.68
Copándaro	Medio					5,907	0.51	3,186	0.27	58	0.00	9,151	0.79
Cuitzeo	Medio			8,824	0.76	6,170	0.53	11,230	0.97			26,224	2.26
Charo	Medio			2,357		10,181	0.88	6,069	0.52	413	0.04	19,020	1.64
Chucándiro	Alto					3,634	0.31	3,781	0.33	48	0.00	7,463	0.64
Huandacareo	Medio			6,700	0.58	1,593	0.14	3,507	0.30			11,800	1.02
Huiramba	Alto			356	0.03	2,866	0.25	3,440	0.30	36	0.00	6,698	0.58
Indaparapeo	Medio			46	0.00	9,282	0.80	6,634	0.57	335	0.03	16,297	1.40
Lagunillas	Medio			2,301	0.20	911	0.08	1,900	0.16			5,112	0.44
Morelia	Muy bajo	550,117	47.42	16,398	1.41	19,476	1.68	30,891	2.66	3,255	0.28	620,137	53.45
Morelos	Medio			2,668	0.23	1,891	0.16	6,263	0.54	92	0.01	10,914	0.94
Pátzcuaro	Bajo			48,890	4.21	8,119	0.70	20,422	1.76	410	0.04	77,841	6.71
Queréndaro	Medio			255	0.02	11,394	0.98	1,570	0.14	115	0.01	13,334	1.15
S. Ana Maya	Medio					10,246	0.88	3,160	0.27	546	0.05	13,952	1.20
Tarímbaro	Medio	1,528	0.13	2,243	0.19	22,649	1.95	12,731	1.10	95	0.01	39,246	3.38
Zinapécuaro	Medio	9	0.00	18,947	1.63	13,815	1.19	16,040	1.38	61	0.01	48,872	4.21

Marg mun\_05: Grado de marginación municipal en 2005; porcentajes calculados a partir del total de residentes en la cuenca (1,160,163 hab). Véase nota al pie 1 de este capítulo. Fuente: Elaboración a partir de: CONAPO, 2002 y 2006.



Fotografía: Brenda Ávila Flores

## Población Económicamente Activa Ocupada Según Nivel de Ingreso

María Teresa Sánchez Salazar  
José María Casado Izquierdo

**E**l Mapa 3.3 muestra la distribución por localidad de los niveles de ingreso de la población económicamente activa como expresión de las condiciones de vida, con el fin de valorar sus posibles nexos con el estado del ambiente.

El nivel de ingresos es un indicador sintético representativo de la calidad de vida de la población y, de manera indirecta, refleja la condición de otros indicadores, tales como: salud, educación, nivel de acceso a servicios y características de la vivienda. Estos dos últimos, junto con el nivel de ingresos, evidencian el grado de urbanización-ruralidad de la población y, por ende, la tendencia a interactuar de manera más directa con los ríos, arroyos y cuerpos de agua de la cuenca, ya sea aprovechando sus recursos o descargando sus vertidos, con el consiguiente impacto ambiental.

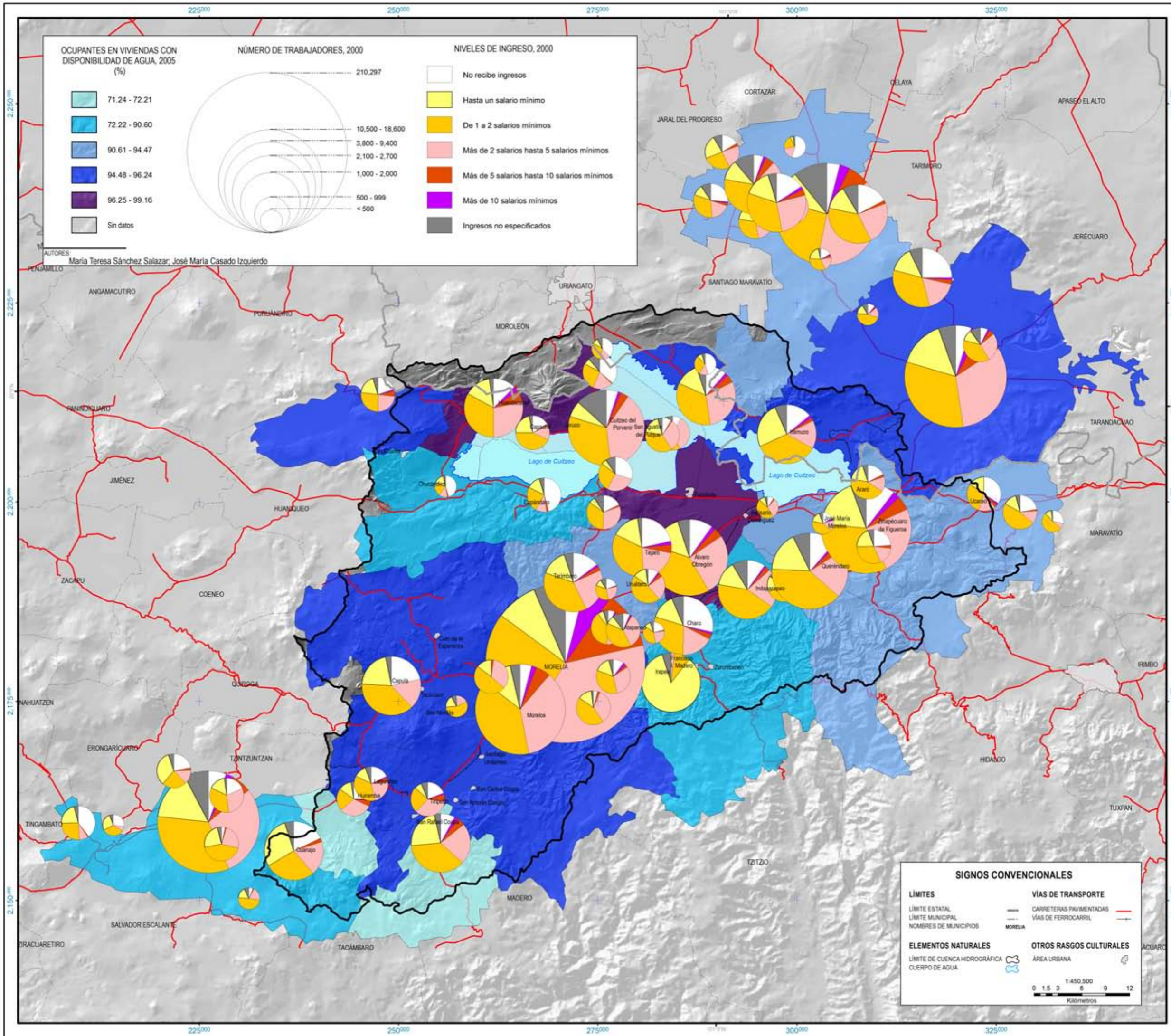
Para este mapa se consideraron como variables más representativas la población económicamente activa (PEA) ocupada por localidad, clasificada en cinco grupos según sus niveles de ingreso (hasta un salario mínimo, de uno a dos salarios mínimos, de dos a cinco y de cinco a diez), más dos grupos complementarios: la PEA ocupada que no recibe ingresos y aquélla que no los especifican. La información estadística de ambas variables se extrajo del XII Censo General de Población y Vivienda 2000 (INEGI, 2001). Como indicador complementario se utilizó el porcentaje de ocupantes en viviendas con disponibilidad de agua de la red pública a nivel municipal para el año 2005, y la fuente de los datos fue el II Censo de Población y Vivienda, 2005 (INEGI, 2006a).

En 2000, la PEA ocupada en la cuenca de Cuitzeo era de 374,030 habitantes y representaba 32.2% de la población total de la misma. La localidad de Morelia, concentraba 210,297 trabajadores ocupados, los cuales representaban el 56.2% de la PEA ocupada total de la cuenca (INEGI, 2001). Detrás de Morelia se encuentran Acámbaro, Pátzcuaro y Salvatierra, cuya PEA ocupada varía entre 18,500 y 10,730 trabajadores, y en conjunto representaba 12.3% de la PEA ocupada regional (*ibid.*). De ella, 9.5% no percibía ingresos y las mayores proporciones de población ocupada se agrupaban en los grupos de uno a dos y de dos a cinco salarios mínimos (29.3 y 31.5% de la PEA ocupada, respectivamente); en contraste, las menores proporciones de ésta se concentraban en los niveles de salario extremos: 11.4% de la misma percibía hasta un salario mínimo, 8.3% de cinco a diez y 3.8% más de diez (*ibid.*).

A nivel municipal, los contrastes en el nivel de ingresos son muy fuertes (Tabla 1). Por ejemplo, en relación con la población que no percibe ingresos, sólo Morelia queda por debajo de la media de la cuenca. En todos los demás, las proporciones de PEA ocupada que no percibe ingresos varían de 12.6 y 62.6%, dependiendo del nivel de ruralidad de los municipios. La no percepción de ingresos en la PEA ocupada va asociada a que en el campo, particularmente en

la agricultura de tipo tradicional, la fuerza de trabajo la constituyen los propios miembros de la familia y no se acostumbra la contratación de peones o personal asalariado que apoye las labores, en virtud de que las parcelas tienden a ser minifundios. En cuatro municipios eminentemente rurales, la proporción de PEA ocupada que no percibe ingresos alcanzaba niveles elevados, del 38.1 al 62.6%: Huiramba, en el extremo suroeste de la cuenca, y Copándaro, Morelos y Chucándiro, en la zona ribereña del lago (Mapa 3.3).

Las proporciones relativas más altas de PEA ocupada que percibía hasta un salario mínimo correspondían a Charo y Acuitzio (de 28.7 a 24.9%). En el mayor número de municipios, la proporción más alta de su PEA ocupada se concentra en el nivel que va de uno a dos salarios mínimos. El único municipio que sobresale por sus porcentajes de PEA ocupada en el nivel de dos a cinco salarios mínimos (superiores a la media de la cuenca) es Morelia, y le siguen Salvatierra y Cuitzeo (este último apenas alcanza 31%, y es el único ribereño al lago en esta situación). Finalmente, en los dos niveles más altos de salarios (de cinco a diez y más de diez salarios mínimos), los únicos que rebasan o se acercan a las proporciones medias de la cuenca son Morelia, seguido de los municipios ribereños de Acámbaro y Salvatierra (Tabla 1; Mapa 3.3).



Mapa 3.3 - Población económicamente activa ocupada según nivel de ingreso por localidad, 2000



### 3 CARACTERÍSTICAS SOCIOECONÓMICAS

A nivel de localidades se aprecia una similitud con las condiciones promedio de la cuenca y las señaladas a nivel municipal. En aquéllas que tienen menor PEA ocupada existe la tendencia de incrementar su proporción de trabajadores que no reciben ingresos, por sus niveles más altos de ruralidad y por la práctica de una agricultura de subsistencia; destacan en particular Cuanajo, San Rafael, Tiripetío, Lagunillas y Huiramba, así como otras localidades ribereñas al lago de Cuitzeo: Copándaro, Chucándiro, Capacho, Téjaro, Zinapécuaro, Araró, Ucareo y Santa María Maya. Asimismo, en la mayor parte de las localidades de la cuenca la condición predominante es la de la PEA ocupada cuyo nivel de ingresos se ubica dentro de los grupos de uno a dos o de dos a cinco salarios mínimos (Mapa 3.3). En contraste, la presencia de mayores proporciones de PEA ocupada en los grupos de salarios más altos -de cinco a diez o más-, coinciden con las localidades con mayores niveles de urbanización: Morelia, Morelos -localidad prácticamente conurbada con esta última- y Acámbaro (*Ibíd.*).

Con relación a los ocupantes en viviendas que disponen de agua de la red pública en 2005, 94.1% de ellos contaban con dicho servicio en la totalidad de la cuenca (INEGI, 2006a). A nivel municipal, nueve municipios presentaban proporciones inferiores a la media regional, en términos de población en viviendas con disponibilidad de agua de la red pública; sobresalen por sus proporciones más bajas los de Huiramba y Acuitzio en el extremo suroeste, con 72.2% en un nivel intermedio (hasta 91%). Sin embargo, aun inferior a la media regional se encuentran Indaparapeo, Charo, Copándaro y Chucándiro, ubicados en la zona ribereña del lago de Cuitzeo y Pátzcuaro, en el extremo suroeste. En los demás municipios de la cuenca -ribera del lago, noreste y centro- la proporción de ocupantes en viviendas con disponibilidad de agua de la red pública supera el 94.4% e inclusive llega a ser del 99%, como en el caso del municipio ribereño de Huandacareo (Mapa 3.3).

En síntesis, el nivel de ingresos de la población ocupada y algunas características de los servicios en la vivienda, como ocupantes con disponibilidad de agua de la red pública, por su relación con el grado de ruralidad o de nivel de urbanización, constituyen indicadores útiles para evaluar los niveles de bienestar de la población y por ende, la correlación entre estas condiciones y la posible interacción de los habitantes de la región con el ambiente. En este sentido, es en el extremo suroeste y en la zona ribereña al lago en donde las localidades ostentan los niveles

más altos de ruralidad, representando las condiciones extremas negativas en cuanto al nivel de ingresos que percibe la PEA ocupada y los niveles más bajos de disponibilidad de agua de la red pública de los habitantes de la región. En contraste, las mejores condiciones para ambos indicadores se revelan en las localidades más urbanizadas del centro y del extremo noreste de la cuenca.



**Tabla 1. PEA ocupada según nivel de ingresos percibidos en la cuenca del lago de Cuitzeo, 2000.**

Municipio	PEA ocupada	Sin ingresos %	< 1 a 1 SM %	1 a 2 SM %	2 a 5 SM %	5 a 10 SM %	> 10 SM %	No esp. %
<b>Guanajuato</b>	<b>1,460,194</b>	<b>7.4</b>	<b>9.0</b>	<b>30.9</b>	<b>35.4</b>	<b>7.0</b>	<b>3.5</b>	<b>6.8</b>
<b>Michoacán</b>	<b>1,226,606</b>	<b>12.2</b>	<b>13.5</b>	<b>31.6</b>	<b>28.3</b>	<b>6.0</b>	<b>2.6</b>	<b>5.8</b>
Acámbaro	30,357	13.6	15.3	32.8	25.1	5.2	2.3	5.7
Salvatierra	22,791	12.6	11.9	29.2	30.8	4.9	2.0	8.6
Acuitzio	2,811	12.3	24.9	38.1	16.6	3.0	1.5	3.6
Álvaro Obregón	4,614	18.4	16.9	37.8	19.7	2.4	1.0	3.9
Copándaro	1,812	40.4	11.3	28.8	13.0	1.0	0.6	5.0
Cuitzeo	7,026	16.0	8.8	32.7	31.0	2.0	0.7	8.8
Charo	5,967	18.0	28.7	28.6	15.1	1.9	0.8	6.9
Chucándiro	1,381	62.6	9.5	15.1	8.0	0.9	0.5	3.5
Huandacareo	3,177	14.4	16.0	35.3	25.2	4.6	2.0	2.6
Huiramba	1,661	38.1	12.9	23.2	18.7	2.9	0.6	3.6
Indaparapeo	3,981	13.2	14.7	43.3	17.1	1.5	0.7	9.6
Lagunillas	1,162	29.6	10.4	35.3	17.2	2.4	0.9	4.2
Morelia	230,201	5.2	9.0	27.1	36.3	11.0	5.2	6.2
Morelos	2,366	48.0	12.1	19.7	12.0	2.5	0.7	5.0
Pátzcuaro	25,328	12.0	17.9	32.1	24.8	4.6	1.9	6.6
Queréndaro	3,557	17.7	16.7	36.2	17.9	2.6	1.5	7.4
Santa Ana Maya	3,341	22.6	12.1	33.0	23.1	2.9	1.1	5.1
Tarímbaro	9,897	18.1	10.4	35.7	24.6	3.5	1.3	6.4
Zinapécuaro	12,600	18.6	18.0	37.0	17.9	2.9	1.4	4.2
<b>Total cuenca</b>	<b>374,030</b>	<b>9.5</b>	<b>11.4</b>	<b>29.3</b>	<b>31.5</b>	<b>8.3</b>	<b>3.8</b>	<b>6.3</b>

PEA: Población económicamente activa; SM: Salarios Mínimos; No esp.: No especificada. Fuente: INEGI, 2001.

### 3.3 POBLACIÓN ECONÓMICAMENTE ACTIVA OCUPADA SEGÚN NIVEL DE INGRESO



Fotografía: Brenda Ávila Flores

## Actividades Económicas

**María Teresa Sánchez Salazar**  
**José María Casado Izquierdo**

Con el análisis del grado de especialización-diversificación económica de los municipios de la cuenca del lago de Cuitzeo se establecen las posibles conexiones con su ambiente. Cuando la economía de un territorio se especializa en actividades “urbanas” (secundarias y terciarias) el impacto potencial sobre el ambiente tiende a ser de mayor intensidad que cuando la actividad económica se diversifica.

El estudio de los niveles de especialización-diversificación de la economía en un determinado ámbito espacial (nacional, estatal, municipal o local) siempre ha desempeñado un papel importante en el análisis económico, aunque las visiones sobre los beneficios y/o desventajas de la especialización frente a la diversificación son variadas.

Dentro de este análisis se entiende como orientación sectorial de la economía a las subdivisiones que dominan al interior de la estructura económica, predominio que es expresado, en este caso, a través de una tipología que permite caracterizar a las diferentes unidades de análisis (municipios) como especializadas o diversificadas (Palacio-Prieto *et al.*, 2004).

Obviamente, la apertura sectorial-ramal de la estructura económica depende de los objetivos de la investigación, adoptándose aquí la clásica apertura en tres grandes sectores económicos: primario, secundario y terciario. El criterio fundamental para determinar la concentración de cierto sector económico y, por consiguiente, la orientación sectorial, fue el del valor monetario generado.

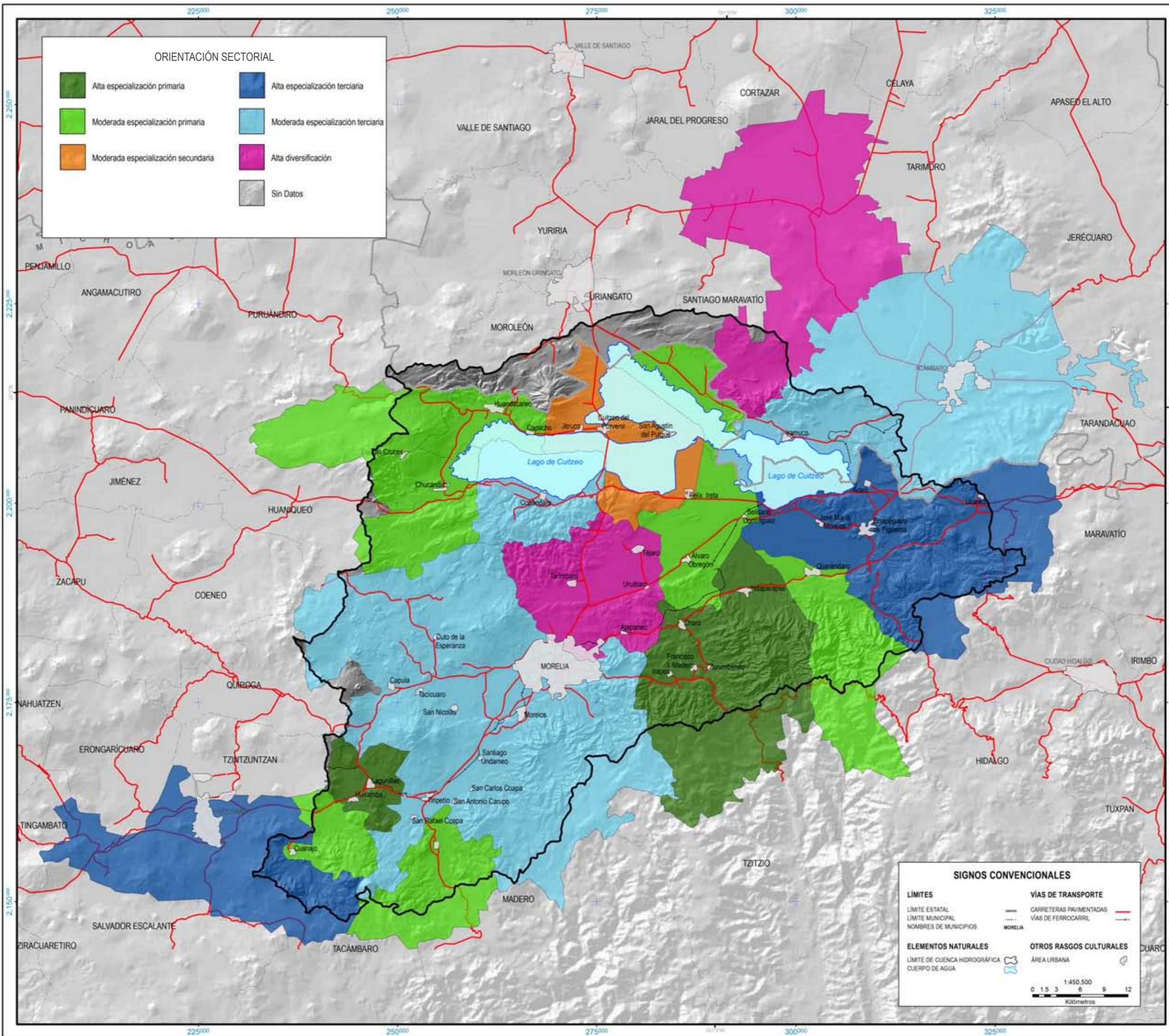
Así, para establecer la importancia de las actividades primarias se consideró la suma de los valores de la producción agrícola, la ganadera y la actividad forestal, así como la producción bruta total del sector pesquero, tomando para los primeros las cifras reportadas en los Anuarios Estadísticos (INEGI, 2006a y 2006b) y para la segunda los datos publicados en los Censos Económicos 2004 (INEGI, 2005). La magnitud de las actividades secundarias resulta de la suma de la producción bruta total reportada para la minería (sector 21), el sector electricidad, agua y suministro de gas (sector 22) y las industrias manufactureras (sector 31-33) reportadas en los Censos Económicos 2004. Finalmente, la trascendencia de las actividades terciarias se midió a partir de la suma de la producción bruta total de los sectores 43 a 81 expresada en los mismos censos. Dichos sectores comprenden el comercio al por mayor y al por menor (43 y 46), transportes, correos y almacenamiento (48 y 49), información en medios masivos (51), servicios financieros y de seguros (52), servicios inmobiliarios (53), servicios profesionales (54), dirección de corporativos y empresas (55), servicios de apoyo a los negocios (56), servicios educativos (61), servicios de salud (62),

servicios culturales y recreativos (71), servicios de alojamiento y restauración (72) y otros, excepto actividades de gobierno (81).

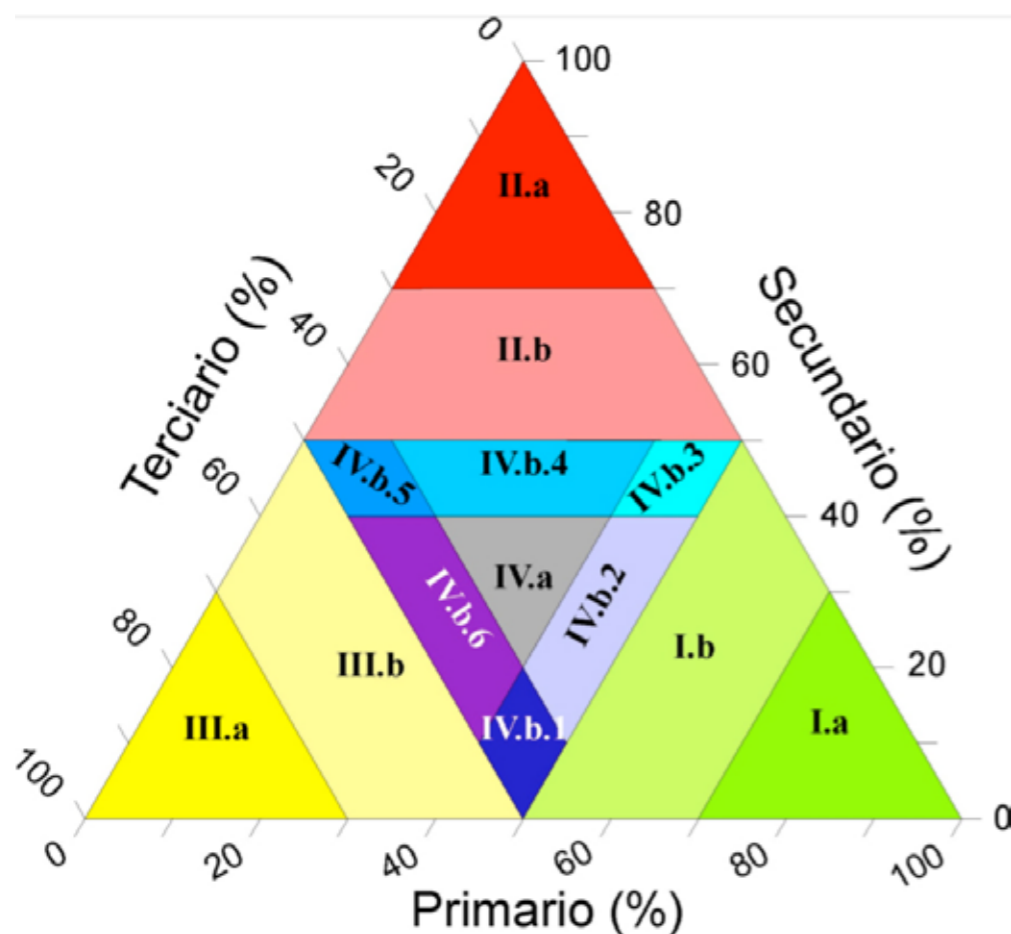
La concentración de un determinado sector económico en un municipio específico se define como el porcentaje que representa respecto de la suma de los tres sectores económicos. A su vez, el procedimiento metodológico empleado en la determinación de la orientación sectorial de las economías municipales se basa en la utilización del diagrama de coordenadas triangulares, fijándose a su interior los límites cuantitativos y los cualitativos señalados en la Figura 1. Finalmente, la representación cartográfica de los resultados obtenidos se expresa mediante fondo cualitativo en el Mapa 3.4.

En la Tabla 1 se muestran los valores absolutos obtenidos por los tres grandes sectores de actividad, así como la orientación económica que su proporción relativa representa en cada municipio.

La primera lectura de dicho cuadro pone de manifiesto la importancia de las actividades primarias en la cuenca: 11 de 19 municipios presentan alta o moderada especialización en estas actividades. Charo y Lagunillas, de alta especialización primaria, se caracterizan por la ausencia de localidades mayores de 5 mil habitantes en 2005, por lo que pueden catalogarse como municipios netamente rurales. En el caso del municipio de Indaparapeo, su alta



Mapa 3.4 - Orientación sectorial de la economía municipal, 2003-2005



- I.a: Alta especialización primaria**
- I.b: Moderada especialización primaria**
- II.a: Alta especialización secundaria**
- II.b: Moderada especialización secundaria**
- III.a: Alta especialización terciaria**
- III.b: Moderada especialización terciaria**
- IV.a: Alta diversificación**
- IV.b.1: Moderada diversificación con predominio primario/terciario**
- IV.b.2: Moderada diversificación con predominio primario**
- IV.b.3: Moderada diversificación con predominio primario/secundario**
- IV.b.4: Moderada diversificación con predominio secundario**
- IV.b.5: Moderada diversificación con predominio secundario/terciario**
- IV.b.6: Moderada diversificación con predominio terciario**

Fuente: Palacio et al., 2004.

**Figura 1. Diagrama de coordenadas triangulares.**

especialización primaria coexiste, al menos, con una localidad mixta rural, la cabecera municipal del mismo nombre, lo que sugiere una cierta concentración de la población y de los servicios para las actividades agropecuarias en dicha cabecera. Charo e Indaparapeo se encuentran próximos a la ribera del lago de Cuitzeo, en tanto que Lagunillas se localiza hacia el extremo suroeste de la cuenca. Se trata de municipios altamente especializados en actividades primarias de escasa importancia en términos demográficos. Sin embargo, mientras que en el caso de Charo, y sobre todo de Lagunillas, la importancia de las actividades primarias se deriva del significativo valor de la producción ganadera (en el caso de Lagunillas por el valor de la producción avícola), en Indaparapeo el subsector primario más relevante es la agricultura, por la importante presencia de cultivos de riego. En los tres municipios señalados, el valor de la producción primaria representa más del 70% de la producción bruta total del municipio, lo que habla del dominio absoluto de las actividades primarias en términos de su importancia económica. Mención especial merece el hecho de que los tres ostenten una marginación media, lo que demuestra la no correlación automática entre el predominio de actividades primarias y una alta marginación, al menos en la escala municipal de análisis.

Por su parte, ocho municipios presentan una moderada especialización primaria: Acuitzio, Álvaro Obregón, Chucándiro, Huandacareo, Huiramba, Morelos, Queréndaro y Santa Ana Maya; éstos son contiguos entre sí y con los municipios de alta especialización primaria; se localizan tanto en la parte central de la cuenca próximos o en la ribera del lago, como en el extremo suroccidental (Mapa 3.4). En estos municipios, sobre todo en Huandacareo, son nuevamente las actividades ganaderas las que generan el mayor valor de la producción dentro de las actividades primarias, con excepción de Queréndaro y Álvaro Obregón. Se trata de municipios donde de nuevo predomina, en general, la población en localidades rurales de menos de 5 mil habitantes y que exhiben grados de marginación medio y alto, éste último sobre todo es predominante en los municipios de Huiramba y Acuitzio, en el extremo suroccidental.

El municipio de Cuitzeo es el único de toda la cuenca con cierto grado de especialización secundaria, en este caso moderada. El subsector que explica la importancia económica de las actividades secundarias es la fabricación de telas que, de acuerdo con los Censos Económicos 2004, generó una producción bruta total de 179 millones de pesos para ese año. Pese a la importancia en

términos de valor económico de esta actividad, debe señalarse el escaso empleo generado por la misma, con únicamente 323 trabajadores implicados en la fabricación de telas; ya que suele ser habitual que el creciente proceso de mecanización y automatización de la industria manufacturera, en este caso la textil, tienda a generar altos valores de la producción pero escasos empleos, sobre todo si se compara con las actividades terciarias.

Los municipios con alta especialización terciaria son Pátzcuaro y Zinapécuaro, dominando en ambos casos los servicios sobre el comercio en términos de producción bruta. Sin embargo, si se explora al interior del sector terciario, se observa una diferenciación notable en cuanto a los sectores predominantes: en Pátzcuaro, el subsector que encabeza las actividades terciarias es el comercio al por menor con 219 millones de pesos (28.7% de las actividades terciarias), mientras que en Zinapécuaro es el de transportes, correos y almacenamiento el que concentra, con 158 millones de pesos (53.55%), la mayor producción bruta del sector terciario.

Con una moderada especialización terciaria se destacan los municipios de Acámbaro y Copándaro, encabezada por el comercio al por menor con 311 y casi 5 millones de pesos (36.02 y 25.28% de la producción bruta de las actividades terciarias, respectivamente), mientras que en Morelia, el subsector terciario predominante corresponde a los servicios financieros y de seguros con 7,510 millones de pesos (27.46%).

Por último, y con una alta diversificación, sobresalen los municipios de Salvatierra y Tarímbaro, donde se impone un equilibrio entre los tres grandes grupos de actividades.

En conclusión, en la cuenca del lago de Cuitzeo predomina, considerando el número de municipios, la especialización alta o moderada en actividades primarias (11 de 19 municipios), seguida por una alta o moderada especialización en actividades terciarias (cinco municipios), y un solo municipio presenta una moderada especialización en actividades secundarias y dos de ellos mantienen una actividad económica más diversificada. Sin embargo, es importante resaltar que en esta región destaca en extremo la concentración de la actividad económica en Morelia, en términos de producción bruta total, pues mientras

que dicho municipio concentra el 42.43% de la población de la cuenca, aglutina el 86.66% de la producción bruta generada (Tabla 1). Esto habla de la existencia de una macrocefalia no únicamente demográfica, sino principalmente económica al interior de dicha cuenca, lo cual a su vez se refleja en la intensidad de los efectos negativos que dicha población y su economía producen sobre el ambiente de esta región, por encima de los que provoca el resto de los municipios que la conforman.



**Tabla 1. Producción bruta por sector de actividad y orientación económica.**

Municipio	PobTot05 (hab)	PBTPrim (mill. pesos)	PBTSec (mill. pesos)	PBTterc (mill. pesos)	PBTTot (mill. pesos)	OSEM	
Acámbaro	112,450	427	209	865	1,501	III.b	Moderada especialización terciaria
Salvatierra	97,599	505	591	592	1,688	IV.a	Alta diversificación
Acuitzio	9,254	54	16	28	98	I.b	Moderada especialización primaria
Álvaro Obregón	19,858	110	12	76	198	I.b	Moderada especialización primaria
Copándaro	9,132	13	3	19	34	III.b	Moderada especialización terciaria
Cuitzeo	25,042	26	195	65	286	II.b	Moderada especialización secundaria
Charo	16,213	95	11	9	116	I.a	Alta especialización primaria
Chucándiro	8,201	12	3	6	21	I.b	Moderada especialización primaria
Huandacareo	13,189	123	27	57	208	I.b	Moderada especialización primaria
Huiramba	6,030	17	2	11	31	I.b	Moderada especialización primaria
Indaparapeo	14,750	89	17	16	122	I.a	Alta especialización primaria
Lagunillas	5,016	109	6	15	130	I.a	Alta especialización primaria
Morelia	492,901	349	14,270	27,354	41,973	III.b	Moderada especialización terciaria
Morelos	12,388	44	6	14	64	I.b	Moderada especialización primaria
Pátzcuaro	66,736	53	175	766	994	III.a	Alta especialización terciaria
Queréndaro	12,742	54	6	25	85	I.b	Moderada especialización primaria
Sta. Ana Maya	15,110	63	9	20	92	I.b	Moderada especialización primaria
Tarímbaro	33,871	108	160	135	403	IV.a	Alta diversificación
Zinapécuaro	48,951	63	33	295	392	III.a	Alta especialización terciaria
Total	1,161,792	2,315	15,750	30,369	48,435	III.a	Alta especialización terciaria

Notas: **PobTot05**: Población total, 2005; **PBTPrim**: Producción Bruta Total de las actividades primarias, 2003-2005 (Suma del valor de la producción agrícola, pecuaria y forestal, 2005 y de la producción bruta total de la pesca, 2003); **PBTSec**: Producción Bruta Total de las actividades secundarias, 2003 (Suma de producción bruta total de minería (sector 21), electricidad, agua y suministro de gas (sector 22) e industrias manufactureras (sector 31-33)); **PBTterc**: Producción Bruta Total de las actividades terciarias, 2003 (Suma de la producción bruta total de los sectores 43 a 81); **PBTTot**: Producción Bruta Total del total de actividades económicas, 2003-2005; **OSEM**: Orientación sectorial de la economía municipal. Fuente: INEGI, 2005, 2006a, 2006b.

# Migración

**Clemencia Santos Cerquera**  
**Enrique Pérez Campuzano**

La relación entre población y ambiente puede analizarse desde tres puntos de vista entrelazados. El primero, la emigración debida a causas ambientales, como los desastres; el segundo, las prácticas culturales y la percepción de la degradación ambiental en ciertos espacios como causa de los movimientos de la población; y el tercero: la dinámica demográfica y usos del espacio (Izazola y Marquette, 1999).

Este estudio tiene como premisa que los patrones de movilidad de la población incentivan el cambio de uso del suelo, principalmente cuando se relacionan con un proceso de urbanización. El hecho de que la migración lo estimule (por ejemplo, el caso de Morelia que se analiza adelante), indica que se tiene que tomar como referente para explicarlo. La cuenca del lago de Cuitzeo es una región con una dinámica migratoria caracterizada por la expulsión de la población; sin embargo, al interior presenta patrones diferenciales, algunos municipios con atracción de población y otros con expulsión.

La migración ha sido recurrente en la historia de la humanidad; actualmente se dice que es el desplazamiento, sea éste de carácter temporal o permanente, de un individuo o grupo de ellos de un lugar a otro. En términos operacionales, se utiliza de manera generalizada el cambio de lugar de residencia, como el cruce de un límite político-administrativo. En este sentido, la inmigración es el total de población que llega a un lugar y la emigración es el total de personas que lo dejan. La diferencia entre ambos se denomina como balance neto migratorio, el cual puede ser positivo (mayor número de inmigrantes que de emigrantes) o negativo (mayor número de emigrantes que de inmigrantes). Uno de los aspectos a tomar en cuenta en los análisis sobre la migración es la selectividad del fenómeno (Valdés, 2000). Factores como el sexo, la edad, la preparación académica y la ocupación juegan un rol en la determinación de la movilidad de la población.

En este capítulo se presenta una evaluación de la situación migratoria en la cuenca del lago de Cuitzeo en los años recientes, utilizando los datos del cuestionario ampliado del XII Censo General de Población y Vivienda, 2000, y los datos del II Conteo de Población y Vivienda, 2005. Para el año 2000 se utilizaron los indicadores de inmigración, emigración, balance neto migratorio, escolaridad y ocupación. Para el 2005 solamente se calculó el de inmigración. Se escogieron dichos indicadores por ser representativos de la diferenciación social de la migración, tal y como se expresa arriba. Al provenir de dos métodos diferentes de recolección de datos, los resultados no son comparables entre sí, por lo que se debe tener cuidado al generalizar en el tiempo. Por último, la

movilidad de la población para el periodo 1995-2000 se desagrega de acuerdo al tipo de municipio al cual llegan y del cual salen.

Se establecen tres tipos de municipios:

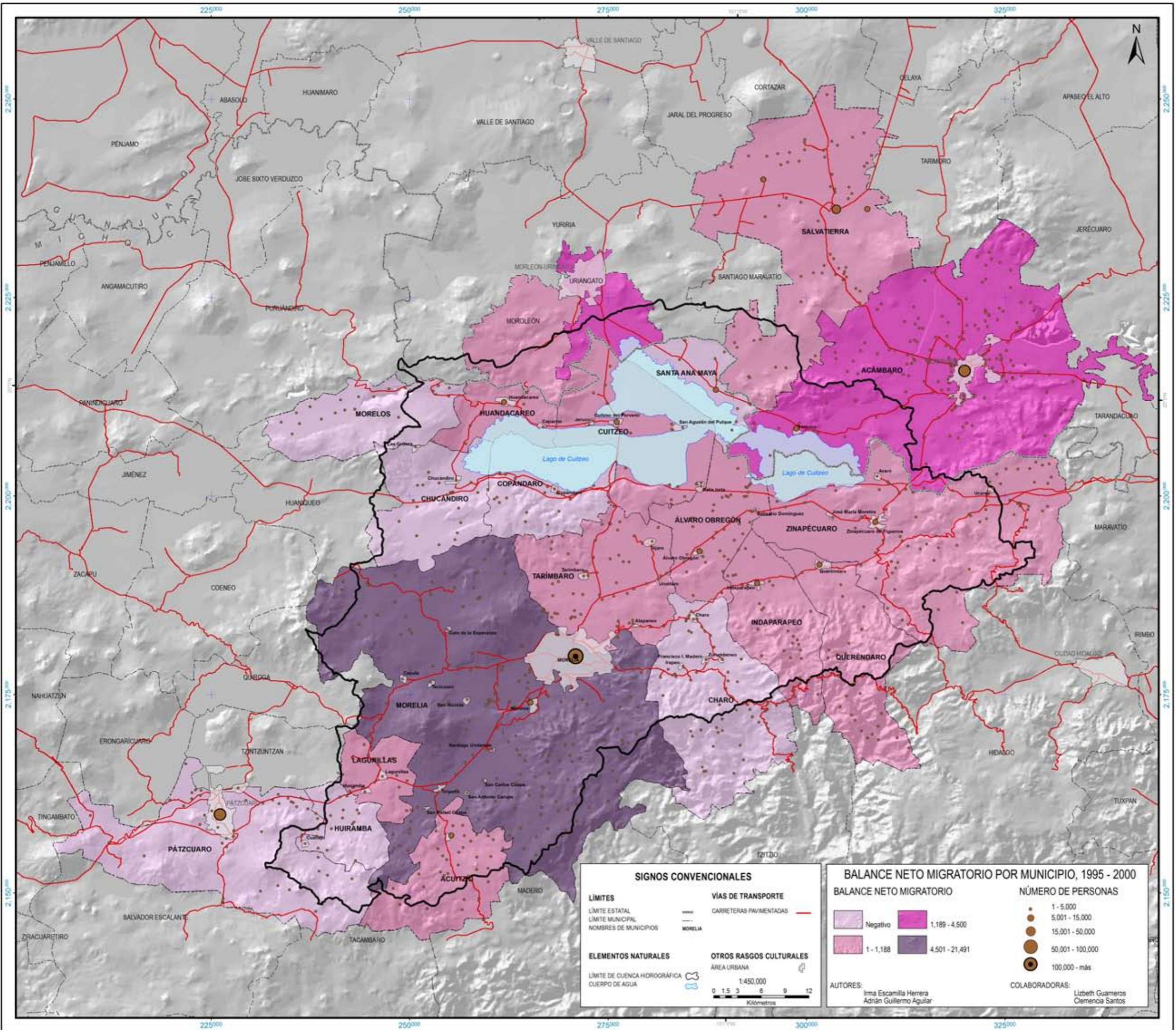
- No urbano: no cuentan con localidades de más de 15 mil habitantes.
- Urbano: cuentan por lo menos con una localidad de más de 15 mil habitantes, pero no son definidos como metropolitanos.
- Metropolitano: se considera la delimitación de zonas metropolitanas elaborada por SEDESOL, INEGI Y CONAPO (2004).

## Situación Migratoria, 1995-2000

### Balance migratorio y lugar de residencia

Entre 1995 y 2000 se produjeron 96,142 movimientos, de los cuales el 33%<sup>1</sup> (31,730 hab) fueron de salida de la cuenca, 60.17% (57,847 hab) de entrada y 6.83% (6,565 hab) de movimientos internos. El balance neto migratorio fue de poco más de 26 mil individuos para la totalidad de la cuenca. Sin embargo,

<sup>1</sup> Como se indicó, los resultados para el periodo 1995-2000 provienen de una muestra. Por lo anterior, es más conveniente poner los porcentajes como principales indicadores más que los absolutos. Estos últimos no reflejan con mayor precisión el fenómeno.





al interior de los municipios existe un comportamiento diferencial. El municipio de Morelia tiene el balance neto migratorio positivo de mayor cuantía (21,491 hab), le siguen Uriangato y Acámbaro con una “ganancia” de población de poco menos de 3 mil individuos. En contraste, Pátzcuaro presentó el balance negativo más pronunciado (-2,544 hab). El resto de los municipios presentan balances cercanos a cero (Tabla 1 y Mapa 3.5a). El hecho de que los municipios metropolitanos tengan los balances netos migratorios positivos indica que el crecimiento demográfico de esas ciudades es más alto que la media de la cuenca, lo que implica cambios de uso del suelo, mayor demanda de recursos como el agua, el incremento del total de residuos sólidos urbanos, entre otros.

Si se toma en cuenta el lugar de residencia, tanto de llegada como de salida, se observa que alrededor del 48% (24,348 hab) de los individuos que llegaron provenían de algún municipio metropolitano<sup>2</sup>, el 30% de municipios urbanos (15,610 hab) y el 20.62% de uno no urbano (Tabla 2). Por otro lado, del total de movimientos de salida, el 58.28% (18,492 hab) tuvieron como punto de llegada un municipio metropolitano, el 31.43% (9,972 hab) uno de carácter urbano y el 10.29% uno no urbano. Este panorama indica que en la región de la cuenca de Cuitzeo los movimientos urbanos y metropolitanos cobran mayor importancia, tal y como sucede en el país<sup>3</sup>.

#### Nivel escolar<sup>4</sup>

Existe un patrón diferenciado de los movimientos de la población según el grado escolar y el lugar del cual lo hacen. Los datos del cuestionario ampliado indicaron que de todos los movimientos de salida, 45% de población contaba con un nivel educativo menor o igual al de secundaria (nivel básico según las actuales directivas educativas en el país). Un porcentaje similar (43.46%) se encuentra en aquellos que llegan a la cuenca. Sin embargo, los movimientos al interior se caracterizan por tener personas con un bajo nivel educativo. El 60% del total de individuos mayores de 18 años que cambiaron de residencia entre 1995 y 2000

<sup>2</sup> Se utilizó la clasificación de SEDESOL, INEGI y CONAPO para delimitar a los municipios metropolitanos. Se definieron como urbanos a aquellos municipios que tuvieron por lo menos una localidad de más de 15 mil habitantes en 2000 y no urbanos a los que no contaban con tal característica.

<sup>3</sup> La movilidad de la población en México ha sufrido un cambio importante: el total de movimientos rural-urbanos son menos numerosos, mientras que los desplazamientos urbanos cobran mayor relevancia (Pérez y Santos, 2006).

<sup>4</sup> Se toma solamente a aquellos individuos con 18 años o más.

contaba con secundaria o menos. En contraste, los que tenían licenciatura o más, aunque son la minoría, representan aproximadamente el 30% del total de los movimientos, salvo en el caso de los internos (Tabla 3). La movilidad de la población según sus características educativas está vinculada tanto al lugar que dejan como al que llegan. En este caso, la emigración y la inmigración en la cuenca se comportan de manera diferente. Mientras que la emigración a municipios metropolitanos presentaba una distribución de 41% de secundaria o menos, 24% de bachillerato y 31% de licenciatura y más, la inmigración que se dirigía hacia las zonas metropolitanas de la cuenca presentaba porcentajes más grandes en la primera y segunda categoría (Tabla 4).

**Tabla 1. Población inmigrante, emigrante y balance neto migratorio, 1995-2000.**

Municipio	Emigración Total (hab)	Inmigración Total (hab)	Balance Neto Migratorio Total (hab)
Acámbaro	2,359	5,172	2,813
Moroleón	1,663	1,946	283
Salvatierra	2,020	2,535	515
Uriangato	478	3,442	2,964
Acuitzio	339	389	50
Álvaro Obregón	194	601	407
Copándaro	190	111	-79
Cuitzeo	233	254	21
Charo	355	322	-33
Chucándiro	163	121	-42
Huandacareo	308	317	9
Huiramba	275	122	-153
Indaparapeo	329	402	73
Lagunillas	81	106	25
Morelia	22,821	44,312	21,491
Morelos	318	149	-169
Pátzcuaro	3,987	1,443	-2,544
Queréndaro	291	316	25
Santa Ana Maya	235	188	-47
Tarímbaro	362	549	187
Zinapécuaro	574	1,259	685
<b>Total Zona de Estudio</b>	<b>38,295</b>	<b>64,412</b>	<b>26,117</b>

Tabla 2. Total de movimientos según municipio de salida y llegada, 1995-2000.

Tipo de Municipio	Emigrantes (hab)	Emigrantes %	Inmigrantes (hab)	Inmigrantes %
Metropolitano	18,492	58.28	24,384	48.39
Urbano	9,972	31.43	15,610	30.98
No Urbano	3,266	10.29	10,392	20.62
<b>Total</b>	<b>31,730</b>	<b>100</b>	<b>50,386</b>	<b>100</b>

Tabla 4. Movimientos de población según nivel educativo de los migrantes y tipo de municipio de residencia en 1995 y 2000.

Emigración de la cuenca %				
Tipo de municipio	Secundaria o menos	Bachillerato	Licenciatura o más	No especificado
Metropolitano	42.60	24.39	32.00	1.00
Urbano	50.02	17.12	32.00	0.84
No Urbano	51.60	14.48	32.08	1.83
<b>Total</b>	<b>45.81</b>	<b>21.13</b>	<b>32.01</b>	<b>1.04</b>
Inmigración a la cuenca %				
Metropolitano	60.55	20.32	17.42	1.69
Urbano	48.88	20.15	29.64	1.33
No Urbano	61.19	14.31	21.36	3.11
<b>Total</b>	<b>57.06</b>	<b>19.05</b>	<b>22.00</b>	<b>1.87</b>

### Ocupación

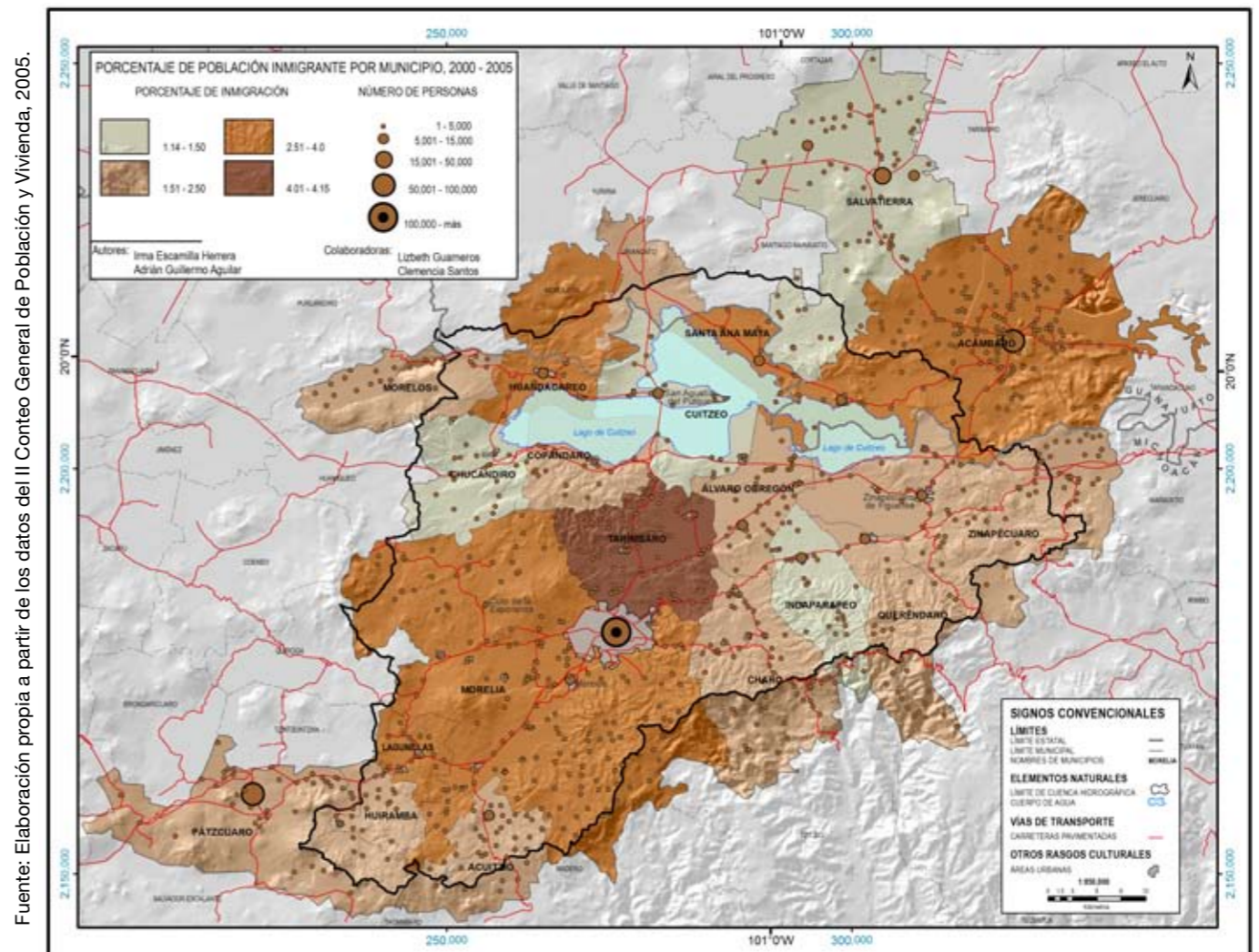
En el análisis ocupacional se utilizaron tres grandes categorías de población: calificada, semicalificada y no calificada. Los resultados indican que la mayor parte de la migración es de población semicalificada. El 51.31% (19,292 hab) del total de los desplazamientos de población económicamente activa ocupada fueron de esta categoría. Al igual que sucede con el nivel educativo, la cuenca presenta un balance migratorio negativo en cuanto a su población calificada. La comparación entre inmigración y

Tabla 3. Movimientos de población según tipo de movimiento y nivel educativo.

Nivel Educativo <sup>1</sup>	Emigración (hab)	Emigración %	Inmigración (hab)	Inmigración %	Movimiento Interno (hab)	Movimiento Interno %
Secundaria o Menos	10,299	45.30	18,021	43.76	3,021	60.30
Bachillerato	4,750	20.90	9,547	23.18	656	13.09
Licenciatura	7,276	32.00	12,427	30.18	1,276	25.47
No Especificado	234	1.00	1,030	2.50	55	1.10

<sup>1</sup> Solamente mayores de 18 años.

Mapa 3.5b - Porcentaje de población inmigrante por municipio, 2000-2005



Fuente: Elaboración propia a partir de los datos del II Censo General de Población y Vivienda, 2005.

### 3 CARACTERÍSTICAS SOCIOECONÓMICAS

**Tabla 5. Migración de población económicamente activa según calificación laboral.**

	Emigración (hab)	Emigración %	Inmigración (hab)	Inmigración %	Movimiento Interno (hab)	Movimiento Interno %
Calificados	4,317	31.17	4,416	20.47	464	18.13
Semi-calificados	6,339	45.78	11,462	53.14	1491	58.24
No calificados	2,983	21.54	5,539	25.68	587	22.93
No especificados	209	1.51	154	0.71	18	0.70
<b>Total</b>	<b>13,848</b>	<b>100</b>	<b>21,571</b>	<b>100</b>	<b>2,560</b>	<b>100</b>

**Tabla 6. Población inmigrante según lugar de residencia, 2000 y 2005.**

Municipio	Población Inmigrante (hab)	% Migrante <sup>1</sup>	% Migrante Nacional <sup>2</sup>	% Migrante Internacional <sup>2</sup>
Acámbaro	2,365	2.59	68.62	31.37
Moroleón	1,076	2.59	76.20	23.79
Salvatierra	1,194	1.43	56.70	43.29
Uriangato	1,154	2.44	77.64	22.35
Acuitzio	155	1.75	63.22	36.77
Copándaro	125	1.71	40	60
Cuitzeo	266	1.14	49.24	50.75
Charo	286	1.63	70.27	29.72
Chucándiro	63	1.25	31.74	68.25
Huandacareo	259	2.56	42.85	57.14
Huiramba	142	2.19	64.08	35.91
Indaparapeo	152	1.13	65.78	34.21
Lagunillas	157	3.6	45.85	54.14
Madero	267	1.93	37.82	62.17
Morelia	21,241	3.61	84.90	15.09
Morelos	170	2.21	31.17	68.82
Pátzcuaro	1,285	1.83	68.56	31.43
Queréndaro	206	1.86	52.42	47.57
Quiroga	343	1.62	35.27	64.72
Santa Ana Maya	303	2.82	49.50	50.49
Tarímbaro	1,759	4.15	84.42	15.57
Tepalcatepec	320	1.61	57.81	42.18
Zinapécuaro	850	2.16	66	34
<b>Total</b>	<b>13,848</b>	<b>100</b>	<b>21,571</b>	<b>100</b>

<sup>1</sup> Respecto del total de la población de 5 años y más.

<sup>2</sup> Respecto del total de la población inmigrante.

emigración de población calificada muestra que el 31.17% (4,317 hab) decidió salir de la cuenca y alrededor del 20.47% (4,416 hab) en esta categoría llegó a ella (Tabla 5).

### Migración 2000-2005

Para el periodo intercensal no existen datos tan desagregados; sin embargo, se hicieron acercamientos a dos variables representativas: cantidad de población que llega y características educativas.

**Tabla 7. Población inmigrante según nivel educativo, 2005.**

Municipio	Total	Secundaria o menos	Bachillerato	Licenciatura o más	Secundaria %	Bachillerato %	Licenciatura %
Acámbaro	2,321	1,785	278	258	76.91	11.98	11.12
Moroleón	1,038	726	171	141	69.94	16.47	13.58
Salvatierra	1,167	916	154	97	78.49	13.20	8.31
Uriangato	1,126	872	160	94	77.44	14.21	8.35
Acuitzio	150	133	9	8	88.67	6.00	5.33
Álvaro Obregón	279	244	27	8	87.46	9.68	2.87
Copándaro	121	106	6	9	87.60	4.96	7.44
Cuitzeo	262	222	25	15	84.73	9.54	5.73
Charo	283	245	26	12	86.57	9.19	4.24
Chucándiro	62	57	4	1	91.94	6.45	1.61
Huandacareo	257	218	29	10	84.82	11.28	3.89
Huiramba	141	110	21	10	78.01	14.89	7.09
Indaparapeo	150	124	17	9	82.67	11.33	6.00
Lagunillas	155	135	14	6	87.10	9.03	3.87
Morelia	20,606	9,949	4,623	6,034	48.28	22.44	29.28
Morelos	167	150	14	3	89.82	8.38	1.80
Pátzcuaro	1,198	772	228	198	64.44	19.03	16.53
Queréndaro	188	149	27	12	79.26	14.36	6.38
Quiroga	336	280	34	22	83.33	10.12	6.55
Santa Ana Maya	282	254	22	6	90.07	7.80	2.13
Tarímbaro	1,701	884	393	424	51.97	23.10	24.93
Zinapécuaro	836	686	104	46	82.06	12.44	5.50
<b>Total</b>	<b>32,826</b>	<b>19,017</b>	<b>6,386</b>	<b>7,423</b>	<b>57.93</b>	<b>19.45</b>	<b>22.61</b>

### Inmigración

Entre 2000 y 2005 se produjeron 34,138 movimientos de llegada, de los cuales el 78% (26,569 hab) provenían de otro estado de la república y el 22% (7,569 hab) de otro país, principalmente de Estados Unidos de Norteamérica.

Como ha sucedido en los periodos más cercanos, el municipio de Morelia ha acaparado la mayor parte de los desplazamientos de ingreso. Del total de entradas, el 62.22% (21,241 hab) tuvieron como destino este municipio (Mapa 3.5b). De éstos, el 42.37% (3,207 hab) provienen de otro país (Mapas 3.5b y 3.5c y Tabla 6). Municipios como Álvaro Obregón, Chucándiro, Copándaro, Madero y Morelos sobresalen por la llegada de personas provenientes de Estados Unidos de Norteamérica, con dos terceras partes de población recibida (Mapa 3.5c).

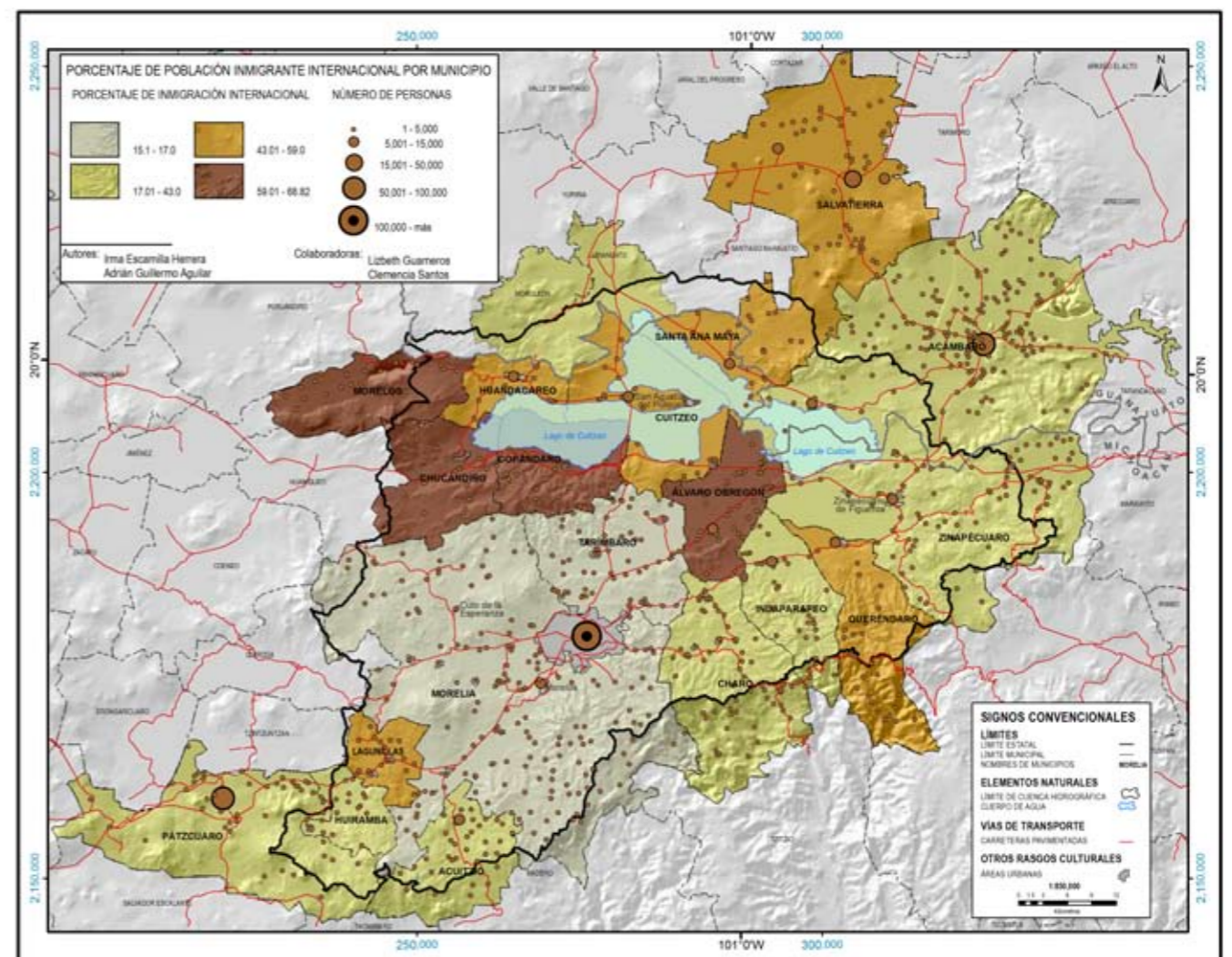
### Nivel escolar

El nivel escolar se caracteriza principalmente por ser bajo. El 57.93% (19,017 hab) que llegaron contaban con secundaria o menos y solamente el 19.45% con licenciatura o más. Morelia y Tarímbaro destacan por tener los mayores porcentajes de población con niveles por encima del bachillerato (Tabla 7).

En conclusión, la relación entre ambiente y movilidad de la población no es lineal. Algunas causas de la migración se encuentran en el deterioro de las condiciones ambientales. Por otro lado, la migración incentiva cierto tipo de modificaciones en estos términos, como sucede al incidir en el crecimiento de las áreas urbanas, también repercute sobre el cambio de uso del suelo, incremento de la demanda de agua y en la cantidad de residuos sólidos urbanos que se generan. En el caso de la cuenca de Cuitzeo, habrá que poner atención en los patrones de crecimiento del área urbana propiciada por el número de nuevos habitantes que llegan a la ciudad de Morelia, así como de los municipios de Uriangato y Acámbaro.



**Mapa 3.5c - Porcentaje de población inmigrante internacional por municipio, 2000-2005**



Fuente: Elaboración a partir de los datos del II Censo General de Población y Vivienda, 2005.

## Sector Pesquero

**María Teresa Sánchez Salazar**  
**José María Casado Izquierdo**

**E**l Mapa 3.6 presenta la importancia económica de la pesca que se desarrolla en la ribera del lago de Cuitzeo, al considerar que se trata de la actividad económica más vulnerable y la más susceptible de ser afectada por los contaminantes que recibe.

Para medir la importancia económica de la pesca regional, se utilizó como variable más importante el Valor Agregado Censal Bruto (VACB) registrado por los Censos Económicos de 1999 y 2003 (INEGI, 2001 y 2005). Otras variables consideradas fueron el volumen de capturas por especie, el número de unidades económicas registradas y el personal ocupado, obtenidas de los archivos de Conapesca de la SAGARPA (2005).

La pesca ha sido una actividad tradicional en la ribera del lago, que data de la época prehispánica (Pompa *et al.*, 1998), y no obstante los problemas que enfrenta, producto del deterioro ambiental de la cuenca y de la competencia por los recursos y el espacio con la agricultura y la ganadería, sigue siendo una actividad importante para algunos de los poblados ribereños del lago.

Los registros de producción pesquera del lago iniciados en 1968, señalan que la actividad estuvo sustentada en la captura del charal, del cual se llegaron a pescar hasta 847 ton en 1979 (SEPESCA, 1990, citado por Pompa *et al.*, 1998). Con base en la evolución de la producción pesquera del lago, Pompa *et al.* diferencian tres etapas: la primera, de 1975 a 1979, de crecimiento en la producción, en la que hubo capturas importantes de charal, mojarra y carpa; la segunda, a partir de 1979, en que bajaron drásticamente las capturas como resultado del desecamiento del lago, hasta alcanzar en 1984 un mínimo de 135 ton; la tercera, cuando la producción se incrementó nuevamente hasta llegar a 3,057 ton en 1992. Este incremento, derivado de la recuperación de las pesquerías, especialmente las de carpa, mojarra y rana toro, fue el resultado de las obras de rehabilitación y conservación del lago emprendidas en 1988, lo cual redundó en la recuperación de la economía de las familias de los pescadores.

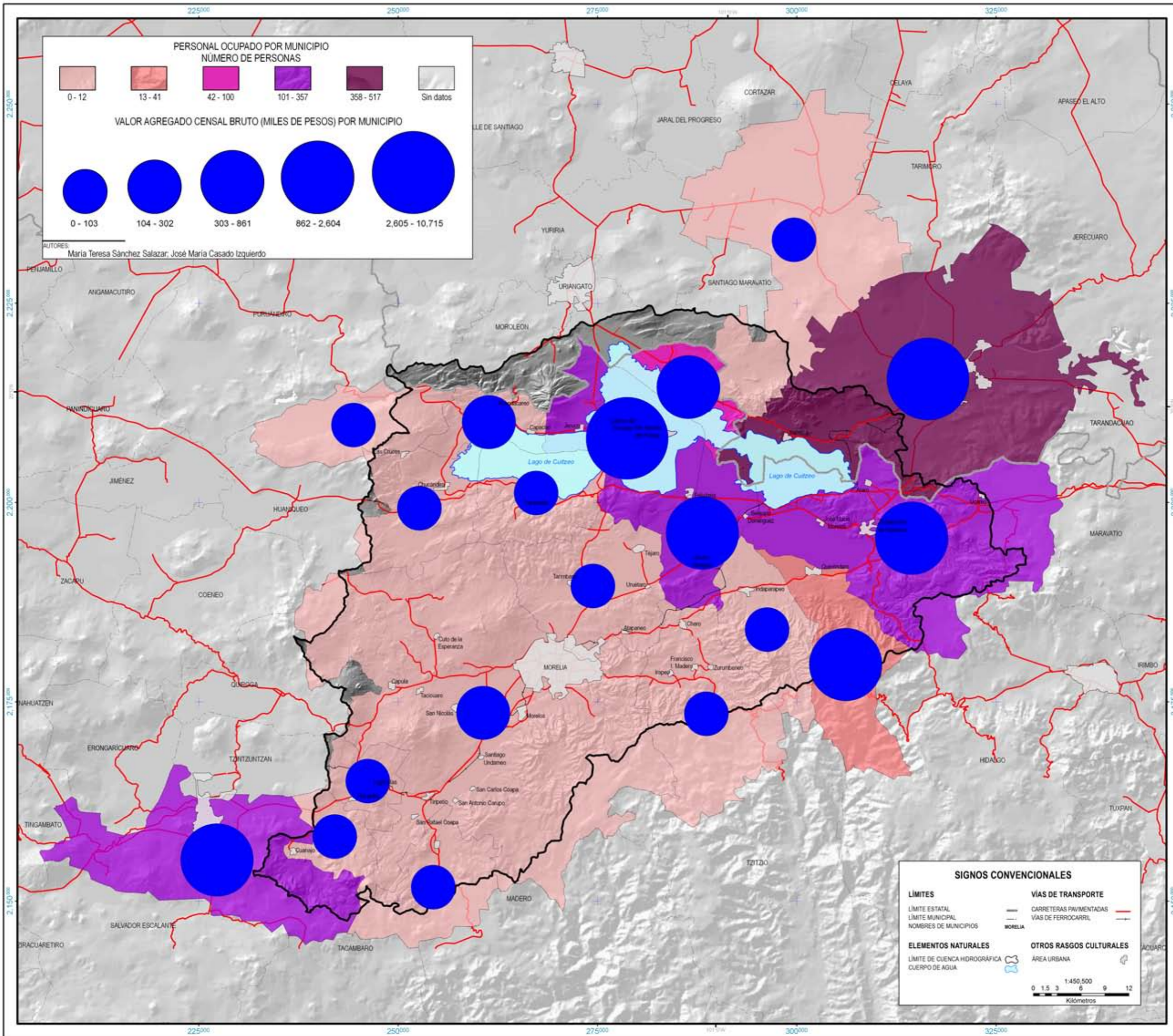
En 2003, el volumen de producción pesquera en el lago de Cuitzeo, registrada por peso desembarcado, fue de 1,075 ton, distribuidas de la siguiente manera: 1,024.3 ton de tilapia, 31.4 ton de charal y 19.3 ton de rana toro (Conapesca y SAGARPA, 2005). Los mayores volúmenes de captura de tilapia se lograron en los meses de marzo, de mayo a julio, y luego descendieron para volver a incrementarse ligeramente en noviembre y diciembre. En el caso del charal, luego de haber tenido volúmenes estables de enero a abril, éstos descendieron en mayo y junio para tener la captura máxima en julio, descender nuevamente hasta octubre, y volver a incrementarse a niveles elevados en noviembre, pero

sobre todo en diciembre (Tabla 1). Por su parte, las capturas de rana toro de septiembre fueron las más altas, y sólo tuvo dos ligeros picos en junio y en noviembre. Las 23 empresas que en 2003 registraron producción pesquera en el lago de Cuitzeo se presentan en la Tabla 2.

En 1999, de acuerdo con los datos registrados en los Censos Económicos del INEGI, en la cuenca del lago de Cuitzeo aparecían censadas 140 unidades económicas dedicadas a la pesca y en 2003 se registraban 45<sup>1</sup> (Tabla 3). Éstas estaban concentradas principalmente en los municipios ribereños de Cuitzeo, Acámbaro y Zinapécuaro, seguidos por Álvaro Obregón y, en menor medida por Santa Ana Maya (Mapa 3.6). Asimismo, el personal ocupado en la pesca en 1999 en la ribera del lago era de 1,246 pescadores, de los cuales, 29.5% se concentraban en Cuitzeo, 23% en Acámbaro, 16.7% en Álvaro Obregón, 15.5% en Zinapécuaro, 9.8% en Santa Ana Maya a pesar de tener sólo cinco unidades económicas pesqueras, y 4.1% en Huandacareo, si bien en Queréndaro se reportan algunos pescadores también en ese año (Tabla 3).

En 2003, el número de pescadores se incrementó a 1,548 y destacan otra vez los municipios ribereños de Acámbaro, Cuitzeo, Zinapécuaro y Álvaro

<sup>1</sup> Estas cantidades no consideraron las unidades económicas registradas en el municipio de Pátzcuaro, 87 en 1999 y 66 unidades en 2003, las cuales realizaban sus actividades pesqueras en la ribera del lago de Pátzcuaro.



Mapa 3.6 - Valor Agregado Censal Bruto en el sector pesquero, 2003

### 3 CARACTERÍSTICAS SOCIOECONÓMICAS

Obregón, los cuales en conjunto reunieron al 89.1% del total de pescadores en la cuenca (1,380), el 10.9% restante pertenecía a los municipios de Queréndaro, Huandacareo, Morelia y Charo (Tabla 3; Mapa 3.6).

En cuanto a la importancia económica del sector pesquero, en 1999 Acámbaro y Zinapécuaro concentraban, respectivamente, 47.5 y 18.8% del VACB total (en conjunto las dos terceras partes del mismo), seguidos por Cuitzeo y Álvaro Obregón (25.5% en conjunto). El resto de los municipios ribereños al lago sumaban el 8.2% restante del VACB de la producción pesquera de ese año.

En 2003, Acámbaro y Cuitzeo ocupaban los primeros lugares con 42.7 y 27% del VACB de la cuenca, respectivamente; le seguían Zinapécuaro, Queréndaro y Álvaro Obregón (24.8% del VACB de la cuenca en conjunto), y cuatro municipios reunían el restante 5.5% (Tabla 3 y Mapa 3.6).

Además de los pescadores, los otros sectores productivos de la ribera del lago son los campesinos y artesanos, y lo más común es que la población activa complementa sus ingresos económicos con varias actividades productivas al mismo tiempo. El sector más importante por los recursos que maneja es el

**Tabla 1. Volumen mensual de la producción pesquera registrado en el lago de Cuitzeo, 2003.**

Meses	Especies (ton de peso desembarcado)			Total
	Charal	Rana toro	Tilapia	
Enero	1.800		23.975	25.775
Febrero	1.500		24.235	25.735
Marzo	1.800		106.470	108.270
Abril	1.550		41.850	43.400
Mayo	0.550		333.335	333.885
Junio	0.600	2.003	121.530	124.133
Julio	9.094	0.240	216.376	225.710
Agosto	0.900		13.483	14.383
Septiembre	0.350	14.000	12.867	27.217
Octubre	0.580	0.480	15.227	16.287
Noviembre	4.150	2.100	54.245	60.495
Diciembre	8.534	0.480	60.690	69.704
<b>Total</b>	<b>31.408</b>	<b>19.303</b>	<b>1,024.283</b>	<b>1,074.994</b>

Fuente: Conapesca, Unidad de Subenlace. SAGARPA. 2005.

campesino, y el más marginal, el pesquero. El sector artesanal utiliza diversos productos del lago; por ejemplo, el tule para elaborar petates y canastos o el carrizo para tejer canastos y cestos (Pompa *et al.*, 1998).

Los productores están organizados en uniones de pescadores y reconocen a la asamblea general como el máximo órgano de gobierno. En 1998, Pompa *et al.* reportaron más de mil familias dedicadas a la pesca debido a que era la

**Tabla 2. Empresas pesqueras que registraron producción, 2003.**

Empresas	Empresas
1. UP La Presa	13. UP Península Mariano Escobedo
2. UP San Lorenzo	14. UP San Isidro
3. UP Mariano Escobedo	15. UP Carrillo Puerto
4. SSCP Angamacutiro, SCL	16. UP Melchor Ocampo
5. UP Santa Clara del Tule	17. UPP Emiliano Zapata
6. UP Presa Malpaís	18. UPP Colonia de Coro
7. UP Francisco I. Madero	19. UP San Nicolás
8. UP El Tecolote	20. UP La Cruz
9. UP San Bartolomé Coro	21. UP Francisco Villa
10. UP Félix Treta	22. UPP San Bernardo
11. UP San Juan	23. UP Estación Queréndaro
12. UP Galeana	

UP: Unidad de producción.  
Fuente: Conapesca, Unidad de Subenlace. SAGARPA. 2005.

**Tabla 3. Características del sector pesquero en la ribera del lago de Cuitzeo, 1999 y 2003.**

Municipio	Unidades económicas		Personal ocupado		VACB (miles de pesos)	
	1999	2003	1999	2003	1999	2003
Acámbaro	s/d	17	287	517	2,809	10,705
Álvaro Obregón	24	6	208	271	705	1 798
Cuitzeo	54	13	367	357	803	6 813
Charo	s/d	-	-	4	-	103
Huandacareo	17	s/d	51	12	116	302
Morelia	-	s/d	-	11	-	170
Queréndaro	s/d	s/d	18	41	64	1,860
Santa Ana Maya	5	s/d	122	100	305	861
Zinapécuaro	40	9	193	235	1,110	2,604
<b>Total cuenca</b>	<b>140</b>	<b>45</b>	<b>1,246</b>	<b>1,548</b>	<b>5,912</b>	<b>25,226</b>

\* VACB = Valor agregado censal bruto; s/d = sin datos por el INEGI; Fuente: INEGI, 2001 y 2005.

actividad a la que se dedicaban sus ancestros. La mayoría de ellas no poseían tierras en la región y las que tenían propiedad, eran terrenos de extensión reducida (2-3 ha) y de baja calidad, de ahí que se dedicaran preferentemente a la pesca. Sin embargo, la Delegación de Michoacán de SEMARNAP en 1999 tenía registrados a 1,359 pescadores, operando 30,635 artes de pesca, entre redes agalleras con diversas aberturas de malla y redes de arrastre. En la ribera del lago en el estado de Guanajuato, 153 pescadores estaban registrados y 181 no contaban con permiso, debido a que su principal arte de pesca era el chinchorro (Hernández-Montaña *et al.*, 2002).

Hasta 1980, los pescadores eran independientes, pero a partir de ese año se inició su proceso de organización en uniones, y un factor que contribuyó a ello fueron los ciclos de desecación y recuperación del lago.

De acuerdo con Hernández-Montaña *et al.* (2002), la organización de los pescadores ha transitado por varias etapas: en la primera (1980-1982), que coincidió con una severa desecación del lago, los pescadores se comenzaron a organizar en uniones para obtener permisos de pesca. Durante la segunda etapa (1983-1987), debido a que el lago se desecó en sus dos terceras partes, los pescadores dejaron de organizarse y emigraron de la región o cambiaron de actividad económica, principalmente hacia el sector servicios, al verse seriamente afectada su economía.

Las etapas tres y cuatro coinciden con el proceso de recuperación del lago. En la tercera (1988-1991) la Oficina Federal de Pesca de Cuitzeo estableció un plan de trabajo para lograr la recuperación del lago, y con ello, la fuente de trabajo del sector pesquero ribereño. Se estableció el compromiso de respetar las vedas de aquellas especies que indicara la entonces Secretaría de Pesca, de utilizar solamente los equipos y artes autorizados y de apoyar los trabajos de rehabilitación del lago. Se construyó un bordo de ocho kilómetros en la ribera norte, entre Mariano Escobedo y San Rafael, y se bloquearon las salidas de agua en el dren La Cinta y a través de la calzada, con lo cual se logró que ésta se acumulara en los vasos central y oeste, y se mantuvieran inundados hasta la fecha, en tanto que la parte este sufrió una desecación parcial.

De esta forma, se logró que se pudiera pescar nuevamente casi todo el año, al contar con agua de manera permanente en una parte de su superficie, luego de que los últimos años de sequía sólo había permitido hacerlo durante seis meses. Estas obras fueron impulsadas por la Oficina de Pesca en Cuitzeo y

se realizaron con la participación de todos, a través de las uniones. De hecho, estas obras fueron el impulso que aceleró la organización de los pescadores.

Durante la cuarta etapa (1991-1998), la recuperación del lago fue total, y se produjo por abundantes lluvias, cubriendo toda su superficie y permaneciendo así durante todo el año. En esta etapa proliferaron las uniones de pescadores con el fin de acceder a los permisos de pesca; asimismo, se realizaron siembras de diferentes especies para repoblar el lago, como tilapia, carpa y rana toro, pero se reglamentaron los calendarios de captura, la cantidad de equipos y sus características para evitar la sobreexplotación.

En materia de comercialización, se ha buscado que ésta se realice en forma más directa. Por ejemplo, los pescadores de Queréndaro comercializan su producto en los mercados de Morelia. Sin embargo, el principal obstáculo para la venta de los productos pesqueros capturados en el lago de Cuitzeo es la contaminación de éste por las descargas de la ciudad de Morelia y de prácticamente todas las localidades ubicadas dentro de la cuenca.

Desde que se realizaron las obras para recuperar el volumen del agua del vaso lacustre, los pescadores han tenido conflictos con los agricultores que habían ocupado tierras del vaso para cultivarlas en las épocas de desecación, los cuales en algunos momentos han emprendido acciones con el apoyo de la Secretaría de Agricultura y la Comisión Nacional del Agua para conservar sus terrenos libres de agua mediante su bombeo hacia el estado de Guanajuato.

Diversos estudios señalan que debido a la contaminación y al desequilibrio ecológico del lago, éste carece de potencial pesquero (Hernández-Montaña *et al.*, 2002), pues algunas de las áreas inundadas son totalmente insalubres por las descargas directas de los drenajes de los habitantes del área ribereña. En los últimos años, solamente el vaso oeste permanece inundado en la época de estiaje, con láminas de agua mínimas.

A manera de síntesis, puede afirmarse que en los últimos decenios, los pescadores han sido el sector económico más afectado por el deterioro ambiental de la cuenca, pero sobre todo del lago de Cuitzeo. Y son ellos los que emprendieron las primeras acciones para recuperar los recursos naturales que el lago les aporta, no tanto por una conciencia ecológica, sino porque sin él, se habrían quedado sin fuente de ingresos, con el consiguiente agravamiento de sus ya deterioradas condiciones de vida.





## Manejo Agrícola

**María Teresa Sánchez Salazar**  
**José María Casado Izquierdo**



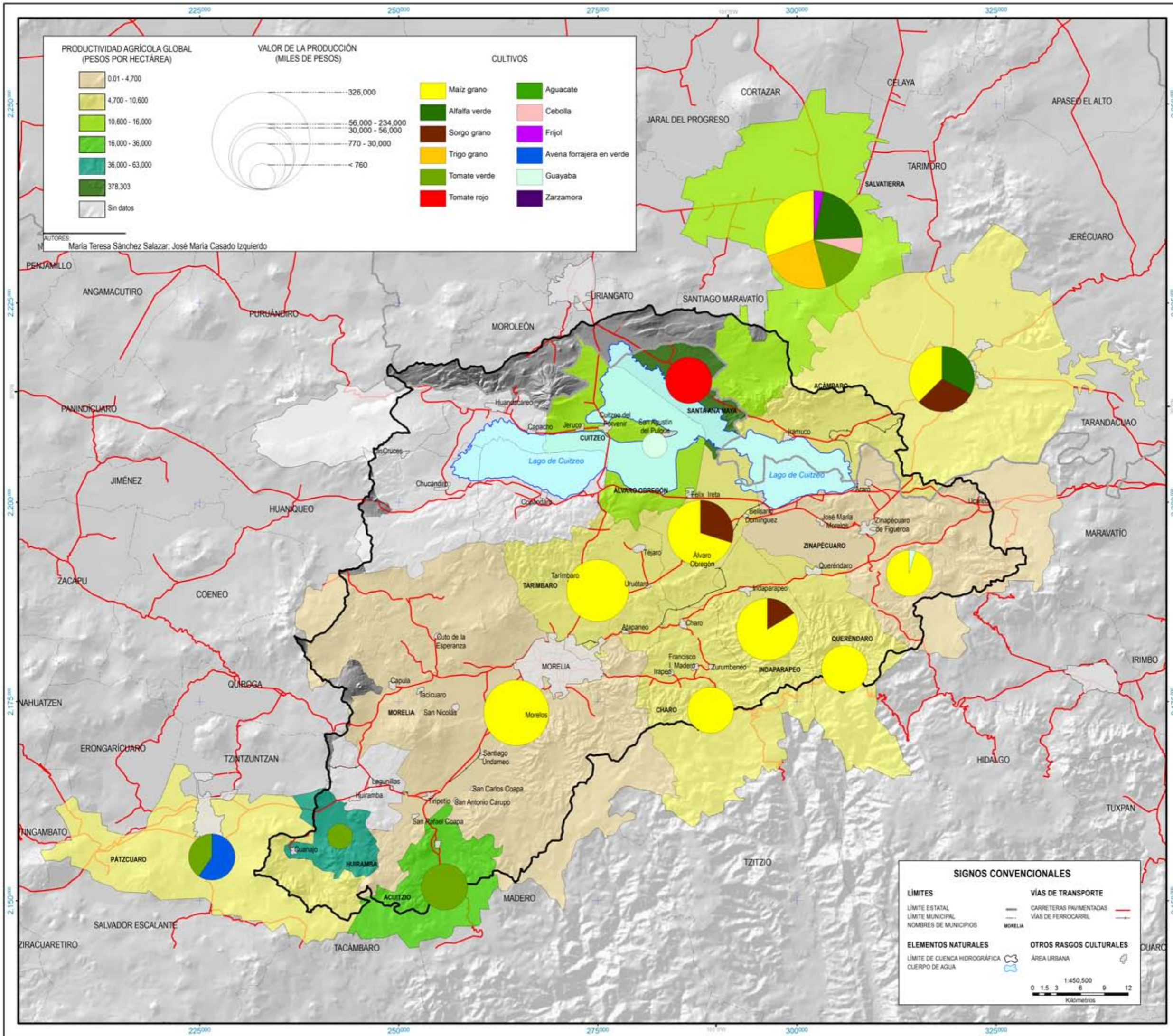
Fotografía: Leticia Gómez

La agricultura ha sido generalmente considerada como una ocupación tradicional dentro de la actividad humana; sin embargo constituye, junto con la ganadería, la actividad más extensiva en cuanto a uso del suelo, de ahí la importancia de su análisis en relación con su competencia/coexistencia con la cobertura vegetal natural.

No obstante, el objetivo es mostrar la trascendencia de la actividad agrícola desde un punto de vista económico. Diversas son las variables tradicionalmente utilizadas para el análisis de la agricultura (superficie sembrada/cosechada, productividad o rendimiento); sin embargo, aunque en este capítulo se hace referencia a todas ellas para completar su diagnóstico, se enfatiza especialmente el valor de la producción (Mapa 3.7). Dicho análisis se relaciona con la investigación realizada en torno a la especialización económica (Mapa 3.4, Orientación Sectorial de la Economía Municipal, 2003-2005), donde se expone la importancia de las actividades agropecuarias en la cuenca de Cuitzeo.

La fuente de información primaria de donde proceden los datos estadísticos empleados es INEGI (2006a y 2006b), la cual ofrece únicamente los principales municipios donde se produce un determinado cultivo; ello brinda una visión en cierta medida incompleta y distorsionada aunque próxima a la realidad al omitir a los municipios de Copándaro, Chucándiro, Huandacareo, Lagunillas y Morelos.

El principal uso del suelo en la cuenca ha sido tradicionalmente agrícola, aunque su estructura ha cambiado a través del tiempo. En 2005, la superficie sembrada en la cuenca era de 109,725.50 ha y la cosechada fue de 101,026.48 ha; de la producción cosechada se generó un valor global de \$23,652.43, siendo la productividad agrícola global de \$9,142.68 por ha, más baja que las productividades medias de los estados de Michoacán y Guanajuato (INEGI, 2006a y 2006b).



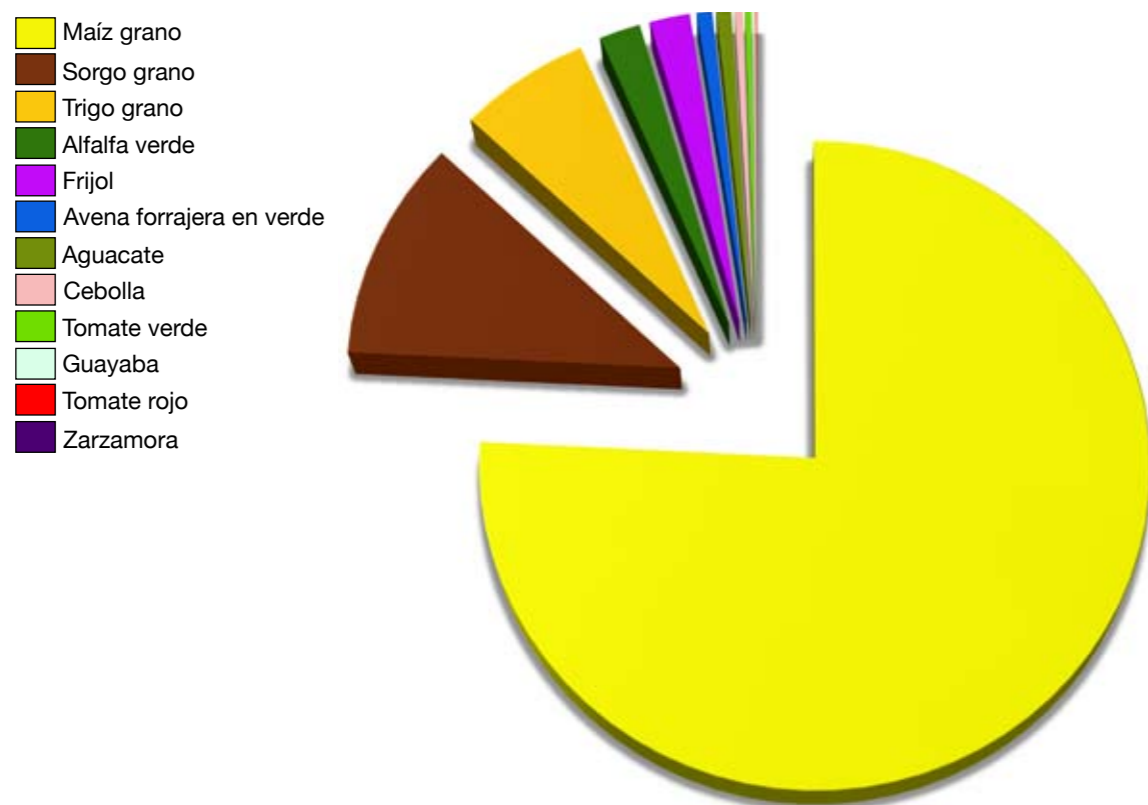
Mapa 3.7 - Valor de la producción agrícola por cultivo, 2005

### 3 CARACTERÍSTICAS SOCIOECONÓMICAS

**Tabla 1. Superficie sembrada por tipos de cultivo en la cuenca del lago de Cuitzeo, 2005.**

Tipos de cultivos	Superficie sembrada (ha)	% de la superficie sembrada total
Maíz grano	83,156.5	75.8
Sorgo grano	12,244.0	11.2
Trigo grano	7,173.0	6.5
Alfalfa verde	2,250.0	2.1
Frijol	2,200.0	2.0
Avena forrajera en verde	845.0	0.8
Aguacate	826.0	0.8
Cebolla	466.0	0.4
Tomate verde	350.0	0.3
Guayaba	149.0	0.1
Tomate rojo	64.0	0.1
Zarzamora	2.0	0.0
<b>Total</b>	<b>109,725.5</b>	<b>100.0</b>

Fuente: INEGI, 2006a y 2006b.



**Gráfica 1. Superficie sembrada en la cuenca por tipo de cultivo, 2005.**

En la cuenca del lago de Cuitzeo los cultivos más importantes en 2005, de acuerdo con la superficie sembrada, se señalan en el Tabla 1 y la Gráfica 1.

El cultivo del maíz, en términos de superficie sembrada, es el más importante y representa el 75.79% del total, porcentaje muy superior al nacional (33.76%). Si bien, este cultivo tiende a asociarse con una agricultura de subsistencia, el hecho de que el 42.2% del maíz se produzca en terrenos bajo riego (Tabla 2 y Gráfica 2) señala otra diferencia con el valor nacional (17.67%), lo que es indicativo de una producción comercial, además de la destinada propiamente a la subsistencia. Del total de 55,361.5 ha de riego existentes en la cuenca 63.38% se destinan a este cultivo, aunque el maíz también es el producto al que se dedican mayoritariamente las tierras de temporal (88.42%), lo que revelaría la doble condición, comercial y de subsistencia del cultivo en esta región.

La importancia del maíz al interior de los municipios lleva a que éste sea el cultivo dominante, y en algunos casos exclusivo (de acuerdo a la fuente consultada) en 9 de los 14 municipios para los cuales se reporta producción (Mapa 3.7). No obstante, su importancia en la cuenca de Cuitzeo, en términos de valor de la producción, cae al 49.90% en comparación con el 75.79% de la superficie sembrada; los menores precios unitarios del maíz explican este hecho, lo que se traduce también en una menor productividad frente a otros cultivos.

**Tabla 2. Superficie sembrada según disponibilidad de riego, 2005.**

Cultivo	Superficie total (ha)	%	Riego (ha)	%	Temporal (ha)	%
Maíz grano	83,156.50	75.79	35,088.50	63.38	48,068.00	88.42
Sorgo grano	12,244.00	11.16	8,214.00	14.84	4,030.00	7.41
Trigo grano	7,173.00	6.54	7,173.00	12.96	0.00	0.00
Alfalfa verde	2,250.00	2.05	2,250.00	4.06	0.00	0.00
Frijol	2,200.00	2.01	800.00	1.45	1,400.00	2.58
Avena forrajera verde	845.00	0.77	45.00	0.08	800.00	1.47
Aguacate	826.00	0.75	762.00	1.38	64.00	0.12
Cebolla	466.00	0.42	466.00	0.84	0.00	0.00
Tomate verde	350.00	0.32	350.00	0.63	0.00	0.00
Guayaba	149.00	0.14	149.00	0.27	0.00	0.00
Tomate rojo (jitomate)	64.00	0.06	64.00	0.12	0.00	0.00
Zarzamora	2.00	0.00	0.00	0.00	2.00	0.00
<b>Total Cultivos</b>	<b>109,725.50</b>	<b>100.00</b>	<b>55,361.50</b>	<b>100.00</b>	<b>54,364.00</b>	<b>100</b>

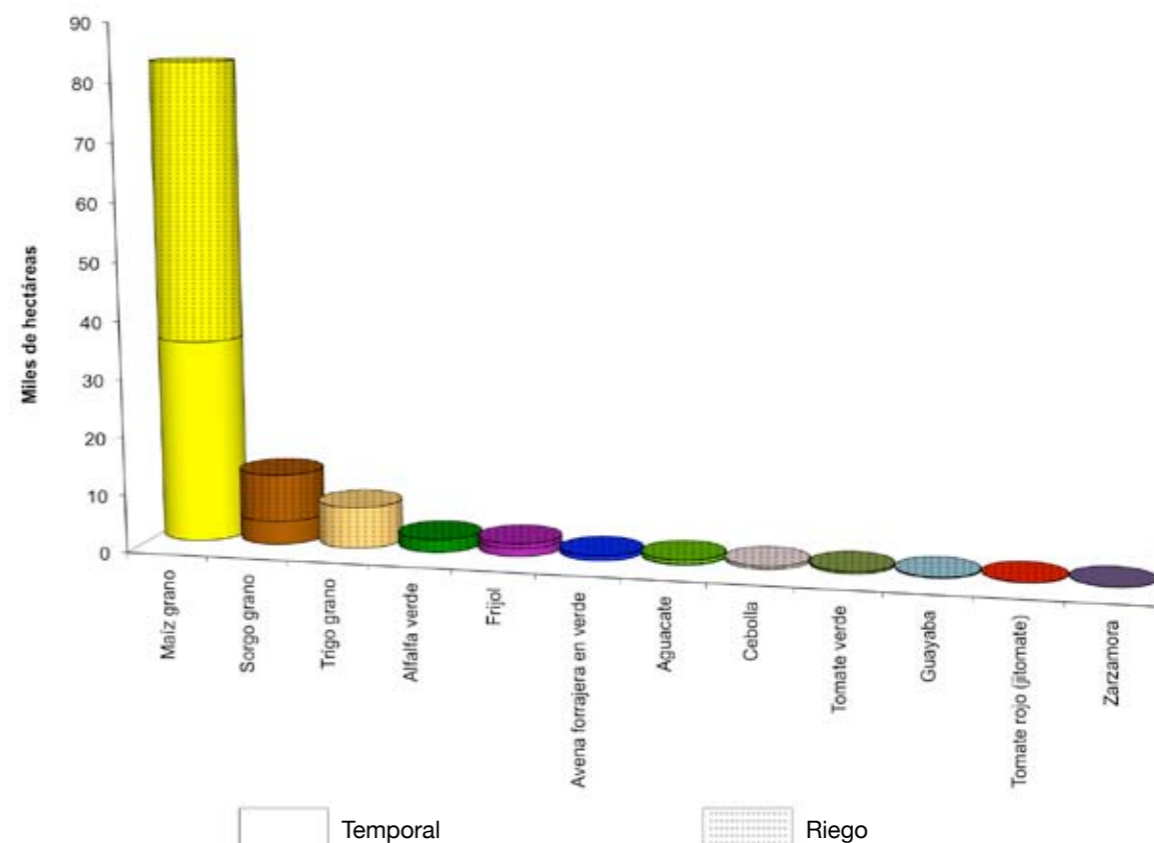
Fuente: INEGI, 2006a y 2006b.

En segundo lugar, en términos de superficie sembrada, se sitúa el sorgo grano, con el 11.16% de dicha superficie (Tabla 1 y Gráfica 1), cifra ligeramente inferior a la nacional (8.79%), el cual se desarrolla principalmente bajo riego (67.09% de la superficie total destinada a dicho producto, en comparación con el 24.77% a escala nacional); (Tabla 2 y Gráfica 2). Este cultivo se desarrolla en los municipios de Acámbaro, Álvaro Obregón e Indaparapeo, donde ocupa también el segundo lugar en términos de valor de la producción después del maíz (Mapa 3.7).

Por su parte, el trigo grano ocupa el tercer lugar en términos de superficie sembrada (6.5% de la superficie total); no obstante, su cultivo se realiza exclusivamente en el municipio de Salvatierra y se desarrolla únicamente bajo riego (Tablas 1 y 2; Gráficas 1 y 2; Mapa 3.7). Desde la década de 1950, el trigo ha disminuido paulatinamente su presencia en los terrenos irrigados de la cuenca, que originalmente constituían el Distrito de Riego 020 Morelia-Queréndaro, surgido con el proyecto agrario cardenista. En esa época, el trigo era el segundo cultivo más importante por superficie cultivada, después del maíz. Sin embargo, con el impulso que recibió la ganadería a partir del decenio de 1970, sobre todo para la cría de ganado bovino y porcino, la estructura agrícola de la región sufrió una transformación a favor del incremento de la superficie sembrada de sorgo y otros forrajes destinados a alimentar el ganado (Ávila, 2002).

La situación descrita lleva a que los granos representen, en conjunto, el 93.48% de la superficie sembrada total en la cuenca, en tanto que el resto de los cultivos mantengan una posición claramente minoritaria en términos de su extensión territorial. Sin embargo, estos tres granos básicos representan el 68.87% del valor de la producción total de la cuenca; en virtud del peso que ha adquirido la alfalfa verde en la región de estudio, como resultado de las políticas de impulso a la producción de forrajes ya señaladas. La alfalfa ocupaba en 2005 el segundo lugar del valor total de la producción agrícola detrás del maíz, y en el cuarto en términos de su superficie sembrada, desarrollándose exclusivamente en terrenos irrigados de los municipios Acámbaro y Salvatierra (Tablas 1, 2 y 3; Gráficas 1 y 2; Mapa 3.7).

El frijol es un cultivo básico que en la cuenca tiene una importancia poco significativa; en 2005 ocupaba 2% de la superficie sembrada (en 2003 fue de 7.9%); (INEGI, 2003a y 2003b). Este comportamiento ha sido similar al que ha tenido el maíz, pese a conservar su posición de cultivo dominante en la



Gráfica 2. Superficie sembrada en la cuenca según cultivo y disponibilidad de riego, 2005.

Tabla 3. Valor de la producción por cultivo en la cuenca del lago de cuitzeo, 2005.

Producto	Valor de la producción (Miles de \$)	%
Maíz grano	460,868.41	49.90
Alfalfa verde	145,361.25	15.74
Sorgo grano	98,312.18	10.64
Trigo grano	76,929.60	8.33
Tomate verde	52,500.00	5.68
Tomate rojo	29,646.00	3.21
Aguacate	25,776.00	2.79
Cebolla	17,775.00	1.92
Frijol	10,372.50	1.12
Avena forrajera	4,573.50	0.50
Guayaba	1,514.00	0.16
Zarzamora	24.00	0.00
<b>Total</b>	<b>923,652.43</b>	<b>100.00</b>

Fuente: INEGI, 2006a y 2006b.

### 3 CARACTERÍSTICAS SOCIOECONÓMICAS

cuenca y reflejar dos fenómenos: una tendencia a la reducción de la superficie sembrada con cultivos básicos y una intensificación del cambio de uso del suelo agrícola hacia cultivos comerciales básicamente forrajeros (sorgo, alfalfa y avena forrajera); otros de este último son para el consumo del mercado interno: aguacate, cebolla, tomate verde y rojo, y los frutales guayaba y zarzamora (Tablas 1, 2 y 3; Gráficos 1 y 2).

Desde el punto de vista de la distribución espacial de los diferentes cultivos, el mapa 3.7 muestra un contraste entre el grado de especialización/diversificación agrícola de los municipios de la cuenca. En un extremo se encuentran los municipios de Salvatierra, y en menor medida, de Acámbaro, que presentan la mayor diversificación productiva. El primero de ellos concentra toda la producción de trigo grano, tomate verde, cebolla y frijol de la cuenca de Cuitzeo, destacando asimismo el cultivo de maíz grano y el de alfalfa verde, del cual es uno de los dos únicos productores. A su vez, Acámbaro presenta una distribución casi equitativa en términos de valor de la producción en maíz grano, alfalfa verde y sorgo grano.

Como municipios con un cuasi monocultivo de maíz resaltan: Morelia, Tarímbaro, Charo y Queréndaro, municipios que ocupan la parte central de la cuenca, mientras que en los municipios de Álvaro Obregón e Indaparapeo el cultivo del maíz se combina con el de sorgo grano y en Zinapécuaro con el de guayaba. De esta manera, la parte central de la cuenca se constituye como la más especializada en el cultivo de maíz.

En el extremo suroccidental, el monocultivo recae en el aguacate (municipios de Huiramba y Acuitzio), si bien en Pátzcuaro se combina con la avena forrajera, que resulta ser el cultivo dominante en este municipio.

Por último, en los municipios aledaños al lago, Santa Ana Maya se caracteriza por un monocultivo de tomate rojo, destinado esencialmente al mercado, al igual que el aguacate, mientras que en Cuitzeo resalta la producción de guayaba (Mapa 3.7).

Es precisamente la presencia de cultivos comerciales la que mejor explica la distribución de la productividad agrícola global (\$/ha) debido a su mayor precio unitario, la cual, el promedio de ésta para la cuenca del lago de Cuitzeo es de \$9,142.68/ha (Tabla 4).

El cultivo del tomate rojo y del aguacate explican las elevadas productividades de municipios como Santa Ana Maya, Huiramba y Acuitzio. El monocultivo de guayaba y la diversificación productiva basada en trigo, tomate verde, cebolla y alfalfa verde, justifican las productividades de los municipios de Cuitzeo y Salvatierra. En contraste, aquellos municipios que presentan un monocultivo del maíz (Morelia, Zinapécuaro, Tarímbaro, Queréndaro y Charo) o cuando éste se combina con algún cultivo forrajero como sorgo, alfalfa verde o avena forrajera (Pátzcuaro, Acámbaro y Álvaro Obregón) dicha productividad se ubica en los dos niveles más bajos (Tabla 4 y Mapa 3.7).

**Tabla 4. Superficie sembrada y cosechada, valor de la producción y productividad agrícola global en los municipios de la cuenca del lago de Cuitzeo, 2005.**

Municipio	Superficie sembrada (ha)	Superficie cosechada (ha)	Valor de la producción (miles de pesos)	Productividad agrícola global (\$/ha)
Guanajuato	1,074,213.05	792,996.40	9,842,735.45	12,412.08
Michoacán	1,068,698.70	993,703.43	1,671,1230.40	16,817.12
Santa Ana Maya	79.00	79.00	29,886.00	378,303.80
Huiramba	12.00	12.00	756.00	63,000.00
Acuitzio	750.00	600.00	21,600.00	36,000.00
Cuitzeo	14.00	14.00	224.00	16,000.00
Salvatierra	25,664.00	22,779.00	325,971.53	14,310.18
Acámbaro	24,786.50	22,038.25	233,539.07	10,596.99
Indaparapeo	6,440.00	6,347.68	55,888.86	8,804.61
Pátzcuaro	895.00	895.00	7813.50	8,730.17
Tarímbaro	5,982.00	4,712.02	40,785.84	8,655.70
Álvaro Obregón	8,972.00	6,170.03	65,931.54	8,069.93
Charo	4,450.00	4,420.50	28,842.10	6,524.62
Queréndaro	5,800.00	5,700.00	27,300.00	4,789.47
Zinapécuaro	5,527.00	5,147.00	24,130.00	4,688.17
Morelia	20,354.00	20,112.00	60,984.00	3,032.22
Copándaro	s/d	s/d	s/d	s/d
Chucándiro	s/d	s/d	s/d	s/d
Huandacareo	s/d	s/d	s/d	s/d
Lagunillas	s/d	s/d	s/d	s/d
Morelos	s/d	s/d	s/d	s/d
<b>Total cuenca</b>	<b>109,725.50</b>	<b>101,028.48</b>	<b>923,652.43</b>	<b>9,142.68</b>

s/d: Sin datos; Fuente: INEGI, 2006a y 2006b.

En conclusión, los valores más bajos de productividad agrícola alcanzados en la cuenca corresponden a aquellos municipios que destinan su superficie preferentemente a la producción de maíz y que coinciden con la parte central de la región. Por el contrario, las mayores productividades recaen sobre los municipios que dedican la mayor superficie a aquellos productos con más alto valor en el mercado (tomate rojo, aguacate, guayaba, tomate verde y cebolla), seguidos por los forrajes para el ganado (alfalfa, sorgo grano y avena forrajera). Asimismo, puede observarse que en la cuenca coexisten entre sí municipios con las más altas y las más bajas productividades agrícolas regionales, lo que también es un reflejo de las diferencias en cuanto a tipos de cultivos y a inversiones en tecnología e insumos agrícolas para incrementar la productividad del campo.



## Manejo Ganadero

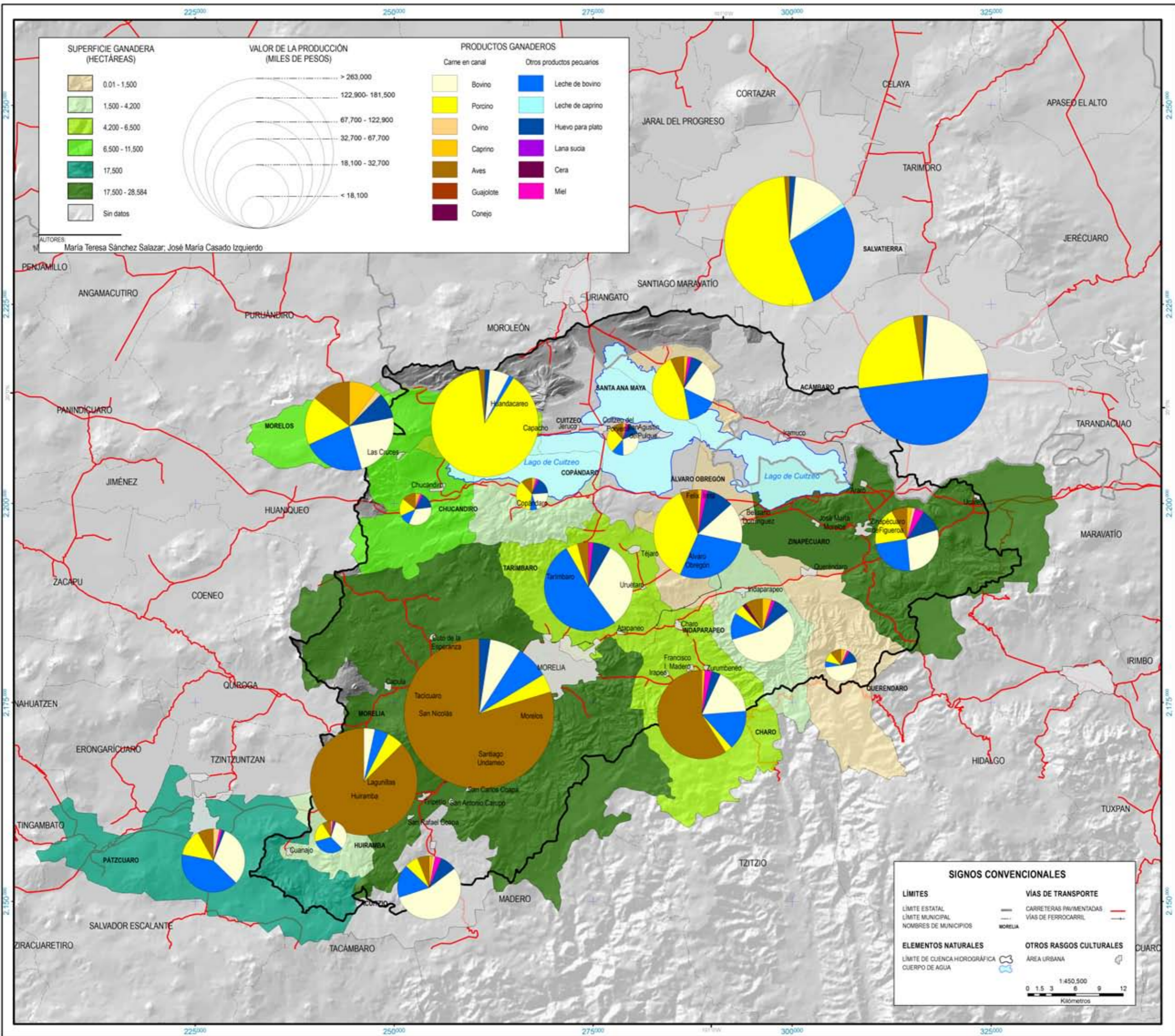
**María Teresa Sánchez Salazar**  
**José María Casado Izquierdo**

La significativa relación entre la ganadería y los procesos de deforestación, así como la relevancia de las actividades primarias al interior de los municipios que conforman la cuenca del lago de Cuitzeo, señalan la conveniencia de analizar las características de la producción ganadera en la región. En este caso, la variable más representativa de la ganadería es el valor de la producción, por lo que en este capítulo se analiza la importancia económica de esta actividad y su distribución geográfica en la cuenca. Sin embargo, se consideran también otras dos variables: superficie ganadera y hato ganadero.

En 2005, la importancia económica de la ganadería en la cuenca supera a la de la agricultura en un 39.32%, con un valor de la producción que alcanza los \$1,287 millones, frente a los \$923 millones de esta última (INEGI, 2006a y 2006b); ello marca el predominio de esta actividad dentro del conjunto del sector primario en cuanto al valor económico generado. Sin embargo, la superficie ocupada favorece a la agricultura con 109,725.5 ha, mientras que la ganadería abarca una extensión de 105,815 ha; lo anterior también refleja una productividad 70% superior de la ganadería frente a la agricultura, \$12,163/ha de la primera vs. \$9,142/ha de la segunda, en promedio (INEGI, 2006a y 2006b).



Fotografía: Marcela Galindo





### 3 CARACTERÍSTICAS SOCIOECONÓMICAS

En 2005, las mayores extensiones dedicadas a la ganadería se ubican en los municipios de Morelia, Zinapécuaro y Pátzcuaro, que en conjunto concentraban 57.8% del total del terreno ocupado por esta actividad. Los demás municipios presentan superficies dedicadas a la ganadería que oscilaban entre 2,200 y 9,400 ha (entre 2 y 9% de la superficie ganadera regional), salvo algunas excepciones como Queréndaro, Santa Ana Maya y Álvaro Obregón, cuyas superficies pecuarias eran inferiores a 1,500 ha (Tabla 1 y Mapa 3.8). Si bien los anuarios consultados no refieren los datos de superficie ganadera de los municipios de Salvatierra, Acámbaro, Acuitzio y Cuitzeo para el año 2005, los datos de valor de la producción que sí registran dicha fuente revelan la importancia de los dos primeros municipios en el contexto global de la región (Mapa 3.8).

**Tabla 1. Superficie ganadera en los municipios de la cuenca del lago de Cuitzeo, 2005.**

Municipio	Superficie ganadera (ha)	% respecto al total de la cuenca
Morelia	26,584	27.01
Zinapécuaro	17,737	16.76
Pátzcuaro	14,878	14.06
Morelos	9,437	8.92
Chucándiro	6,851	6.47
Tarímbaro	4,963	4.69
Charo	4,472	4.23
Huandacareo	4,353	4.11
Lagunillas	3,704	3.50
Copándaro	3,333	3.15
Indaparapeo	2,949	2.79
Huiramba	2,190	2.07
Queréndaro	1,174	1.11
Santa Ana Maya	693.0	0.65
Álvaro Obregón	497.0	0.47
Acámbaro	s/d	s/d
Salvatierra	s/d	s/d
Acuitzio	s/d	s/d
Cuitzeo	s/d	s/d
<b>Total Cuenca *</b>	<b>105,815</b>	<b>100.0</b>

\* Sólo se cuenta con datos para la cuenca correspondientes al estado de Michoacán.  
Fuente: INEGI, 2006b.

El hato ganadero registrado en 2005 es de 695.4 miles de cabezas de ganado mayor y de 10.3 millones de aves de corral. Por tipo de ganado predomina el hato porcino, seguido del bovino (47.4 y 38%, respectivamente), en tanto que el caprino y el ovino representan solamente 11 y 3.6% del número total de cabezas de ganado (Tabla 2).

El municipio más especializado en la producción de ganado porcino es el de Huandacareo, cuyo número de cabezas rebasa a todos los municipios de la cuenca (Tabla 2). A excepción de Morelia, los municipios con presencia significativa de ganadería porcina son ribereños al lago de Cuitzeo (Mapa 3.8).

El hato bovino se encuentra uniformemente distribuido en la cuenca; Morelia, debido a su concentración demográfica, aglutina el 10.9% de la población bovina total y Acámbaro al 12% de ella. La mayoría de los municipios fluctúan entre 7.4 y 4.4% del hato bovino, con las proporciones más altas en Acuitzio, en el extremo suroccidental, y Tarímbaro, Salvatierra, Álvaro Obregón, Charo y Zinapécuaro, en la ribera del lago de Cuitzeo (Tabla 2 y Mapa 3.8).

El ganado caprino sólo es significativo en los municipios de Morelos, Salvatierra y Acámbaro (entre 23.5 y 12.6% del hato caprino total), en tanto que el ovino sólo tiene presencia relevante en Pátzcuaro y Morelia (17.8 y 11.4% del total de población ovina regional, respectivamente), seguidos por el de Zinapécuaro (9.8%).

Finalmente, sólo Morelia, Lagunillas y Charo presentan una alta especialización en la producción de aves de corral, aglutinando el 87.8% del hato total registrado para la cuenca, como resultado de la demanda que representa la concentración urbana de Morelia (Mapa 3.8).

Al enlazar el análisis de superficie y hato ganadero, con el valor de la producción por municipio (Tabla 3 y Mapa 3.8), se derivan algunas observaciones sobre los tipos de ganadería que se practican en la región, según su grado de capitalización y de tecnificación.

En 2005, el 66.4% del valor de la producción ganadera regional se concentraba sólo en Morelia -que cuadruplica al de la producción agrícola (INEGI, 2006a y 2006b)- y Lagunillas al suroeste de la cuenca; y Acámbaro, Salvatierra y Huandacareo, aledaños al lago de Cuitzeo.

Tabla 2. Población ganadera por tipo de ganado, 2005.

Municipio	Tipos de ganado mayor (cabezas)					Aves
	Porcino	Bovino	Caprino	Ovino	Total	
Acámbaro	14,460	31,649	9,648	1,216	56,973	112,546
Salvatierra	32,046	19,254	10,159	912	62,371	57,689
Acuitzio	4,080	19,558	2,140	1,664	27,442	41,115
Alvaro Obregón	20,809	15,950	2,770	558	40,087	110,207
Copándaro	9,179	4,875	1,700	635	16,389	35,328
Cuitzeo	9,438	8,708	2,560	597	21,303	124,869
Charo	3,159	15,217	3,329	1,910	23,615	1,102,084
Chucándiro	3,780	6,081	2,124	602	12,587	49,530
Huandacareo	141,007	11,623	1,020	404	154,054	40,507
Huiramba	6,251	6,393	148	1,221	14,013	55,727
Indaparapeo	2,239	9,934	4,215	635	17,023	45,678
Lagunillas	10,205	4,712	177	130	15,224	2,397,971
Morelia	20,400	28,699	5,108	2,842	57,049	5,521,261
Morelos	8,957	12,871	18,060	1,866	41,754	336,182
Pátzcuaro	7,441	11,426	1,307	4,456	24,630	89,698
Queréndaro	2,939	12,303	2,515	1,539	19,296	32,969
Santa Ana Maya	19,517	11,711	3,410	475	35,113	35,819
Tarímbaro	5,600	19,367	2,986	914	28,867	10,379
Zinapécuaro	7,913	13,894	3,358	2,460	27,625	76,462
<b>Total Cuenca</b>	<b>329,420</b>	<b>264,225</b>	<b>76,734</b>	<b>25,036</b>	<b>695,415</b>	<b>10,276,021</b>

Fuente: INEGI, 2006a y 2006b.

Tabla 3. Valor de la producción ganadera municipal en la cuenca de Cuitzeo, 2005.

Nombre	Valor total (Miles de \$)	%
Morelia	263,778.77	20.50
Acámbaro	181,429.00	14.10
Salvatierra	178,658.00	13.88
Huandacareo	122,836.84	9.55
Lagunillas	107,939.85	8.39
Tarímbaro	67,638.45	5.26
Charo	59,574.20	4.63
Morelos	43,783.95	3.40
Álvaro Obregón	42,269.10	3.28
Santa Ana Maya	32,668.84	2.54
Zinapécuaro	31,232.12	2.43
Acuitzio	29,198.74	2.27
Pátzcuaro	29,137.81	2.26
Indaparapeo	22,080.09	1.72
Cuitzeo	18,070.64	1.40
Huiramba	16,250.16	1.26
Queréndaro	15,297.50	1.19
Copándaro	12,760.38	0.99
Chucándiro	12,224.26	0.95
<b>Total Cuenca</b>	<b>1,286,828.67</b>	<b>100.00</b>

Fuente: INEGI, 2006a y 2006b.

En la mayoría de los municipios ribereños o próximos al lago, la concentración del valor económico generado por la ganadería presenta niveles intermedios, como en Tarímbaro, Charo, Morelos, Álvaro Obregón, Santa Ana Maya y Zinapécuaro (21.5% del valor total). En contraste, esta actividad genera menor valor en municipios como Queréndaro, Copándaro y Chucándiro, cuya producción apenas alcanza el 3.13% del valor regional.

En la Tabla 4 se observa como particularidad de la cuenca de Cuitzeo la importancia que adquiere la carne de aves, que por su valor de producción se convierte en el producto ganadero por excelencia con el 28.9% del total regional, frente al habitual dominio que en este apartado suele ejercer la carne de bovino. Su producción se concentra principalmente en el municipio de Morelia (54.96% del total regional) y vecinos (Lagunillas y Charo con el 25.18 y 9.28%, respectivamente) en el suroeste de la región. Por su proximidad a la demanda que significa la capital michoacana, en Morelia y sus municipios vecinos, la producción de aves de corral se realiza a escala comercial, mientras que en el resto de la cuenca se desarrolla predominantemente a nivel familiar como producción de traspatio.

Por su parte, la carne de porcino ocupa la segunda posición en el valor de la producción ganadera regional, y se concentra básicamente en los municipios de Huandacareo y Salvatierra (Mapa 3.8), ambos con un valor de producción en torno a los \$100 millones, y que en conjunto suman el 61.1% del valor regional en carne de porcino. Alcanzan asimismo valores relevantes los municipios de Acámbaro, Álvaro Obregón y Santa Ana Maya, seguidos de Morelos y Zinapécuaro, lo

### 3 CARACTERÍSTICAS SOCIOECONÓMICAS

que permite hablar de una centralización de la producción porcina en el tercio nor-noreste de la cuenca, precisamente en la ribera del lago, lo cual se asocia a la zonificación de la producción agrícola de cultivos forrajeros anteriormente analizada. En esta área de la cuenca la producción se desarrolla en granjas porcinas altamente tecnificadas, a diferencia de los municipios del suroeste de la región en que se practica una ganadería porcina familiar de traspatio.

La producción porcina y de aves de corral de la cuenca de Cuitzeo en los últimos decenios ha estado sujeta a procesos de tecnificación y concentración espacial por la cercanía de centros urbanos importantes tanto en Michoacán como en Guanajuato. Ello ha llevado a la introducción de sistemas de aprovechamiento intensivo en reducidas extensiones de terreno con importantes repercusiones ambientales para los ríos de la cuenca y el lago de Cuitzeo, por la producción de grandes volúmenes de excrementos (purines y gallinaza), empleados en algunos casos como abono en las áreas cultivadas de la ribera del lago, lo cual aporta cantidades variables de nitrógeno y fósforo a sus aguas. En el caso de los establos donde el hato se encuentra concentrado, el estiércol se arroja a los canales de desagüe que finalmente desembocan al lago, de ahí que el manejo adecuado de los desechos pecuarios es aún un problema por resolver en la región.

En lo que se refiere al ganado bovino, la importancia de su producción -leche y carne-, se ve relegada al tercer y cuarto lugar en el conjunto de la cuenca, que si bien refleja una doble especialización regional en la cría de ganado bovino, también se asocia a la cercanía de centros urbanos importantes como la capital michoacana y otras ciudades del estado de Guanajuato. En términos absolutos, las mayores cifras en producción de leche de bovino se tienen en los dos municipios guanajuatenses del noreste de la cuenca, Acámbaro y Salvatierra, seguidos de Tarímbaro, Morelia e Indaparapeo en el centro, y Pátzcuaro y su vecino Huiramba, donde dicho producto constituye el 40.28 y 32.86% de la producción ganadera total, respectivamente.

Una situación similar se produce en torno a la carne de bovino, donde los dos municipios con mayor valor de la producción son nuevamente Acámbaro y Salvatierra, aunque su mayor relevancia porcentual dentro del conjunto de la actividad ganadera se produce en Acuitzio, Indaparapeo y Queréndaro, cuyo valor representa más del 50% del total ganadero.

El resto de productos ganaderos ostenta, como suele ser habitual, una representación escasamente relevante, mencionando la importancia (más del 10% del valor total municipal) del huevo para plato en Copándaro, Cuitzeo y Zinapécuaro o la carne de caprino en Morelos.

En definitiva, la cuenca se caracteriza por la relevancia de una explotación avícola y porcina tecnificada de carácter comercial, la primera desarrollada en torno a Morelia y la segunda en Huacarandeo y Salvatierra, seguida de la producción de carne y leche de bovino en los municipios ribereños al lago de Cuitzeo y en el extremo suroccidental de la región en el área vecina a Pátzcuaro.

En conclusión, la concentración espacial de actividades ganaderas de carácter comercial altamente tecnificadas en torno a la capital del estado y en la ribera del lago de Cuitzeo tiene importantes efectos ambientales para la cuenca, debido a la producción de elevados volúmenes de excrementos cuyo manejo adecuado aún constituye un problema en la región, en virtud de que una parte de éstos son canalizados hacia corrientes que desembocan al lago.



**Tabla 4. Valor de la producción ganadera en la cuenca de Cuitzeo por tipo de productos, 2005.**

Producto	Miles de \$	%
Carne de aves	371,941	28.90
Carne de porcino	336,655	26.16
Leche de bovino	268,748	20.88
Carne de bovino	217,469	16.90
Huevo para plato	45,555	3.54
Carne de caprino	15,378	1.20
Miel	13,260	1.03
Carne de ovino	6,642	0.52
Leche de caprino	4,754	0.37
Carne de guajolote	3,038	0.24
Carne de conejo	1,747	0.14
Lana sucia	864	0.07
Cera en greña	778	0.06
<b>Total</b>	<b>1,286,829</b>	<b>100.00</b>

Fuente: Elaboración a partir de INEGI, 2006a y 2006b.



Fotografía: Brenda Ávila Flores

## Manejo Forestal

**María Teresa Sánchez Salazar**  
**José María Casado Izquierdo**

Un problema generalizado a nivel nacional, del cual la cuenca del lago de Cuitzeo no está al margen, es el de la reducción que ha experimentado la superficie forestal debido a una explotación intensiva,<sup>1</sup> a la eliminación de los bosques para abrir nuevas áreas para la agricultura y a la ganadería extensiva; todo ello ha ocurrido sin que se realicen trabajos serios de rehabilitación. Éste es uno de los principales factores que explica los procesos erosivos de la cuenca que se reflejan, tanto en el azolvamiento del lago, como en la disminución de su profundidad y volumen de agua. De ahí la importancia económica y las características de la actividad forestal para entender su relación con los problemas ambientales globales que afectan a la cuenca.

Para reflejar la trascendencia económica de la actividad forestal en la cuenca, se consideró al valor de la producción como la variable más representativa para calificar su importancia, a la cual se suman el número de permisos autorizados para la explotación forestal y el volumen de dicha producción, única información estadística disponible para completar la caracterización de esta actividad. Las fuentes oficiales consultadas para mantener una congruencia con los análisis efectuados de las demás actividades del sector primario -los anuarios estadísticos de Michoacán y Guanajuato-, reflejan un notable subregistro de información, ya que sólo reportan datos para ocho de los 19 municipios que integran la cuenca, lo cual constituye un problema para evaluar el comportamiento geográfico y evolutivo real de este subsector económico.

La actividad forestal tiene una importancia poco significativa para la economía primaria de la cuenca, si se la compara con el valor generado por la ganadería y la agricultura. En 2005, de la actividad forestal únicamente se obtuvieron \$74.7 millones, que representan el 5.8% de la producción ganadera y el 8.1% de la agrícola de la cuenca (INEGI, 2006a y 2006b).

En el mismo año aparecen registrados solamente 24 nuevos permisos otorgados para la explotación maderable para cinco municipios de la región, en tanto que al finalizar el año permanecían vigentes un total de 432 correspondientes a nueve municipios. Los beneficiados con el mayor número de permisos vigentes pertenecen a la franja suroeste-sur-sureste de la cuenca: Morelia en primer lugar, con 132 (el 30.5% del total), seguido por Queréndaro, Zinapécuaro y Acuitzio, y con la correspondiente cuarta parte, por Pátzcuaro e Indaparapeo

**Tabla 1. Permisos otorgados para la explotación maderable en la cuenca de Cuitzeo, 2005.**

Nombre	Núm. de permisos otorgados durante 2005	Núm. de permisos vigentes a finales de 2005
Acámbaro	0	2
Acuitzio	0	67
Charo	0	14
Indaparapeo	2	37
Morelia	10	132
Morelos	1	2
Pátzcuaro	0	38
Queréndaro	6	71
Zinapécuaro	5	69
Salvatierra	s/d	s/d
Álvaro Obregón	s/d	s/d
Copándaro	s/d	s/d
Cuitzeo	s/d	s/d
Chucándiro	s/d	s/d
Huandacareo	s/d	s/d
Huiramba	s/d	s/d
Lagunillas	s/d	s/d
Santa Ana Maya	s/d	s/d
Tarímbaro	s/d	s/d
<b>Total Cuenca</b>	<b>24</b>	<b>432</b>

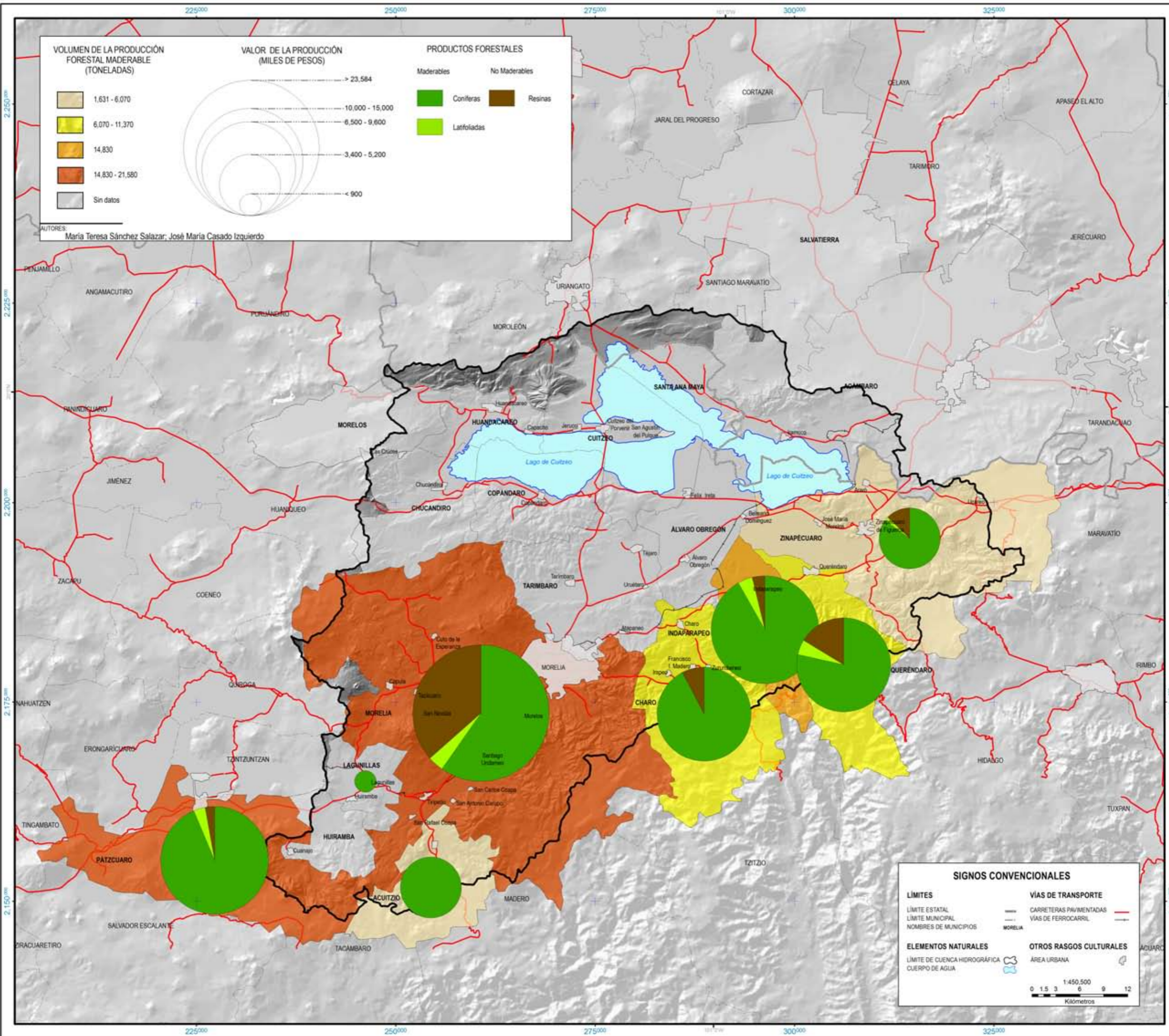
s/d: Sin datos.  
Fuente: INEGI, 2006a y 2006b.

**Tabla 2. Permisos otorgados para la explotación no maderable en la cuenca de Cuitzeo, 2005\*.**

Nombre	Núm. de permisos otorgados durante 2005
Acuitzio	1
Charo	1
Indaparapeo	1
Morelia	7
Pátzcuaro	7
Queréndaro	1
Zinapécuaro	2
Acámbaro	s/d
Salvatierra	s/d
Alvaro Obregón	s/d
Copándaro	s/d
Cuitzeo	s/d
Chucándiro	s/d
Huandacareo	s/d
Huiramba	s/d
Lagunillas	s/d
Morelos	s/d
Santa Ana Maya	s/d
Tarímbaro	s/d
<b>Total Cuenca</b>	<b>20</b>

s/d: Sin datos.  
\* Sin información sobre el número de permisos vigentes a finales del 2005.  
Fuente: INEGI, 2006a y 2006b.

<sup>1</sup> En 2002, el estado de Michoacán registraba una tasa anual de pérdida de bosques de 1.1 a 1.2%, considerada de las siete más altas del país, según datos de la SEMARNAT, 2003.



Mapa 3.9 - Valor de la producción forestal maderable y no maderable, 2005

### 3 CARACTERÍSTICAS SOCIOECONÓMICAS

(Tabla 1; Mapa 3.9). En el otro extremo, los municipios de Acámbaro y Morelos cuentan con un número insignificante de permisos vigentes.

En relación con los permisos otorgados para la explotación no maderable, en 2005 se autorizaron únicamente 20 para siete municipios y no hubo disponibilidad de información sobre el total de permisos vigentes para el mismo año. Los municipios más beneficiados fueron Morelia y Pátzcuaro, con 14 de los 20 permisos otorgados, en tanto que al resto de los municipios de la franja suroeste-sur-sureste les fueron autorizados en conjunto los seis restantes (Tabla 2).

De los permisos vigentes a finales de 2005 se derivó un volumen de producción maderable en la cuenca de 86,617 m<sup>3</sup> rollo,<sup>2</sup> siendo la dominante de madera de pino (86.5%), la cual se complementó de manera marginal con encino, oyamel, cedro blanco y otras latifoliadas (6.4, 4.8, 1.5 y 0.8% de la producción maderable total, respectivamente); (Tabla 3). Para el mismo año, el volumen de producción no maderable fue de 1,680 ton, y la totalidad de la producción correspondió a resinas (Tabla 4).

En el Mapa 3.9, se evidencia que ocho municipios michoacanos registran producción forestal maderable y coinciden con la franja ya mencionada que recorre a todo lo largo el límite sur de la cuenca. Los mayores volúmenes proceden de los municipios de Morelia, Pátzcuaro e Indaparapeo, seguidos de Queréndaro (21.2, 19.2, 14.4 y 11.4 miles de m<sup>3</sup> rollo, respectivamente, lo cual representa en conjunto 76.3% del volumen total de la cuenca michoacana). En todos los casos predomina la madera procedente del pino.

En cuanto a la producción no maderable, destacan solamente seis municipios productores de resinas, siendo Morelia, Pátzcuaro y Queréndaro los más significantes (430, 430 y 420 ton, respectivamente, que representan en conjunto 76.2% de la producción total); (Tabla 4). La distribución geográfica de la producción no maderable coincide con la ubicación de la maderable (Mapa 3.9).

Finalmente, el comportamiento geográfico de los valores de producción maderable y no maderable de la cuenca, no difieren de lo ya expresado.

<sup>2</sup> El volumen de producción maderable referido corresponde a los municipios michoacanos que pertenecen a la cuenca del lago de Cuitzeo. El INEGI no registró información para los municipios de la cuenca pertenecientes al estado de Guanajuato en 2005.

Morelia, seguido de Pátzcuaro e Indaparapeo suman en conjunto el 62.8% del valor de la producción forestal total de la cuenca, con un valor generado en el rango comprendido entre 10 y 15 millones de pesos en cada caso (Tabla 5 y Mapa 3.9). Le siguen, con una producción intermedia, los municipios de Queréndaro y Charo (entre 6.4 y 8 millones de pesos), y en un tercer nivel se ubica la producción de los municipios de Zinapécuaro y Acuitzio (entre 3.5 y 4.5 millones de pesos). Si bien, en todos ellos está presente la generación de valor por producción no maderable, que se destaca únicamente en el municipio de Morelia, responsable del 70.7% del valor total generado en este rubro, y en el de Queréndaro, del que deriva 12.8% de dicho valor; en el resto de los municipios que realizan actividad forestal, la producción no maderable es prácticamente insignificante (Tabla 5 y Mapa 3.9).

**Tabla 3. Volumen de la producción forestal maderable en la cuenca de Cuitzeo, 2005.**

Municipio	Volumen total (m <sup>3</sup> en rollo)	Coníferas (m <sup>3</sup> en rollo)			Latifoliadas (m <sup>3</sup> en rollo)	
		Pino	Oyamel	Cedro blanco	Encino	Otras
Acuitzio	4,727	3,512	1,200	0	15	0
Charo	8,540	8,540	0	0	0	0
Indaparapeo	14,400	13,200	0	0	1,200	0
Lagunillas	1,200	1,200	0	0	0	0
Morelia	21,160	16,500	1,250	1,200	1,560	650
Pátzcuaro	19,150	17,800	0	100	1,250	0
Queréndaro	11,370	8,560	1,560	0	1,250	0
Zinapécuaro	6,070	5,650	150	0	270	0
Acámbaro	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d
Salvatierra	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d
Álvaro Obregón	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d
Copándaro	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d
Cuitzeo	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d
Chucándiro	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d
Huandacareo	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d
Huiramba	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d
Morelos	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d
Santa Ana Maya	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d
Tarímbaro	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d
<b>Total Cuenca</b>	<b>86,617</b>	<b>74,962</b>	<b>4,160</b>	<b>1,300</b>	<b>5,545</b>	<b>650</b>

s/d: Sin datos; Fuente: INEGI, 2006a y 2006b.

En conclusión, la actividad forestal ocupa el tercer lugar dentro del conjunto de la economía primaria de la cuenca del lago de Cuitzeo. Sin embargo, en términos del valor generado, es poco significativa en comparación con la ganadería y la agricultura. Al interior de su estructura productiva, la producción maderable equivale al 83.7% del total y la no maderable conforma el 16.3% restante (Tabla 5).

El problema del subregistro de información limita los alcances del análisis realizado, pero en forma general puede señalarse que la actividad forestal está geográficamente muy localizada, siguiendo una franja que se extiende a lo largo del límite sur de la cuenca (suroeste-sur-sureste).

En virtud de que unos cuantos municipios centralizan el grueso de la producción forestal, aparentemente no es esta actividad, sino la expansión territorial de la agricultura y la ganadería, el proceso que explica, en mayor grado, el problema de erosión y la consiguiente pérdida del suelo que trae como consecuencia el transporte de sedimentos y su ulterior destino en el lago de Cuitzeo, con el resultante incremento en su azolvamiento y la disminución de su profundidad y su volumen de agua. Sin embargo, en la medida en que la actividad forestal se desarrolle con el empleo de sistemas más tecnificados y con la aplicación de sistemas silvícolas para un manejo con enfoque de sustentabilidad, ésta contribuirá a mitigar parcialmente el impacto ambiental negativo generado por la expansión de las actividades agropecuarias.



**Tabla 4. Volumen de la producción forestal no maderable en la cuenca de Cuitzeo, 2005.**

Municipio	Volumen total (ton)	Resinas (ton)
Charo	140	140
Indaparapeo	100	100
Morelia	430	430
Pátzcuaro	430	430
Queréndaro	420	420
Zinapécuaro	160	160
Acámbaro	s/d	s/d
Salvatierra	s/d	s/d
Acuitzio	s/d	s/d
Álvaro Obregón	s/d	s/d
Copándaro	s/d	s/d
Cuitzeo	s/d	s/d
Chucándiro	s/d	s/d
Huandacareo	s/d	s/d
Huiramba	s/d	s/d
Lagunillas	s/d	s/d
Morelos	s/d	s/d
Santa Ana Maya	s/d	s/d
Tarímbaro	s/d	s/d
<b>Total Cuenca</b>	<b>1,680</b>	<b>1,680</b>

s/d: Sin dato; Fuente: INEGI, 2006a y 2006b.

**Tabla 5. Valor de la producción forestal maderable y no maderable, 2005 (miles de \$).**

Nombre	Maderables						No maderables	
	Valor total	Coníferas			Latifoliadas		Valor total	Resinas
		Pino	Oyamel	Cedro blanco	Encino	Otras		
Acuitzio	3,480	2,634	840	0	6	0	s/d	s/d
Charo	6,405	6,405	0	0	0	0	533	533
Indaparapeo	10,380	9,900	0	0	480	0	410	410
Lagunillas	900	900	0	0	0	0	s/d	s/d
Morelia	14,974	12,375	875	840	624	260	8,610	8,610
Pátzcuaro	13,920	13,350	0	70	500	0	410	410
Queréndaro	8,012	6,420	1,092	0	500	0	1,558	1,558
Zinapécuaro	4,451	4,238	105	0	108	0	656	656
Acámbaro	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d
Salvatierra	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d
Álvaro Obregón	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d
Copándaro	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d
Cuitzeo	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d
Chucándiro	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d
Huandacareo	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d
Huiramba	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d
Morelos	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d
Santa Ana Maya	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d
Tarímbaro	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d
<b>Total Cuenca</b>	<b>62,522</b>	<b>56,222</b>	<b>2,912</b>	<b>910</b>	<b>2,218</b>	<b>260</b>	<b>12,177</b>	<b>12,177</b>

s/d: Sin datos; Fuente: INEGI, 2006a y 2006b.





# 4

## INFRAESTRUCTURA



Fotografía: Brenda Ávila Flores

## Urbanización

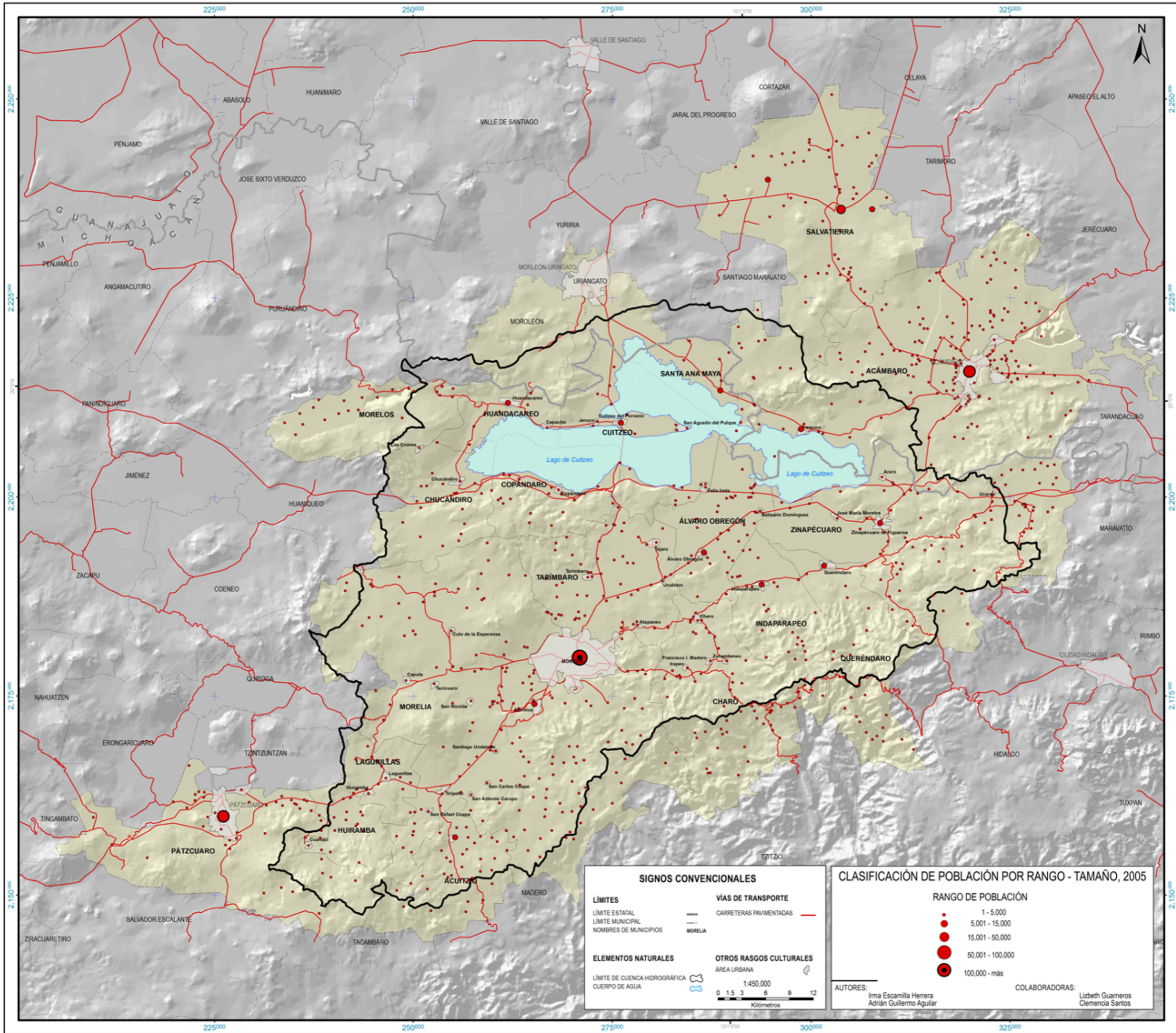
**Irma Escamilla Herrera**  
**Adrián Guillermo Aguilar**

**E**l proceso de urbanización ha resultado en el desarrollo de grandes metrópolis como lo son la Ciudad de México, Guadalajara o Monterrey, que se han conformado como los centros económicos más importantes de México; además en algunas regiones se han multiplicado centros urbanos que experimentan crecimientos significativos, sobre todo, las capitales estatales o localidades que se especializan en alguna actividad económica, tal es el caso de León, Guanajuato, con su actividad industrial de piel y calzado; Cancún, Quintana Roo o Los Cabos, Baja California Sur, por su actividad turística; Coatzacoalcos, Veracruz, por su actividad portuaria y petrolera, donde se manifiestan diferencias socioeconómicas y de infraestructura por una desigual e inequitativa distribución de los recursos.

Estos centros desempeñan roles productivos, comerciales y de servicios que dependen de su tamaño a partir de la concentración económica y poblacional, por lo que la cantidad de población y su distribución ha ido en aumento. En particular, en el año 2005 las localidades urbanas reportaron el 70% del total de la población del país; entre 2000 y 2005 registraron una tasa de crecimiento de 1.76%, superior a la nacional (1.16%). Las ciudades medias con población entre cien mil y menos de un millón de habitantes registraron la mayor tasa de crecimiento (5.04%), esto es 3.84 puntos porcentuales más que la nacional. Esta tendencia hacia sociedades predominantemente urbanas trae consigo impactos de diversa índole, no sólo ecológicos, sino también socioeconómicos, políticos y culturales.



Fotografía: Zoltan Vekerdy



Mapa 4.1a - Clasificación de población por rango-tamaño, 2005

## 4 INFRAESTRUCTURA

La cuenca del lago de Cuitzeo pertenece al sistema hidrológico Lerma-Chapala, uno de los más importantes del país, el cual comprende alrededor de 4,000 km<sup>2</sup> y da origen al lago de Cuitzeo, el segundo más grande de México (Quadratin, 2007). Asimismo, la cuenca se localiza dentro de una de las principales regiones geoeconómicas de México, la Región Centro Occidente,<sup>1</sup> donde las localidades urbanas dentro de la cuenca representaron en 2005 tan sólo el 0.003% del número total a nivel nacional y el 1.6% del total de localidades urbanas, equivalentes a 1,312,948 hab, esto es el 1.3% de la población total y cerca del 2% de la población urbana nacional.

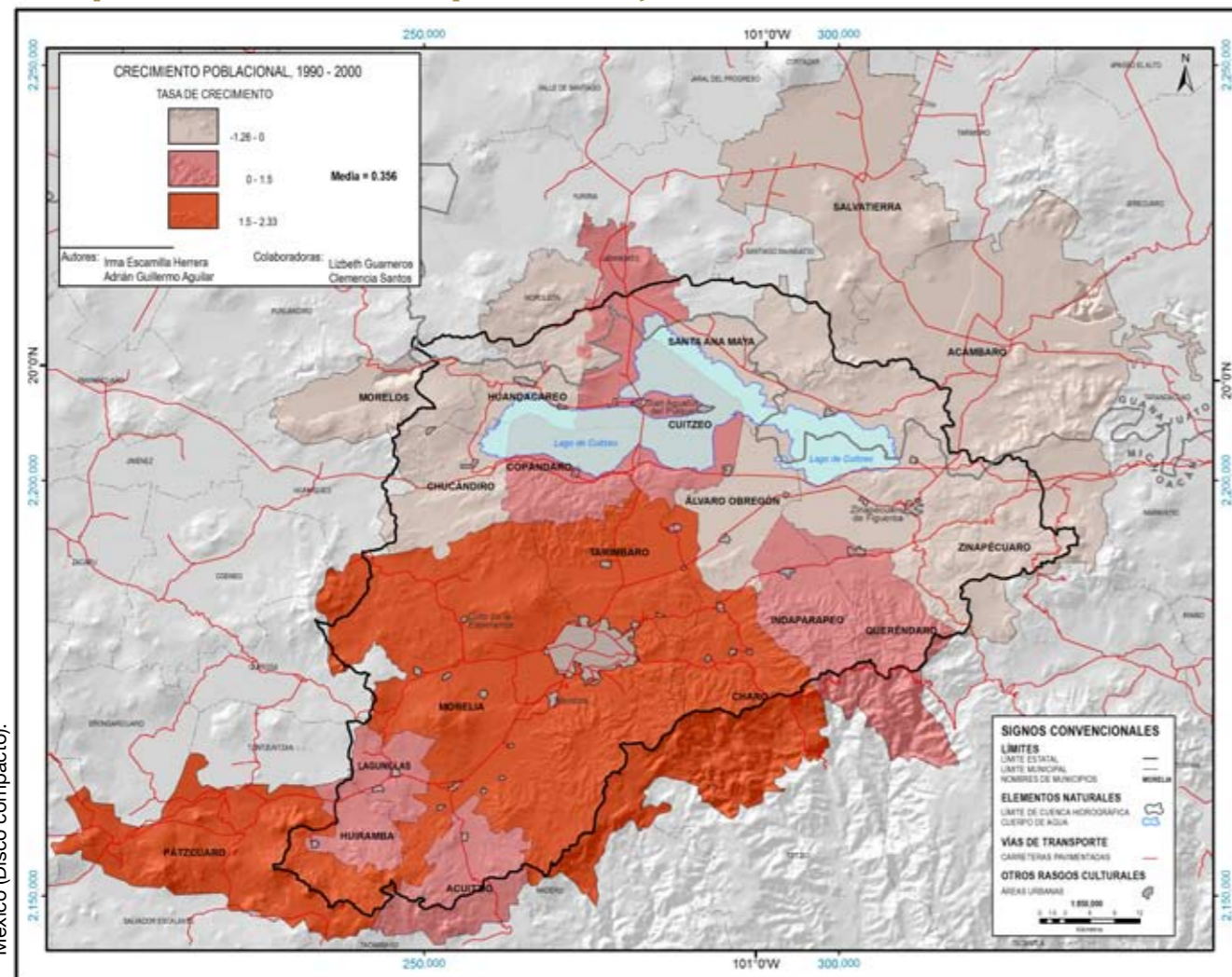
<sup>1</sup> De acuerdo con la clasificación geoeconómica de Bassols (1983) la Región Centro Occidente la conforman Aguascalientes, Colima, Guanajuato, Jalisco y Michoacán.

En la cuenca se aprecia una disparidad en el crecimiento entre la población urbana y la rural. En el 2005 se registró un total de 98% de localidades rurales contra sólo el 2% de urbanas (más de 15,000 hab) que superan la mitad de la población urbana de la cuenca (64%) en relación a la asentada en 1,152 localidades del tipo rural (con menos de 5,000 hab) dispersas en toda la zona (Mapa 4.1a). Muchas de ellas tienden a concentrarse en los alrededores de las zonas metropolitanas importantes como de Morelia o muestran una estrecha relación con el eje carretero norte-sur, principal vía de comunicación dentro de la cuenca que forma un corredor urbano desde Pátzcuaro hasta Moroleón-Uriangato.

Entre 1990 y el 2000, tanto a nivel país como en las entidades de Guanajuato y Michoacán, las tasas de crecimiento fueron positivas y cercanas a la nacional. Particularmente, la ciudad de Morelia registró una tasa superior en medio punto a la nacional; no obstante, a nivel municipal se registraron tasas negativas en nueve de 21 municipios (42% del total de la cuenca), en cinco se registraron tasas menores a uno y en ocho mayores a uno, pero por debajo de la media nacional. Esta condición se agudizó durante el último quinquenio, pues entre el 2000 y el 2005 las tasas de crecimiento en 66% de los municipios (14) fueron negativas, cuatro tuvieron tasas menores a uno y tres registraron tasas superiores a la nacional; en particular, el municipio de Tarímbaro alcanzó una tasa de crecimiento de 5.5 que representa más de cuatro puntos porcentuales con respecto a la nacional (Gráfica 1 y Mapas 4.1b y 4.1c).

Tarímbaro y Morelia conforman la Zona Metropolitana de Morelia (ZMM), cuyo crecimiento se manifiesta hacia el norte de la capital michoacana, relacionado con la localización de importantes vías de comunicación que favorecen la expansión metropolitana y guardan relación con la actividad económica nacional y con la cuenca Lerma-Chapala, en la que se encuentra inserta. Ambas influenciadas por dos de las principales zonas metropolitanas del país: la de la Ciudad de México y la de Guadalajara, así como de la zona metropolitana Moroleón-Uriangato (ZMMU), aunque de

**Mapa 4.1b - Crecimiento poblacional, 1990-2000**

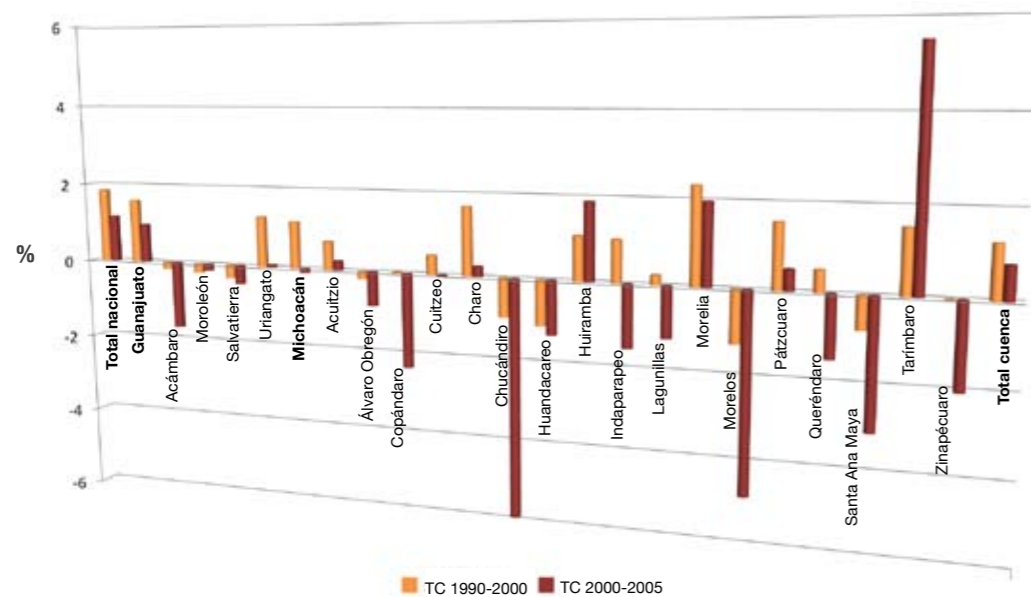


Fuente: INEGI (1990) Integración Territorial. México. (Disco compacto); INEGI (2000) Integración Territorial. México. (Disco compacto).

menor jerarquía, ha influido en la expansión física y funcional de la ciudad de Morelia.

No obstante, aun con el importante crecimiento registrado en Tarímbaro, en el mismo quinquenio (2000-2005) la cuenca del lago de Cuitzeo experimentó un importante decremento en la población, perfilándose como una zona expulsora de personas migrantes hacia otros centros urbanos vecinos, pero principalmente hacia la frontera con los Estados Unidos de Norteamérica. Los municipios en los que se registraron tasas de crecimiento negativas se distribuyen a lo largo de la ribera del lago, como son Acámbaro y Salvatierra en Guanajuato o Santa Ana Maya, Copándaro y Chucándiro en Michoacán, en este último municipio se registró la mayor tasa negativa de la región, lo cual se asocia a los niveles de pobreza y bajo nivel tecnológico que se experimenta en el lugar.

De las 56 zonas metropolitanas reconocidas oficialmente en 2005 (SEDESOL *et al.*, 2007) a la cuenca del lago de Cuitzeo



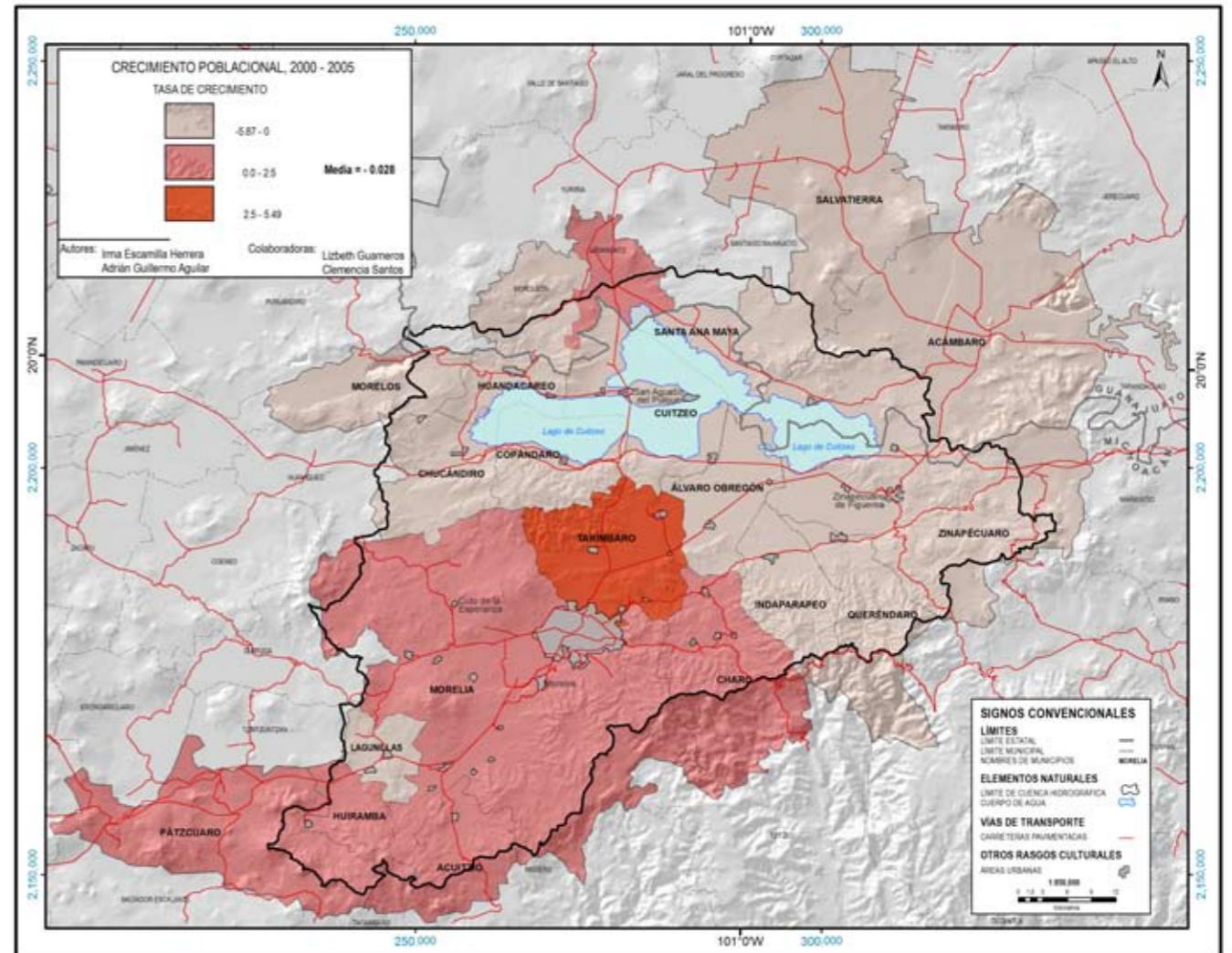
Fuente: Cálculos propios con base en INEGI, 1990-2000, 2005.

Gráfica 1. Tasa de crecimiento de la población urbana, 1990-2005.

le corresponden la ZMMU y la ZMM, las cuales registraron una densidad media urbana de 69.7 hab/ha y de 101 hab/ha, respectivamente (Mapa 4.1a), lo que implica una intensa presión sobre los recursos naturales con una consecuente degradación de los ecosistemas por falta de un manejo integral de cuenca, mismo que se pretende se lleve a cabo a efecto del Programa de Ordenamiento Ecológico Regional de la Cuenca del Lago de Cuitzeo, decretado en marzo de 2006, después de una serie de consultas públicas iniciadas en noviembre de 2004, por lo que será necesario darle seguimiento y continuidad para bienestar de los pobladores de la región.



Mapa 4.1c - Crecimiento poblacional, 2000-2005



Fuente: INEGI (2005) Censo de Población y Vivienda 2005, México (Disco compacto).

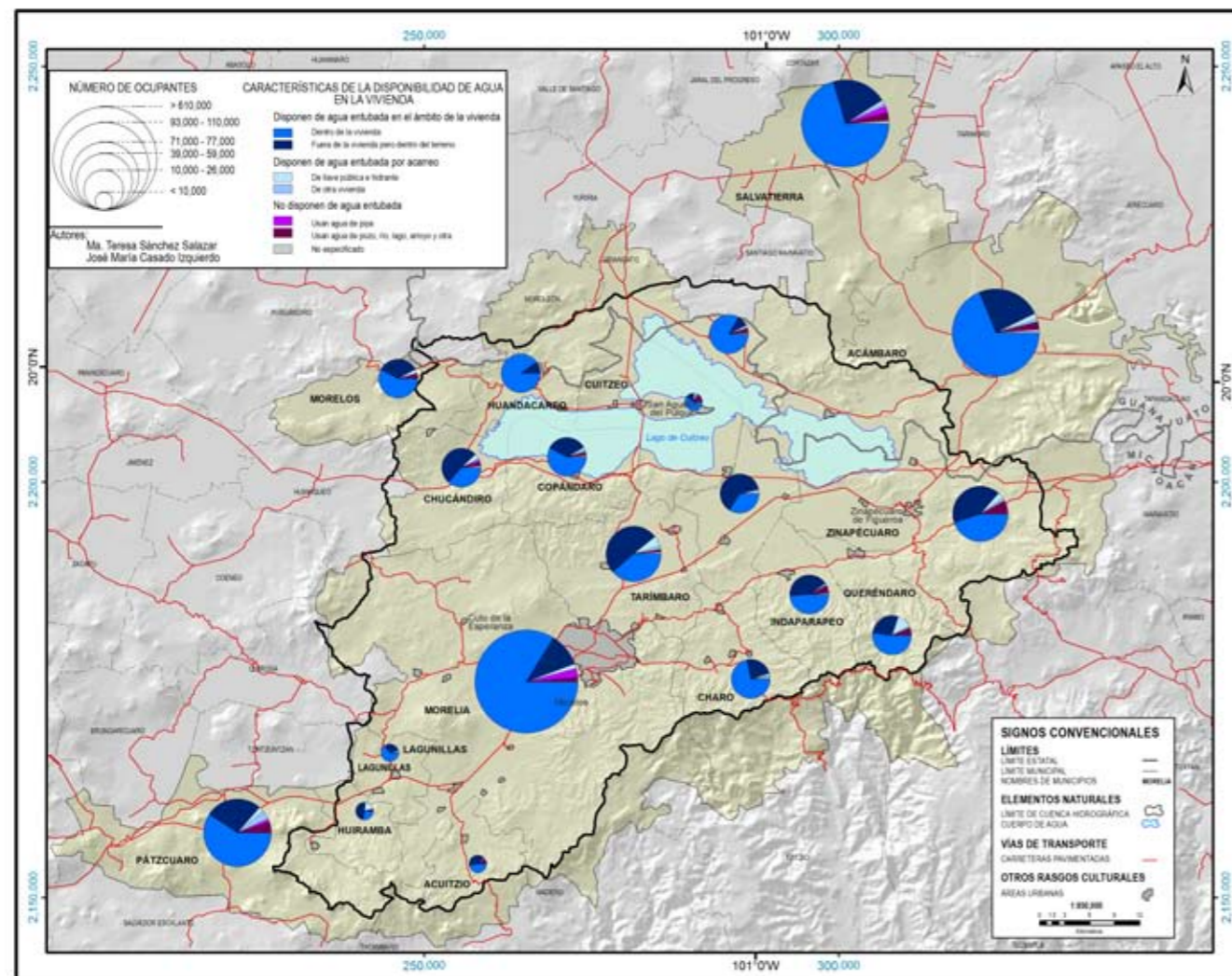
# Disponibilidad de Drenaje y Agua en la Vivienda

**María Teresa Sánchez Salazar**  
**José María Casado Izquierdo**

La disponibilidad de drenaje y de agua en la vivienda se relacionan con las condiciones ambientales de la cuenca del lago de Cuitzeo. En este capítulo se presentan gráficas referentes al drenaje -ocupantes según disponibilidad y ocupantes según tipo de conexión- y al agua -ocupantes según disponibilidad procedente de la red pública y ocupantes según tipo de disponibilidad-. Los datos estadísticos corresponden a 2005 y proceden del II Censo de Población y Vivienda, 2005 (INEGI, 2006a).

En el año 2005, 91.3% de los ocupantes de las viviendas en la cuenca disponían de drenaje, en tanto que 7.8% no contaban con dicho servicio. Del total que tenían drenaje, más de la mitad (58%) estaban concentrados en el municipio de Morelia, al que le seguían los municipios de Acámbaro y Salvatierra (8.4 y 7.5%, respectivamente), Pátzcuaro, Tarímbaro y Zinapécuaro (6.7, 4.1 y 3.7% de dichos ocupantes); (INEGI, 2006a).

**Mapa 4.2a - Características de la disponibilidad de agua en la vivienda por municipio, 2005**



A nivel municipal, las proporciones más altas de población que cuentan con drenaje en la vivienda corresponden a los municipios más urbanizados y aquéllos que, siendo rurales, tienen un alto porcentaje de su población concentrada en las cabeceras. Hay sólo dos municipios cuya proporción sobrepasa la media estatal de 91.3%, y son Huandacaro y Morelia (96.1 y 95.3%, respectivamente); le siguen Copándaro, Tarímbaro, Indaparapeo y Cuitzeo (de 92.2 a 90.8% del total de ocupantes de las viviendas); (Tabla 1 y Gráfica 1). Se trata de municipios ribereños al lago, por lo que seguramente sus descargas de aguas negras van a dar directamente a él, de igual manera que el de Morelia, las cuales son las más importantes de todas las que llegan al lago. En contraste, las proporciones más altas de población que no dispone de drenaje en la vivienda corresponden a los municipios de Chucándiro, Morelos, Pátzcuaro, Huiramba y Lagunillas (de 31.7 a 20.8%) lo que se relaciona con el nivel de dispersión rural de su población (Tabla 1 y Gráfica 1).

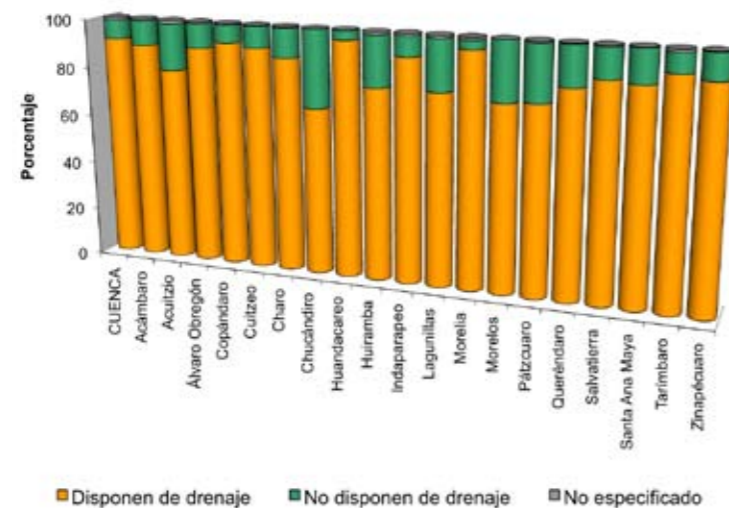
De la población que contaba con drenaje en la vivienda en la cuenca en 2005, 83.6% lo disponía conectado a la red pública, 4.8% lo tenía conectado a fosa séptica, 1.4% contaba con desagüe a barranca o grieta y 1.6% lo canalizaba hacia un río o lago (INEGI, 2006a). Las proporciones más altas de población que tenían drenaje conectado a la red pública, por encima de la media para la región

## 4.2 DISPONIBILIDAD DE DRENAJE Y AGUA EN LA VIVIENDA

**Tabla 1. Población que dispone de drenaje en la vivienda en la cuenca de Cuitzeo, 2005.**

Municipio	Total ocupantes en viviendas	Disponen de drenaje %	No disponen de drenaje %	No especificado %
Acámbaro	100,289	89.1	10.2	0.7
Salvatierra	91,081	87.2	12.2	0.6
Acuitzio	9,935	79.5	19.1	1.4
Álvaro Obregón	18,592	89.4	10.0	0.6
Copándaro	8,122	92.2	7.4	0.4
Cuitzeo	26,159	90.8	8.9	0.3
Charo	17,257	87.6	12.0	0.4
Chucándiro	5,512	68.1	31.7	0.1
Huandacareo	11,007	96.1	3.8	0.0
Huiramba	7,303	78.2	20.8	1.0
Indaparapeo	14,873	91.1	8.1	0.9
Lagunillas	4,784	78.2	20.8	1.0
Morelia	644,478	95.3	3.6	1.1
Morelos	8,518	75.9	24.1	0.0
Pátzcuaro	77,909	76.7	22.6	0.7
Queréndaro	12,354	83.4	16.3	0.4
Santa Ana Maya	11,848	86.3	13.5	0.2
Tarímbaro	48,134	91.1	7.8	1.0
Zinapécuaro	43,444	89.1	10.6	0.3
<b>Total cuenca</b>	<b>1,161,599</b>	<b>91.3</b>	<b>7.8</b>	<b>0.9</b>

Fuente: INEGI, 2006a.

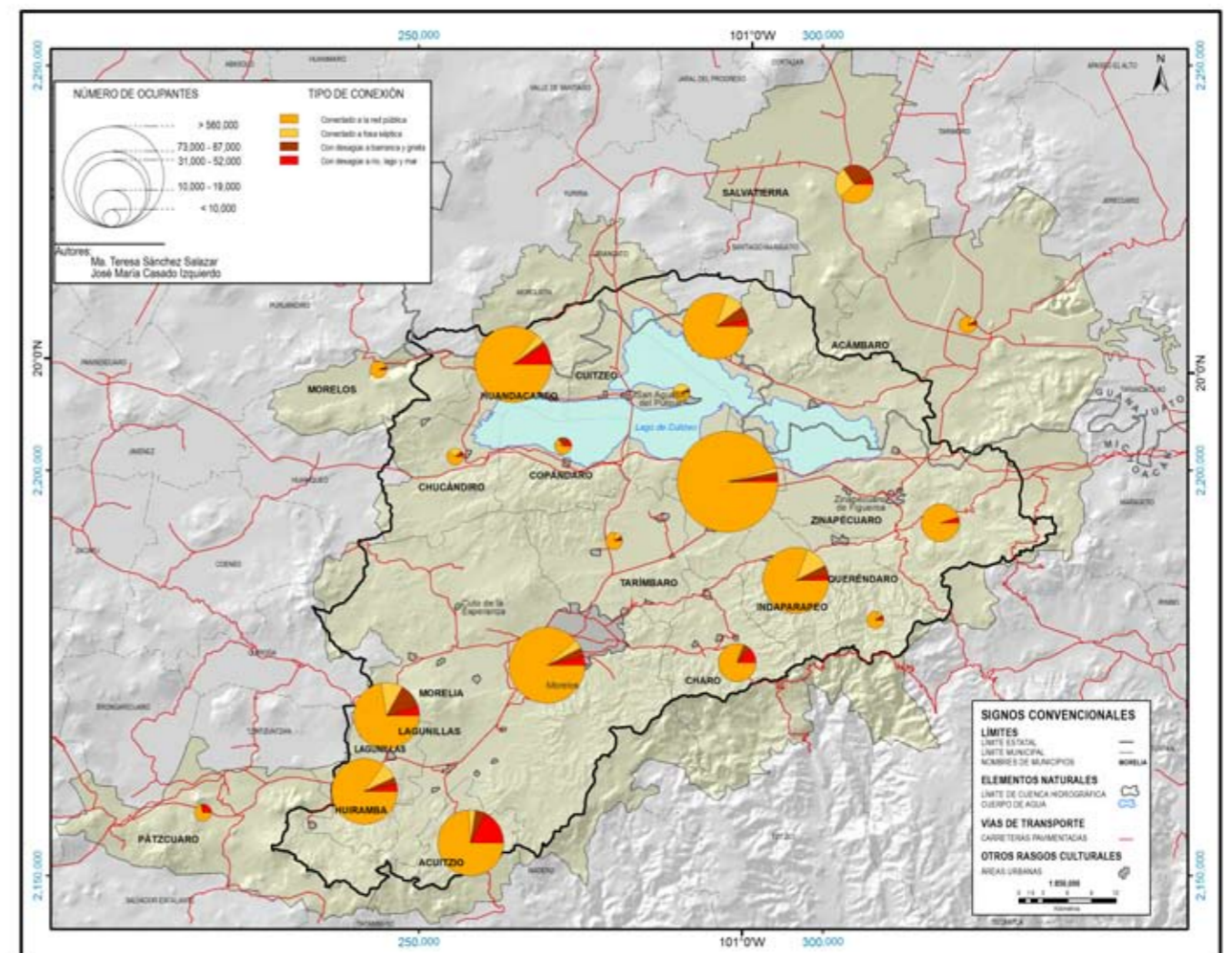


**Gráfica 1. Ocupantes según disponibilidad de drenaje, 2005.**

de estudio (83.6%) son Huandacareo y Morelia (95 y 91.6%, respectivamente), municipios con altos niveles de urbanización o con elevada concentración de su población en una localidad que suele ser la cabecera municipal. Morelos, Huiramba, Acuitzio y Chucándiro sobresalen porque su población cuenta con servicio de drenaje mediante fosa séptica (de 36.4 a 20%); (Tabla 2; Gráfica 2).

La proporción más alta de población cuya vivienda vierte sus aguas negras a alguna barranca o grieta está en Charo, Zinapécuaro y Tarímbaro (entre 9.1 y 4.1%). Los municipios ribereños son los que tienen mayores porcentajes de población que descargan sus aguas domésticas directamente al lago o a alguno de los ríos principales de la cuenca: Tarímbaro, Salvatierra, Zinapécuaro e Indaparapeo (entre 5.7 y 2.3% de la población que cuenta con drenaje en la vivienda de cada municipio). Si bien el municipio de Morelia no aparece con

**Mapa 4.2b - Características del drenaje en la vivienda por municipio, 2005**

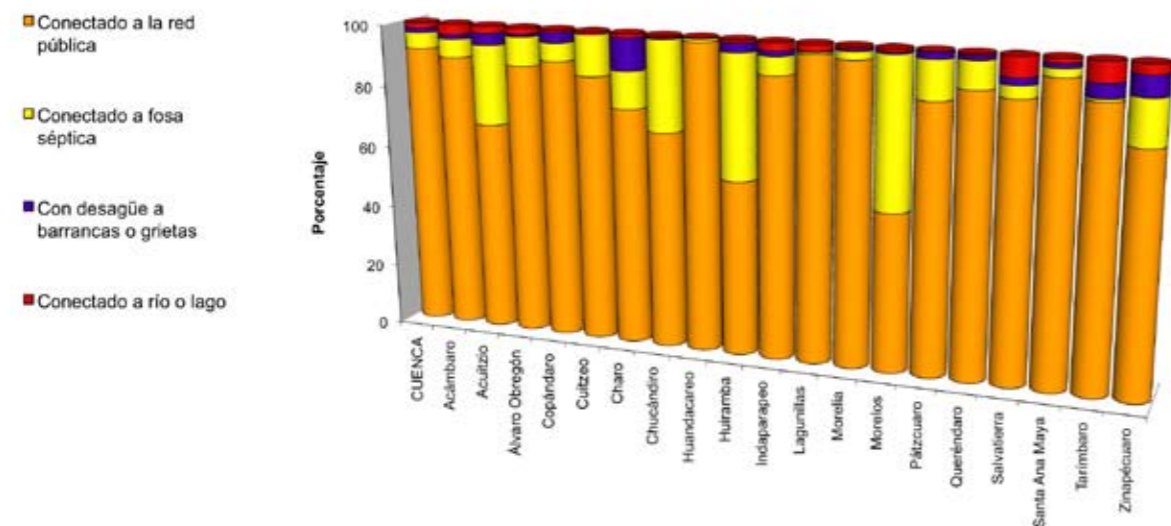




**Tabla 2. Población que dispone de drenaje en la vivienda según tipo de drenaje disponible en la cuenca de Cuitzeo, 2005.**

Municipio	Total ocupantes	Disponen de drenaje %	Conectado a la red pública %	Conectado a fosa séptica %	Con desagüe a barranca o grieta %	Con desagüe a río o lago %
Acámbaro	100,289	89.1	79.6	5.3	1.3	2.9
Salvatierra	91,081	87.2	76.4	3.4	2.0	5.4
Acuitzio	9,935	79.5	54.0	20.7	3.0	1.8
Álvaro Obregón	18,592	89.4	78.5	8.5	0.7	1.7
Copándaro	8,122	92.2	83.0	5.4	3.0	0.7
Cuitzeo	26,159	90.8	78.1	12.1	0.1	0.6
Charo	17,257	87.6	66.9	10.6	9.1	1.0
Chucándiro	5,512	68.1	47.5	20.0	0.3	0.4
Huandacareo	11,007	96.1	95.0	0.9	0.1	0.1
Huiramba	7,303	78.2	43.9	31.3	2.3	0.7
Indaparapeo	14,873	91.1	81.9	5.4	1.5	2.3
Lagunillas	4,784	78.2	75.9	0.5	0.2	1.6
Morelia	644,478	95.3	91.6	2.5	0.6	0.7
Morelos	8,518	75.9	38.4	36.4	0.5	0.6
Pátzcuaro	77,909	76.7	65.5	9.5	1.6	0.2
Queréndaro	12,354	83.4	74.5	7.3	1.2	0.4
Santa Ana Maya	11,848	86.3	81.6	2.3	1.3	1.2
Tarímbaro	48,134	91.1	80.5	0.8	4.1	5.7
Zinapécuaro	43,444	89.1	67.7	12.9	5.8	2.8
<b>Total cuenca</b>	<b>1,161,599</b>	<b>91.3</b>	<b>83.6</b>	<b>4.8</b>	<b>1.4</b>	<b>1.6</b>

Fuente: INEGI, 2006a.



**Gráfica 2. Ocupantes que disponen de drenaje según tipo de conexión, 2005.**

una proporción importante en este rubro (Tabla 2 y Gráfica 2), sabemos que su drenaje finalmente se canaliza hacia el Río Grande de Morelia.

En 2005, 94% de la población de la cuenca disponía de agua entubada en la vivienda (Tabla 3). Los municipios con las proporciones más altas de población con este servicio, respecto al total de ocupantes por vivienda de la cuenca, son Morelia (56%), seguido por Acámbaro, Salvatierra, Tarímbaro y Zinapécuaro (24.2% de los ocupantes en conjunto). Diez municipios tenían proporciones de ocupantes con disponibilidad de agua más altas que la media de la cuenca. En contraste, las proporciones más altas de población que no contaba con el servicio en la vivienda respecto del total municipal, corresponde a los municipios de Huiramba, Acuitzio, Charo, Copándaro y Chucándiro (de 28.4 a 10%); (Tabla 3 y Gráfica 3).

Finalmente, en 2005, de la población que disponía de agua entubada en la vivienda en la región, 81.6% la tenía dentro de la casa y 12.5% estaba fuera de ésta pero dentro del terreno en propiedad. Del 5.3% que no contaba con agua de la red pública, 0.4% disponía de agua entubada por acarreo de llave pública o hidrante y 0.8% la acarrea de otra vivienda. De la población que no disponía de agua entubada en la vivienda, 1.6% empleaba agua de pipa y 2.5% utilizaba agua de pozo, río, arroyo o lago (Tabla 4).

Respecto a los municipios, cinco tenían proporciones de población con disponibilidad de agua entubada dentro de la vivienda por encima del promedio de la región; entre ellos figuraban los municipios más urbanizados, pero también algunos ribereños al lago: Huandacareo, Santa Ana Maya, Morelia, Lagunillas y Acámbaro (entre 95.9 y 81.9%); (Tabla 4 y Gráfica 4)

En algunos municipios la proporción de población que contaba con agua entubada fuera de la vivienda era bastante elevada, como Álvaro Obregón, Charo, Chucándiro y Morelos (entre 57.7 y 47.3%); Huiramba e Indaparapeo presentaban además porcentajes altos de población que se abastecía de agua potable mediante su acarreo desde llave pública o hidrante (entre 5.4 y 4.5%). De la población de la cuenca que no disponía de agua entubada en 2005, se destaca la proporción significativa en ciertos municipios -algunos ribereños al lago de Cuitzeo- de la que se abastecía de pozos, ríos, arroyos y lagos: Acuitzio y Huiramba (entre 23.4 y 20.7%), Chucándiro y Copándaro (9.8 y 9.4%, respectivamente); (Tabla 4 y Gráfica 4).

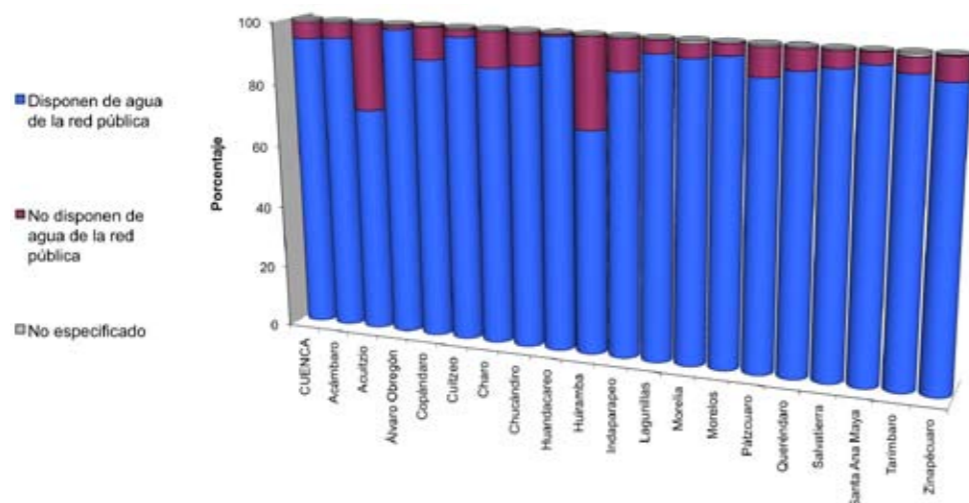


## 4.2 DISPONIBILIDAD DE DRENAJE Y AGUA EN LA VIVIENDA

Tabla 3. Población que dispone de agua en la vivienda en la cuenca de Cuitzeo, 2005.

Municipio	Total ocupantes en viviendas particulares	Disponen de agua entubada en la vivienda %	No disponen de agua entubada %	No especificado %
Acámbaro	100,289	94.7	4.7	0.5
Salvatierra	91,081	94.5	5.1	0.4
Acuitzio	9,935	72.2	27.3	0.5
Álvaro Obregón	18,592	98.6	1.1	0.4
Copándaro	8,122	89.7	10.1	0.3
Cuitzeo	26,159	97.3	2.3	0.4
Charo	17,257	88.3	11.3	0.5
Chucándiro	5,512	89.6	10.0	0.5
Huandacareo	11,007	99.2	0.8	0.1
Huiramba	7,303	71.2	28.4	0.4
Indaparapeo	14,873	89.8	9.8	0.4
Lagunillas	4,784	95.7	4.0	0.4
Morelia	644,478	95.0	4.3	0.7
Morelos	8,518	96.2	3.7	0.1
Pátzcuaro	77,909	90.6	8.9	0.5
Queréndaro	12,354	93.2	6.4	0.4
Santa Ana Maya	11,848	96.2	3.7	0.2
Tarímbaro	48,134	94.3	4.8	1.0
Zinapécuaro	43,444	92.5	7.3	0.2
<b>Total cuenca</b>	<b>1,161,599</b>	<b>94.1</b>	<b>5.3</b>	<b>0.6</b>

Fuente: INEGI, 2006a.

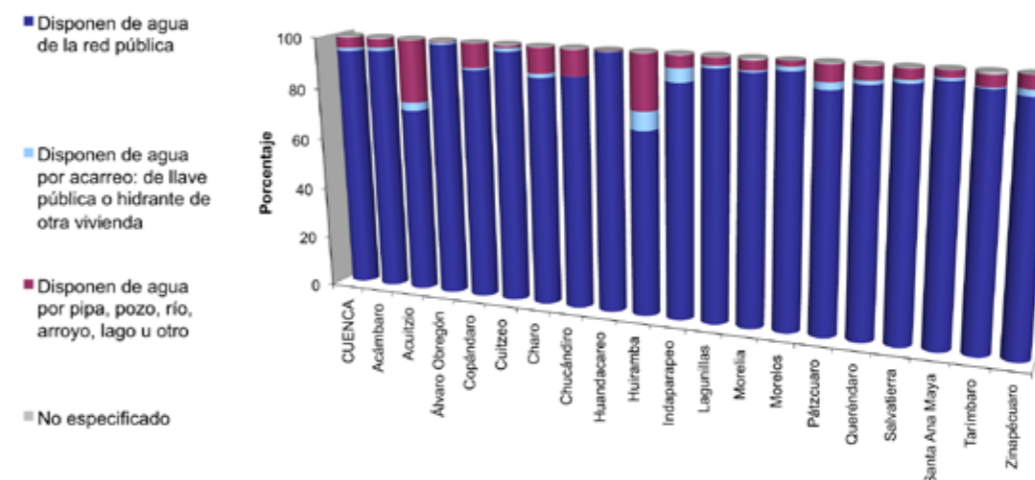


Gráfica 3. Ocupantes según disponibilidad de agua procedente de la red pública, 2005.

Tabla 4. Características de la disponibilidad de agua en la vivienda en la cuenca de Cuitzeo, 2005 (% respecto al total de ocupantes de las viviendas).

Municipio	Total ocupantes	% Disponen de agua entubada en la vivienda		% Disponen de agua entubada por acarreo de:		% No disponen de agua entubada		
		Dentro	Fuera	Llave pública	Otra vivienda	Usan agua de:		No específica
						pipa	pozo, río, lago	
Acámbaro	100,289	81.9	12.8	0.3	1.0	0.6	2.9	0.5
Salvatierra	91,081	76.6	17.9	0.4	0.9	2.0	1.9	0.4
Acuitzio	9,935	68.5	3.7	1.0	2.2	0.9	23.4	0.5
Álvaro Obregón	18,592	40.9	57.7	0.2	0.6	0.1	0.2	0.4
Copándaro	8,122	78.1	11.6	0.0	0.7	0.0	9.4	0.3
Cuitzeo	26,159	73.8	23.5	0.1	1.3	0.0	1.0	0.4
Charo	17,257	30.6	57.7	0.2	1.4	1.6	8.1	0.5
Chucándiro	5,512	32.9	56.7	0.0	0.1	0.2	9.8	0.5
Huandacareo	11,007	95.9	3.3	0.0	0.2	0.0	0.5	0.1
Huiramba	7,303	50.8	20.4	5.4	1.7	0.6	20.7	0.4
Indaparapeo	14,873	65.2	24.6	4.5	0.7	0.0	4.6	0.4
Lagunillas	4,784	83.4	12.2	0.1	0.9	1.0	2.0	0.4
Morelia	644,478	90.2	4.8	0.3	0.5	2.3	1.3	0.7
Morelos	8,518	48.9	47.3	0.2	1.5	0.1	2.0	0.1
Pátzcuaro	77,909	70.6	20.1	1.4	1.3	1.5	4.8	0.5
Queréndaro	12,354	56.9	36.3	0.2	1.3	0.1	4.9	0.4
Santa Ana Maya	11,848	90.0	6.2	0.2	0.8	0.9	1.8	0.2
Tarímbaro	48,134	80.6	13.7	0.1	0.4	0.1	4.2	1.0
Zinapécuaro	43,444	54.7	37.9	0.1	2.3	0.4	4.4	0.2
<b>Total cuenca</b>	<b>1,161,599</b>	<b>81.6</b>	<b>12.5</b>	<b>0.4</b>	<b>0.8</b>	<b>1.6</b>	<b>2.5</b>	<b>0.6</b>

Fuente: INEGI, 2006a.



Gráfica 4. Ocupantes que disponen de agua según tipo de disponibilidad, 2005.

## Actividades Secundarias y Terciarias

**María Teresa Sánchez Salazar**  
**José María Casado Izquierdo**

**E**n este capítulo se presenta la importancia de las actividades secundarias y terciarias en el conjunto de la economía de la cuenca del lago de Cuitzeo, con el fin de valorar su impacto del deterioro ambiental en la región, considerando el total de población que se dedica a ellas.

Para el análisis de la importancia económica de los sectores secundario y terciario, se tomó como variable principal el Valor Agregado Censal Bruto (VACB) por municipio, según ramas de actividad, y se complementó con el personal ocupado, también a nivel municipal. Ambas variables se extrajeron de los Censos Económicos elaborados por el INEGI, para el año de 2003 (INEGI, 2005).

Así como las actividades incluidas en el sector primario de la economía se asocian al ámbito rural de un territorio, las que integran los sectores secundario y terciario se vinculan preferentemente a la economía urbana, o por lo menos, a la centralidad que ejercen las localidades principales de una región. En la cuenca del lago de Cuitzeo, Morelia es la única ciudad que exhibe un grado de centralidad elevado por concentrar el 81% de la población urbana y el 50.1% de la población total de la región (INEGI, 2006a y 2006b); de ahí que los sectores secundario y terciario -sobre todo este último-, prevalecen muy por encima del sector primario en el conjunto de la economía.

El sector secundario es cuatro veces más importante y el sector terciario tiene diez veces mayor relevancia que el primario, en el conjunto de la economía de la cuenca.<sup>1</sup> Del total del VACB del sector secundario en 2003 (\$8,387,322 miles de pesos) la industria manufacturera representa la rama más importante (49.3% del VACB del sector secundario), seguido por la electricidad y el agua (38.7% del mismo). Por su parte, los servicios y el comercio representan, respectivamente, 68.9 y 27.8% del total del VACB del sector terciario (\$23,606,236 miles de pesos; *Ibid.*).

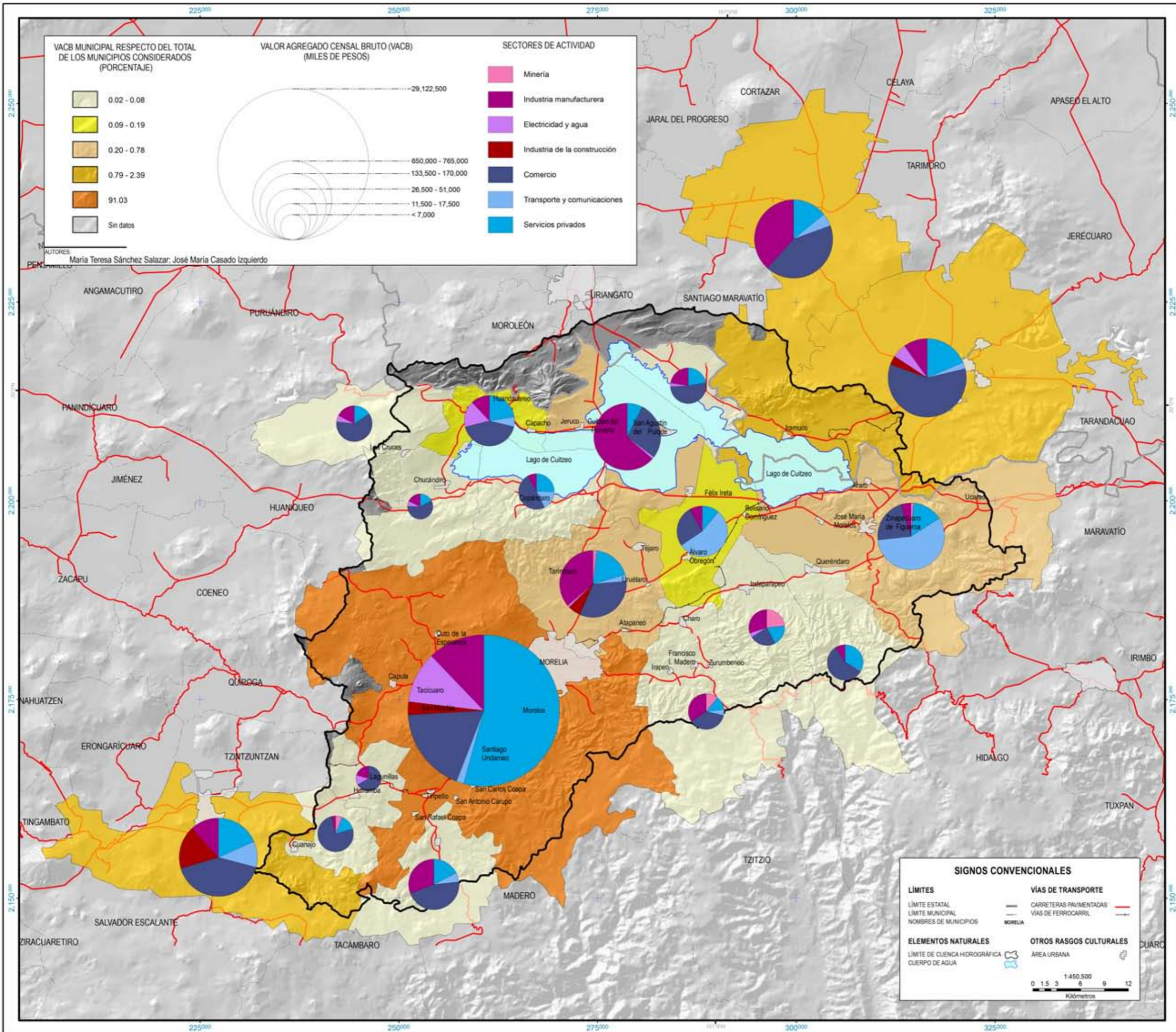
Para comprender mejor el proceso de industrialización de la cuenca y su papel en el conjunto de la economía urbano-regional, se señalan algunos antecedentes. En el decenio de 1940 comenzaron a establecerse las primeras industrias en la ciudad de Morelia. Desde esos años, las ramas más relevantes han sido las industrias ligeras, productoras de bienes de consumo, particularmente las de alimentos y bebidas. Posteriormente, se instalaron las industrias más grandes

y las medianas de las ramas química, refresquera, las productoras de aceite y mantecas vegetales, además de las que elaboran harina, gomas y resinas (Hernández, 1991, citado por Pompa *et al.*, 1998).

En la década de 1960 se iniciaron las gestiones para la ubicación de una industria papelera en la región, la Compañía Papelera de Occidente, S.A., la cual realizó los trámites ante la SARH para utilizar las aguas del manantial La Mintzita, ésta se ubicó a 10 km de la ciudad de Morelia. En el decenio de 1970 esta industria cambió su nombre a Celulosa y Papel de Michoacán, S.A. (CEPAMISA), hoy CRISOBA Industrial, S.A. de C.V., planta Morelia, perteneciente al grupo *Kimberly Clark*.<sup>2</sup> El 70% del volumen de materia prima que utiliza CRISOBA proviene de aserraderos legitimados ante PROFEPA y la propia empresa comenzó en el año 2000 un desarrollo de plantaciones forestales comerciales para completar el volumen que necesita en el proceso industrial. De esta compañía dependen 600 familias y está asentada en 106 ha, de las cuales 25 están ocupadas por edificios o áreas de proceso. Se elaboran en ella unos 800 mil rollos de papel sanitario al día.

<sup>1</sup> En 2005, el valor de la producción de las cuatro actividades primarias (agricultura, ganadería, actividad forestal y pesca) es de \$2,309,040.1 miles de pesos (INEGI, 2006a y 2006b), mientras que para 2003, el Valor Agregado Censal Bruto de los sectores secundario y terciario correspondía a \$8,387,322 y \$31,993,558 miles de pesos (INEGI, 2005). Si bien ambas variables no son estrictamente comparables entre sí y existen dos años de diferencia entre sus valores numéricos, *grasso modo* reflejan el contraste, en términos de valor, entre el sector primario y los sectores secundario y terciario de la economía.

<sup>2</sup> Esta empresa, además de consumir grandes volúmenes de agua, es considerada como la principal contaminadora de la región (Pompa *et al.*, 1998).



Mapa 4.3 - Valor Agregado Censal Bruto de las actividades secundarias y terciarias, 2003

## 4 INFRAESTRUCTURA

También es relevante el parque industrial denominado Ciudad Industrial de Morelia (CIMO), ubicado en el perímetro oriental de la capital, con una extensión total de 359 ha y una superficie urbanizada de 343 ha. En este desarrollo industrial operaban en mayo de 2004, 157 empresas industriales, de transporte, comerciales y de servicios de diversos giros y se encontraban en construcción 23 establecimientos (Tabla 1).

Los Censos Económicos de 2003 indican que el VACB total para los sectores secundario y terciario de la cuenca fue de \$31,993,558 miles de pesos y 91% lo concentraba el municipio urbano de Morelia, seguido por los de Acámbaro y Salvatierra (2.4 y 2.1%, respectivamente). En el resto de los municipios de la cuenca el VACB derivado de las actividades secundarias y terciarias es inferior al 0.8% del total; (Mapa 4.3). De las distintas ramas de los sectores secundario y terciario, a nivel regional la más importante es la de los servicios privados no financieros (50.1% del VACB total), seguida por el comercio (20.5%), la

industria manufacturera (12.9%), la generación y distribución de electricidad y agua (10.2%), la construcción (3.1%), el transporte (4.2%) y la minería (0.1%); (INEGI, 2005).

Los municipios que destacan por concentrar el mayor VACB de la cuenca en cada una de las actividades económicas son los siguientes: Morelia sobresale particularmente por reunir más del 97% del VACB en servicios privados y generación y distribución de electricidad y agua de toda la región, 85.6% de la industria manufacturera, 83.7% de la construcción y 80.9% del generado por el comercio; Morelia y Zinapécuaro aglutinan 59.5 y 18.3% del VACB procedente del transporte, respectivamente; finalmente, Morelia, Indaparapeo, Zinapécuaro, Tarímbaro, Salvatierra y Acámbaro generan en conjunto 92.4% del VACB, derivado de la minería en la región, básicamente explotación de materiales de construcción (Mapa 4.3).

Los municipios en los cuales la industria manufacturera es más relevante son: Cuitzeo en industria textil; Indaparapeo en explotación de materiales de construcción, fabricación de productos de madera para este fin y ladrillos; Tarímbaro en industria alimentaria y elaboración de cal; Acuitzio, en industria alfarera y maderera; Chucándiro en industria textil y Salvatierra en industria química y textil (todos ellos entre 30.5% y 19.5% del número de trabajadores municipales en el sector secundario y terciario); (INEGI, 2005).

Las actividades vinculadas a la generación y distribución de electricidad y agua destacan en Lagunillas, Huandacareo y Morelia (entre 17.3 y 10.9%). La construcción resalta por su peso relativo en Pátzcuaro, Tarímbaro, Acámbaro y Morelia (17.9, 6.2, 3.7 y 2.8%, respectivamente).

En cuanto a las actividades terciarias en comercio sobresalen Lagunillas (combustibles y alimentos), Huiramba (alimentos) y Morelia (todo tipo), con 92.9, 77.8 y 61.3% del VACB municipal, respectivamente, seguidos por Chucándiro (alimentos y ropa), Acámbaro (cerveza y refrescos), Queréndaro (alimentos) y Copándaro (centros cambiarios, comercio de abarrotes y productos veterinarios), donde este subsector representa más del 50% del VACB municipal. En transporte (urbano, suburbano y foráneo de pasajeros y materiales de construcción), destacan por su importancia relativa los municipios de Zinapécuaro, Álvaro Obregón, Copándaro y Pátzcuaro, y en el renglón de servicios privados no financieros, sobresalen de manera particular los municipios de Morelia (servicios



Fotografía: Zoltan Vekerdy

## 4.3 ACTIVIDADES SECUNDARIAS Y TERCIARIAS

de todo tipo, 54.3% del VACB), Queréndaro, Copándaro y Huandacareo (entre 28.7 y 22.3% del VACB municipal); (Mapa 4.3).

Para el mismo año, los Censos Económicos registran un total de 174,167 trabajadores ocupados en actividades secundarias y terciarias, de los cuales 72.5% se concentraban en el municipio de Morelia, seguidos de Pátzcuaro, Acámbaro, Salvatierra, Zinapécuaro, Tarímbaro y Cuitzeo (6.8, 6.3, 5.1, 2.1, 1.7 y 1.4%, respectivamente). Del total de trabajadores, las actividades terciarias concentraban al 76.3% de ellos, repartidos entre el comercio (38.5%), los servicios privados no financieros (33.4%) y el transporte (4.4%). Las actividades secundarias aglutinaban al 22.8% de los trabajadores, distribuidos entre la industria manufacturera (13.1%), la construcción (6.9%), la generación y distribución de electricidad y agua (2.7%) y la minería (0.1%); (INEGI, 2005).

En síntesis, la macrocefalia urbano-regional, simbolizada por la ciudad de Morelia, se refleja en su grado de centralidad sobre el conjunto de la región y en el peso que sobre la estructura económica regional representan los sectores secundario y terciario y, particularmente, la industria manufacturera y los servicios, en términos de su Valor Agregado Censal Bruto y del número de trabajadores empleados. Además, por tratarse de sectores económicos eminentemente urbanos o concentrados en las cabeceras municipales, ello podría significar que son precisamente las actividades más concentradas geográficamente, que utilizan de manera intensiva los recursos hídricos de la región y las que representan el mayor impacto para el ambiente de la cuenca.



Tabla 1. Ramas económicas presentes en la Ciudad Industrial de Morelia (CIMO).

Rama Económica	Núm. de establecimientos	Rama Económica	Núm. de establecimientos
<b>Industria</b>	<b>124</b>	<b>Transporte</b>	<b>2</b>
Siderurgia	1	Autotransporte	2
Metalmecánica	26		
Autopartes	3	<b>Distribucion y venta</b>	<b>30</b>
Concreto y material de construcción	15	Cemento	2
Soldadura	1	Maquinaria pesada y tubería	2
Acumuladores	1	Insecticidas, fungicidas, herbicidas	1
Equipo refrigeración	2	Camiones	1
Química - Pinturas	3	Llantas y refacciones	3
Química - Emulsiones asfalto, aceites	2	Tanques de gas	2
Química - Detergentes, cosméticos, poliestirenos	5	Gasolinera	2
Química - Farmacéutica	3	Farmacéuticos	1
Llantas	1	Teléfonos y cables telefónicos	2
Empaques y conexiones	2	Electrodomésticos	1
Plásticos	11	Material eléctrico	1
Textiles industriales	1	Muebles	1
Anuncios luminosos	1	Productos alimenticios	11
Papel e imprenta	7		
Muebles	8	<b>Servicios</b>	<b>18</b>
Telefonía y cable	2	Hotelería	1
Maquiladora	1	Restaurantes	2
Alimentaria	25	Alquiler maquinaria pesada	2
Alimentos balanceados	1	Mantenimiento industrial	3
Reciclaje de residuos industriales	1	Talleres mecánica automotriz	3
Tratamiento de agua potable	1	Empresas constructoras	4
		Talleres construcción	2
<b>Almacenamiento</b>	<b>6</b>	Mensajería y paquetería	1
Productos electroferreteros	2		
Material ducativo	1	<b>Total</b>	<b>180</b>
Muebles	2		
Refrescos	1		

Fuente: Fideicomiso de la Ciudad Industrial de Morelia. Directorio de las empresas instaladas en la Ciudad Industrial del Morelia. Mayo de 2004.

## Infraestructura Vial

Luis Chías Becerril  
Brenda Alcalá Escamilla

María de Lourdes Hermsillo Plascensia  
Héctor Daniel Reséndiz López

### Red de Transporte

La zona de estudio abordada es la cuenca del lago de Cuitzeo y su área de influencia, la cual cuenta con una red vial relativamente extensa (6,952 km) en la que la proporción de brechas y terracerías representa más de la mitad (52.59%) y las carreteras pavimentadas el 32.84%. Otro porcentaje importante se caracteriza por las veredas (14.39%), lo que habla de la importancia de caminos de bajas especificaciones técnicas en una zona con vocación agropecuaria de importancia regional y nacional (El Bajío), el resto está representado por los pasos de ciudad (0.18%).

El tipo de camino pavimentado que predomina en la zona son las carreteras estatales y federales libres (de 2 carriles) y pese a que su longitud se encuentra en segundo lugar (después de la correspondiente a brechas y terracerías), éste es el tipo de caminos que articula a toda la región y que soporta los flujos de mayor intensidad.

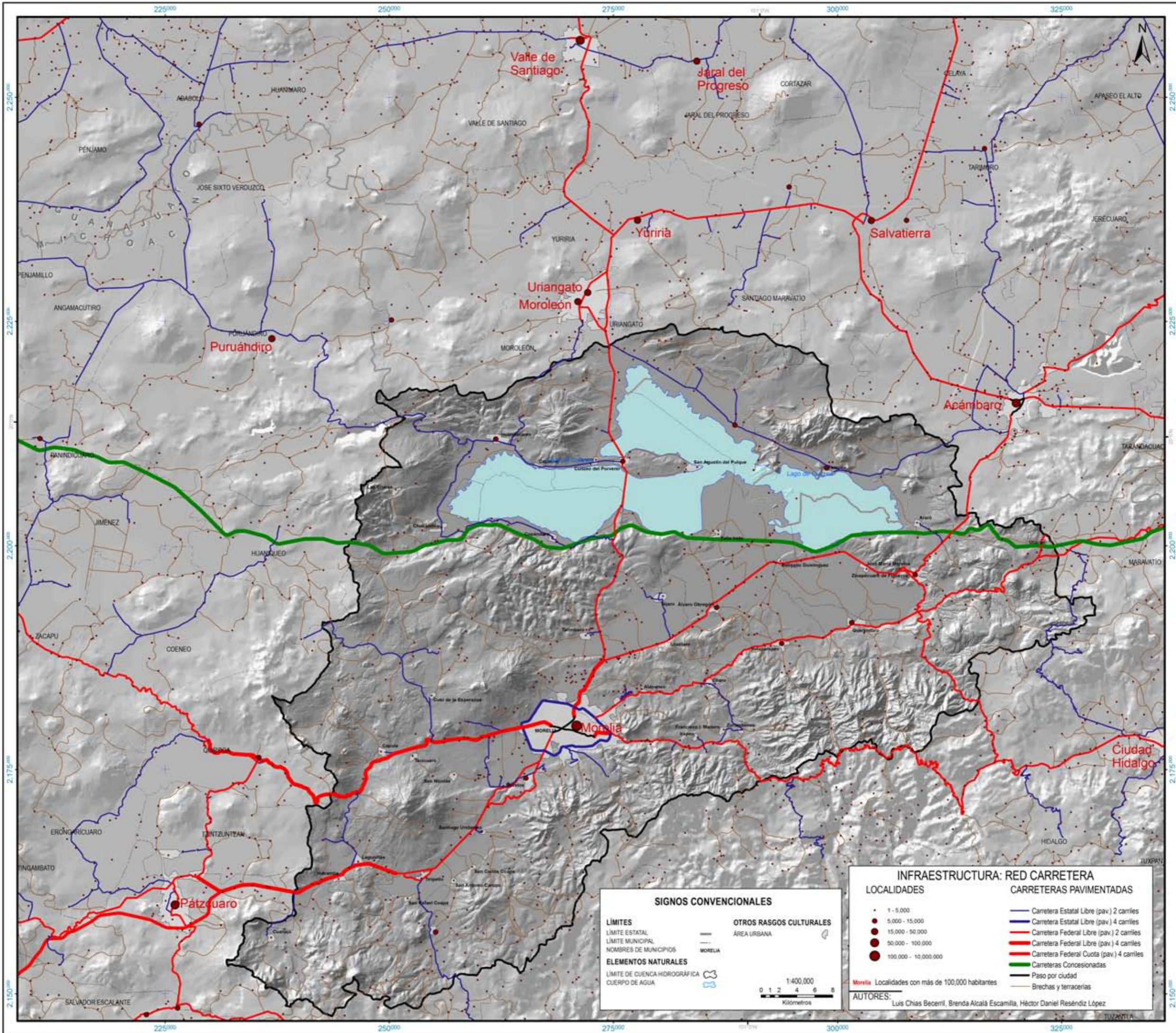
Aparentemente, la articulación vial de la zona se da a partir de la Maxipista Atlacomulco-Guadalajara, pero las autopistas, al ser vialidades de acceso controlado (sólo se puede ingresar a partir de casetas) y al estar diseñadas para ser de mediano y largo alcance, tienen como función la comunicación a escala interregional entre los estados de Michoacán, México y Jalisco. En cambio, el eje vertical representado por la carretera Celaya-Morelia, y sobre todo el eje transversal Pátzcuaro-Morelia-Acámbaro, son de mayor importancia para los vínculos regionales. Dentro de este último eje se pueden diferenciar incluso tres aparentes circuitos: dos al noreste de Morelia, integrados por las carreteras Acámbaro-Morelia y Maravatio-Morelia; el segundo por las carreteras Morelia-Ciudad Hidalgo y Maravatio-Morelia; y una zona relativamente bien articulada que se encuentra al suroeste de la capital del estado y lo conforma la carretera Morelia-Zamora y la de Morelia-Pátzcuaro-Uruapan. En el Mapa 4.4a se observa cómo la parte nororiente y oriente del lago de Cuitzeo tiene una mayor cantidad de carreteras federales y estatales, probablemente por la cercanía a la región agrícola-industrial del Bajío, en donde se encuentran localidades como Celaya, Irapuato, Apaseo, Moroleón, Yuriria y Uriangato, entre otras, que cuentan con una actividad económica importante.

Por supuesto, el principal nodo de articulación de toda la región es la capital del estado de Michoacán, Morelia, por lo que la conformación de las vialidades a partir de esta localidad muestra una estructura radial y concéntrica que refleja su jerarquía y orientación de las relaciones socioeconómicas que predominan en la región.

Respecto al lago de Cuitzeo, se observa que al norte se encuentra mejor comunicado por las carreteras estatales libres y federales (que además cuentan con diversos entronques con otras carreteras), mientras que al sur sólo se encuentra la Maxipista Atlacomulco-Guadalajara, que por sus propias características no facilita el acceso. En el caso del lago de Pátzcuaro se observa que la parte occidente se encuentra bordeada por una carretera estatal libre conectada con carreteras federales, mientras que en su margen oriental, la que facilitaría su acceso, se encuentra a una distancia de entre 5 y 6 km del lago.

**Tabla 1. Tipo de vialidad y longitud en la cuenca.**

Tipo de vialidad carretera	Longitud (km)	% de vialidad
Carretera estatal libre (pav) 2 carriles	1,139.60	16.39
Carretera federal libre (pav) 2 carriles	831.68	11.96
Carretera concesionada	162.79	2.34
Carretera federal libre (pav) 4 carriles	82.00	1.18
Carretera federal cuota (pav) 4 carriles	38.38	0.55
Carretera estatal libre (pav) 4 carriles	29.04	0.42
Paso por ciudad	12.36	0.18
Terracería	2,497.25	35.92
Brecha	1,159.02	16.67
Vereda	1,000.22	14.39
<b>Total</b>	<b>6,952.33.20</b>	<b>100</b>





## 4 INFRAESTRUCTURA

La zona que cuenta con menor número de carreteras pavimentadas es la sur-oriente de la cuenca, en la que predomina una conexión vial por medio de caminos de terracería y brechas, al igual que la zona noroccidental del lago de Cuitzeo. Sin embargo, mantienen su accesibilidad a partir de las terracerías, brechas e incluso el gran número de veredas con que cuenta la región.

### Isócronas

Las isócronas son un indicador del tiempo de desplazamiento de un punto determinado (por ejemplo, principales localidades, escuelas, hospitales, etc.) hacia el resto de la red; éstas se elaboran con base en el “coste” que implica el tiempo de desplazamiento, que dependerá de sus propias características. El resultado son áreas con un mismo tiempo

de recorrido (isócronas) que también puede interpretarse como áreas de influencia de los nodos utilizados, las cuales indican que a mayor tiempo de desplazamiento, la accesibilidad será menor y viceversa. Para la construcción de las isócronas se seleccionaron las localidades mayores a 5,000 habitantes (que funcionan como los nodos de cada isócrona) y se construyeron considerando exclusivamente a la red carretera pavimentada; el criterio de tiempo o “coste” se marca en rangos a cada 15 minutos.

En el Mapa 4.4b y Tabla 2 se aprecia cuántas localidades de menor jerarquía o tamaño de población se encuentran en cada isócrona y por lo tanto, el tiempo promedio que pueden requerir para llegar a la de mayor jerarquía (5,000 hab). En el rango de cobertura de los 15 min se encuentra el 69% de la población, dentro del rango de los 30 min de proximidad, el 20% de las localidades (de las cuales 33 son mayores a 5,000 hab). Además, en el mapa se distinguen los siguientes corredores: el que va desde la localidad de Cuitzeo hasta Celaya (vía Moroleón-Uriangato-Yuriria-Salvatierra); el de Valle de Santiago a Jaral del Progreso al norte del lago de Cuitzeo; y al sur el de Morelia, que va a Villa Madero y hacia Acámbaro por el norte, el cual se conecta con Maravatío de Ocampo.

Mapa 4.4b - Isócronas

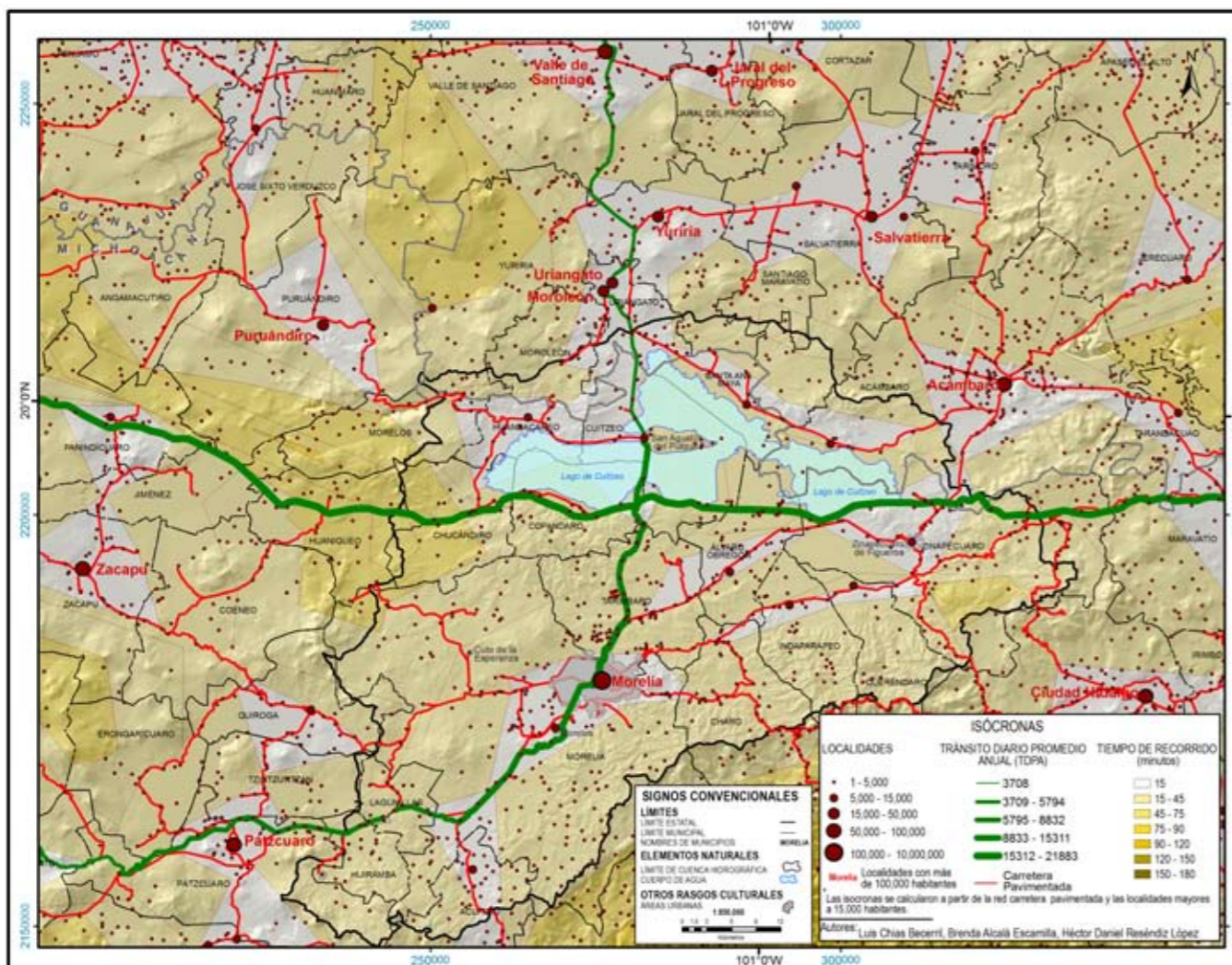


Tabla 2. Isócronas a partir de localidades mayores a 5,000 habitantes.

Rango minutos	Núm. de localidades	Población total (hab)	% del total	Área (km <sup>2</sup> )	% por área
0 - 15	1,029	1,601,177	68.67	544,984.90	5.22
15 - 30	1,192	472,008	20.24	9,208,276.68	88.22
30 - 45	517	142,619	6.12	416,500.06	3.99
45 - 60	291	73,323	3.14	116,764.40	1.12
60 - 75	146	26,998	1.16	43,748.72	0.42
75 - 90	87	9,996	0.43	31,744.00	0.30
90 - 105	111	2,527	0.11	60,257.24	0.58
105 - 120	43	2,485	0.11	11,712.68	0.11
120 - 135	10	689	0.03	3,711.84	0.04
<b>Total</b>	<b>3,426</b>	<b>2,331,822</b>	<b>100</b>	<b>10,437,700.52</b>	<b>100</b>

Respecto al Tránsito Diario Promedio Anual (TDPA) que se registra en la red carretera federal (de la estatal no se tienen datos), la vialidad con mayor tránsito de vehículos es la Maxipista, pero es importante insistir que por ésta circula un gran número de vehículos que no necesariamente tienen incidencia económica sobre la región de estudio. En cambio, el eje vertical tiene dos comportamientos bien diferenciados: de la localidad de Cuitzeo al norte, el TDPA no es muy alto, lo que indica que las relaciones de Morelia hacia esa dirección no son tan intensas como las que indican el TDPA que se registra hacia Morelia y que continúa hacia el sur.

### Densidad de Población por Isócrona

Para la realización del Mapa 4.4c y la Tabla 3 se utilizaron las isócronas elaboradas en el mapa anterior, pero se calculó la densidad de población que contiene cada una, lo que permite conocer la presión demográfica que se tiene en cada rango de tiempo y, sobre todo, la que se ejerce en los lagos de Cuitzeo y de Pátzcuaro.

La zona con mayor densidad de población se registra, por supuesto, en la cercanía de Morelia y se extiende hacia el sur de

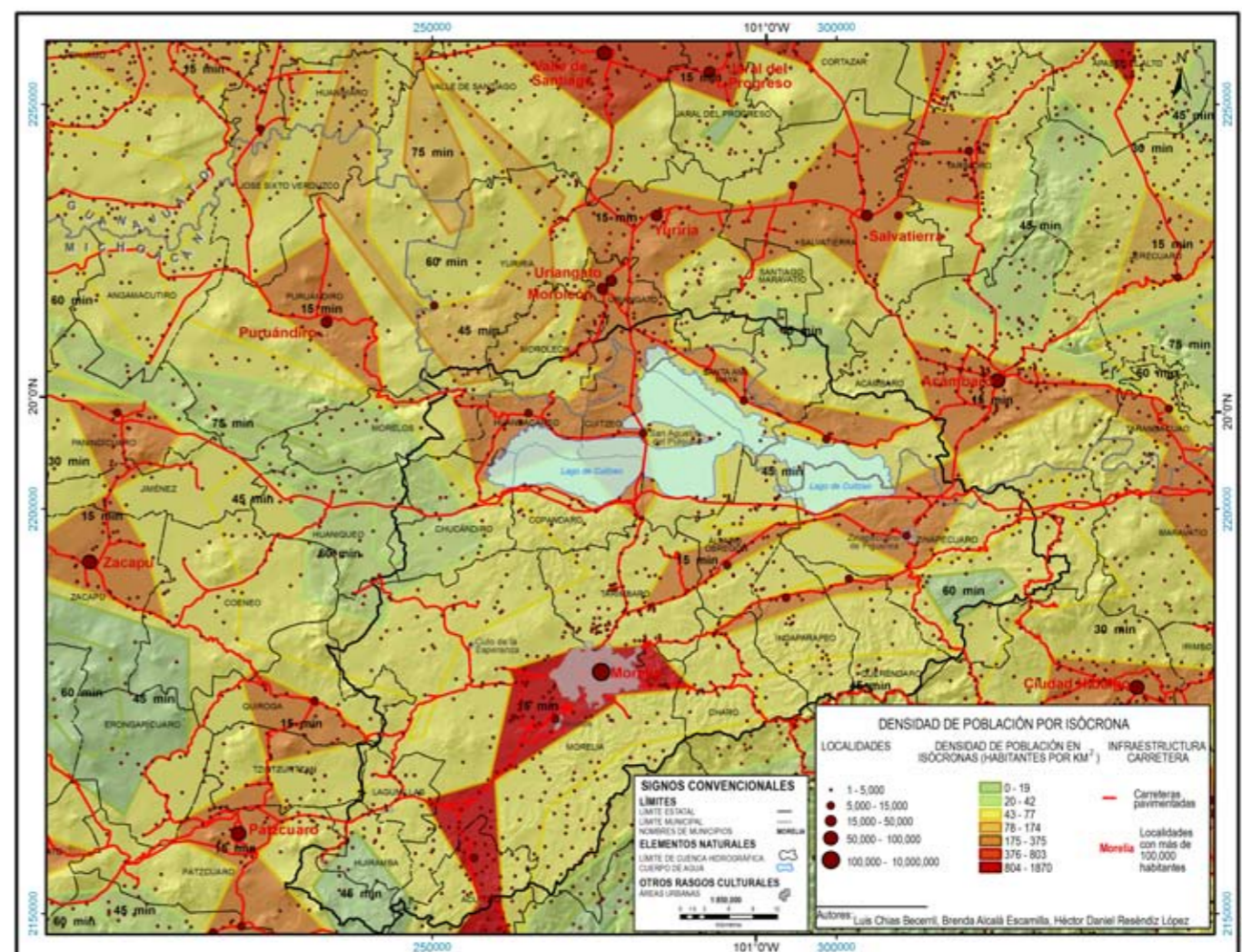
la ciudad. Las zonas que le siguen en cuanto a mayor densidad son las isócronas de 15 minutos, influenciadas por las localidades de más de 5,000 hab, tal es el caso de corredores que se forman en Valle de Santiago-Jaral del Progreso, Salvatierra-Yuriria-Uriangato-Moroleón, Acámbaro-Maravatío, Ciudad Hidalgo, Pátzcuaro, entre otras localidades.

Las áreas que cuentan con una mayor densidad de población son las cercanas a las carreteras federales libres (2 y 4 carriles), que conectan la zona norte y oriente del lago de Cuitzeo. Las zonas con menor densidad de población se encuentran donde prevalecen las carreteras estatales libres y las brechas y terracerías al noroeste del lago de Cuitzeo y al sureste de Morelia. En el caso del lago de Pátzcuaro se puede apreciar que la zona con mayor densidad de población se encuentra al este.

Tabla 3. Densidad de población por isócrona.

Rango (minutos)	Núm. de localidades	Población total (hab)	Área (km²)	% Densidad de población
0-15	1,029	1,601,177	544,984.90	2.94
15-30	1,192	472,008	9,208,276.68	0.05
30-45	517	142,619	416,500.06	0.34
45-60	291	73,323	116,764.40	0.63
60-75	146	26,998	43,748.72	0.62
75-90	87	9,996	31,744.00	0.31
90-105	111	2,527	60,257.24	0.04
105-120	43	2,485	11,712.68	0.21
120-135	10	689	3,711.84	0.19
<b>Total</b>	<b>3,426</b>	<b>2,331,822</b>	<b>10,437,700.52</b>	<b>0.59</b>

Mapa 4.4c - Densidad de población por isócrona



La mayor cantidad de localidades y población se encuentran dentro de las isócronas de 15 a 30 min, por lo que se puede decir que se trata de una región con buena accesibilidad en general, incluso las zonas que aparentemente no están bien comunicadas por carreteras pavimentadas tienen la opción de utilizar las abundantes brechas y terracerías construidas en esta zona.

## Tiempos Medios de Recorrido

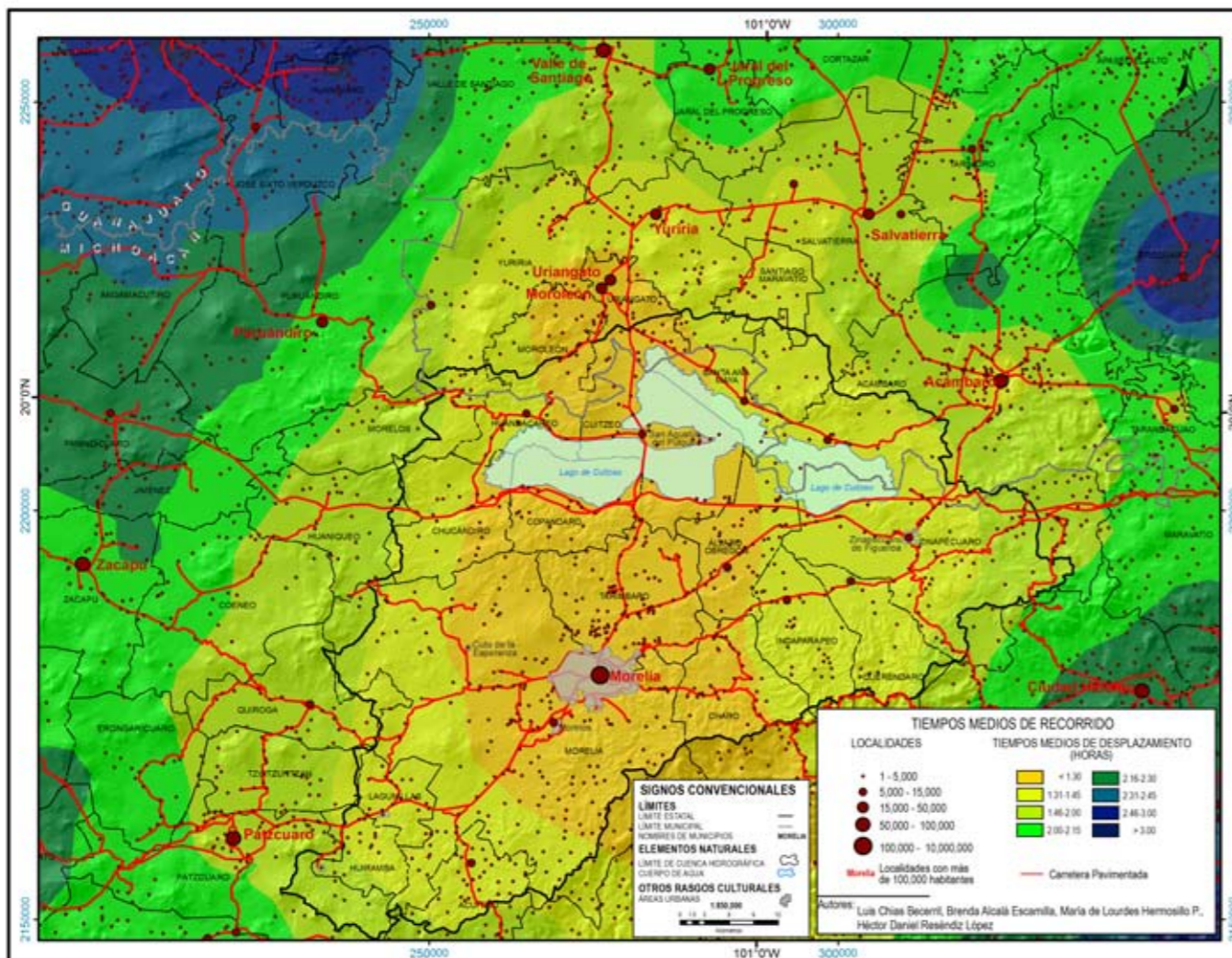
Entre los indicadores de accesibilidad, concepto que se entiende como el potencial de oportunidades para la interacción entre localidades, destaca el conocido como Tiempos Medios de Recorrido, con el que se pretende conocer cuál es la capacidad de relación

entre las localidades urbanas de más de 5,000 hab de la región y, a partir de ellas, del resto de los distintos territorios que conforman la zona.

Este ejercicio permite saber cómo la actual red carretera pavimentada sirve a dichas relaciones, cuáles son las ciudades y espacios con mejor accesibilidad y por el contrario, cuáles requieren de mayores tiempos para poder comunicarse con dichas localidades.

Para aplicar este indicador fue necesario utilizar el algoritmo *Shortest Network Paths*, con el cual se obtienen, en primer lugar, las “rutas óptimas” que las localidades seleccionadas tienen para comunicarse entre ellas. Con base en el resultado, se consigue la distancia promedio en minutos que cada una de las localidades tendrá para acceder a todas las de la región. Con esto, se realiza una “interpolación” que refleja de forma espacial los resultados puntuales de cada localidad. Este procedimiento tuvo como resultado ocho rangos de Tiempo Medio de Recorrido dentro de la zona de estudio (ver Mapa 4.4d y Tabla 4), donde el rango menor es de menos de una hora y media de recorrido, mientras que el rango mayor implica más de tres horas.

**Mapa 4.4d - Tiempos medios de recorrido**



**Tabla 4. Tiempos medios de recorrido.**

Tiempo	Núm. de localidades	%	Población total (hab)	%
< de 1.30	19	18.6	767,295	50.7
1.31 - 1.45	20	19.6	200,875	13.3
1.46 - 2.00	21	20.6	194,295	12.8
2.00 - 2.15	20	19.6	194,207	12.8
2.16 - 2.30	14	13.7	117,430	7.8
2.31 - 2.45	4	3.9	21,912	1.4
2.46 - 3.00	1	1	4,822	0.3
> de 3.00	3	2.9	13,901	0.9
<b>Total</b>	<b>102</b>	<b>100</b>	<b>1,514,737</b>	<b>100</b>

El resultado de la aplicación de este indicador muestra en primer término, una zona de mayor accesibilidad que ocupa el espacio central de la cuenca, donde se ubican las localidades de Morelia, Moroleón y Uriangato, las cuales requieren poco menos de una hora y media para comunicarse entre ellas. A partir de esta área se forma una especie de anillos concéntricos; en el segundo destaca la localidad de Yuriria, en el tercero Acámbaro, Salvatierra y Pátzcuaro, que pueden emplear hasta 2 horas para poder comunicarse con el resto de las localidades estudiadas, y así progresivamente hasta encontrar, como es lógico, en la periferia a las localidades que requieren de mayor tiempo para poder interactuar con el resto de más de 5,000 habitantes.



Fotografía: Brenda Ávila Flores

## Ubicación y Caracterización Geológica Ambiental de Tiraderos

**Isabel Israde-Alcántara**  
**Otoniel Buenrostro Delgado**

**Víctor Manuel Hernández Madrigal**  
**Víctor Hugo Garduño Monroy**

**E**n la cuenca de Cuitzeo habitan alrededor de un millón de personas e incluye 21 municipios del estado de Michoacán y cinco más del sur del estado de Guanajuato (Mendoza *et al.*, 2001). La mayor parte de los municipios de Michoacán involucrados se encuentran catalogados como de atención prioritaria por los niveles de pobreza y marginación que existen en la población (SEDESOL, 2001). Además, el 70% de los habitantes de la cuenca viven en asentamientos considerados como urbanos (Acosta, 2002).

La generación de residuos sólidos de todos los municipios es similar y se conforma por plásticos y empaques, lo que sugiere una similitud en los patrones de consumo de los municipios predominantemente rurales y los urbanos (Buenrostro e Israde, 2003). En la mayoría de los tiraderos existe mezcla de residuos urbanos no peligrosos con residuos peligrosos de fuentes hospitalarias, además del escurrimiento de lixiviados hacia cuerpos de agua superficiales y subterráneos, como son los casos del antiguo tiradero de Morelia y del tiradero de Zinapécuaro. Es común en todos los tiraderos la proliferación de fauna nociva, humaredas por la quema de los residuos (como el de Copándaro que está en combustión constante), así como el arrastre de humos, olores y partículas por vientos. Se detectan además tiraderos clandestinos en las márgenes de las carreteras y brechas, así como en zonas de cárcavas que presentan marcada erosión.

En este capítulo se muestra la ubicación y características geológicas de los sitios de disposición final de los residuos sólidos en los municipios de la cuenca. En general, muy pocas comunidades incluyen la recolección como parte del desarrollo comunitario, del mejoramiento urbano y de salud pública, con una buena planeación en la que exista un departamento encargado exclusivamente de la recolección.

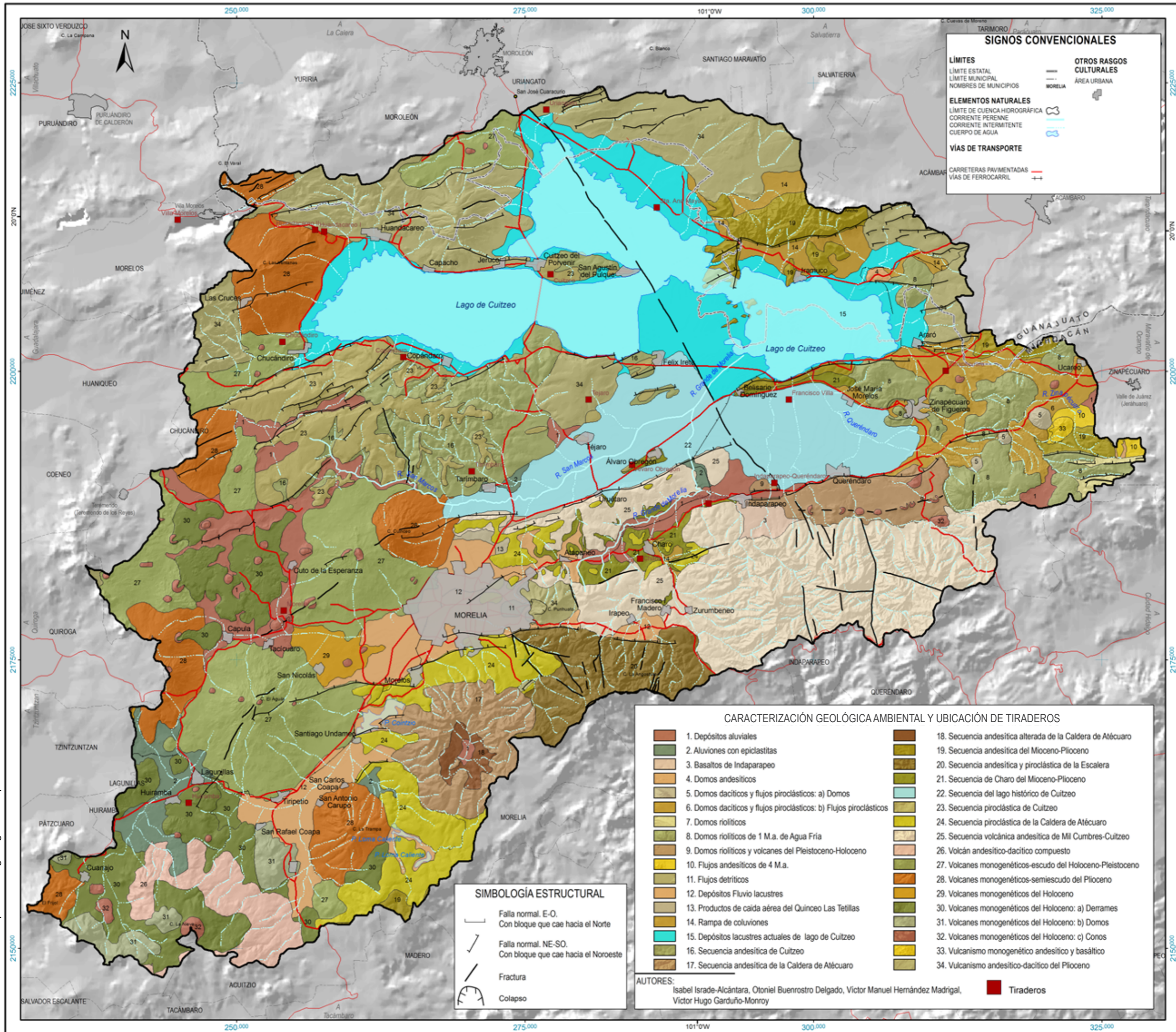


Fotografía: Isabel Israde-Alcántara

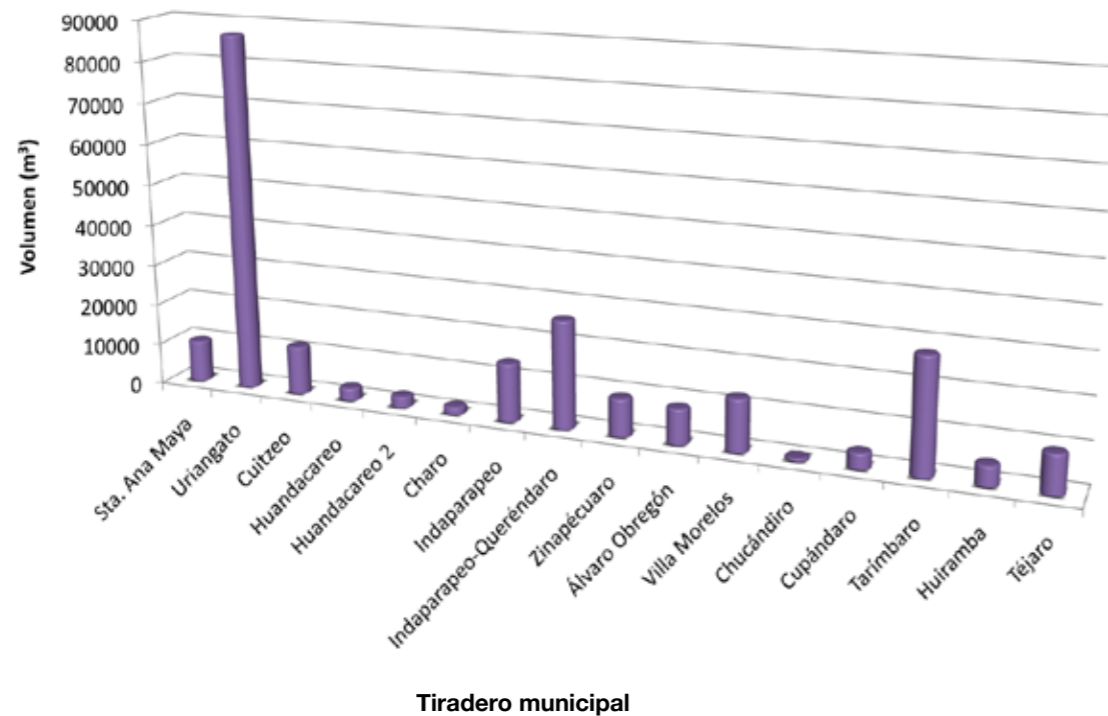


Fotografía: Isabel Israde-Alcántara

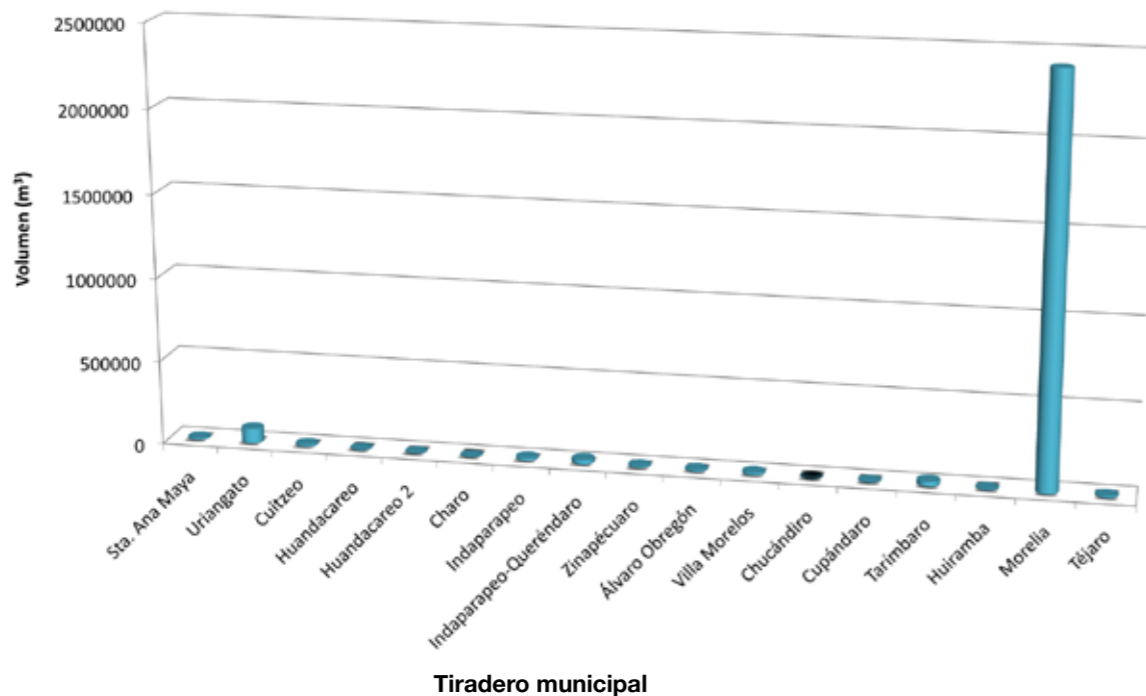
Imágenes: Tiraderos cercanos a cuerpos de agua (ríos, canales, lagos y represas). Izq.: Zinapécuaro con escurrimiento lixiviados. Der.: Santa Ana Maya invadiendo lago.



Fuente: Basado en el plano base geológico del capítulo de Garduño e Israde.



Gráfica 1. Volumen de residuos sólidos generados por municipio (sin considerar Morelia) en la cuenca de Cuitzeo.



Gráfica 2. Volumen de residuos sólidos generados por municipio (considerando Morelia) en la cuenca de Cuitzeo.

La insuficiente capacidad presupuestaria de los municipios de la cuenca rebasa la posibilidad de éstos para dar una respuesta adecuada en cuanto a los servicios de recolección y disposición final de residuos sólidos. Además, la cantidad generada por cada municipio hace inviable económicamente que en lo individual puedan cumplir con lo estipulado en la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (DOF, 2003) y de operar un relleno sanitario que cumpla con los requisitos técnicos y ecológicos estipulados en la Norma Oficial Mexicana (NOM-083-SEMARNAT-2003); (DOF, 2004; Buenrostro e Israde, 2003). Sólo el sitio de disposición final de residuos del municipio de Moroleón, que sale del límite norte de la cuenca, cumple con la Norma Oficial Mexicana, pues a su construcción le antecede un estudio técnico previo; los demás sitios de confinamiento no cumplen con la Norma y se depositan en tiraderos a cielo abierto. Tal es el caso de los municipios de Charo y Huiramba que vierten sus residuos en barrancas y cañadas.

Para minimizar el impacto ambiental en un futuro inmediato se requiere que todos los sitios de disposición final cumplan con la Norma mencionada, lo que permitirá prolongar el tiempo de vida media y eficiencia de su relleno, con el menor deterioro ambiental y económico regional. En este último aspecto, la conformación de tiraderos cercanos en rellenos intermunicipales es prioritario en la región. Entre los estudios que se requieren para establecer rellenos sanitarios, se destacan los análisis de generación para estimar la cantidad y composición de los subproductos de los residuos sólidos, además de estudios sobre producción de biogás y de lixiviados.

En un estudio realizado por los autores de este capítulo (Israde-Alcántara *et al.*, 2008) para medir los volúmenes de residuos sólidos depositados (los cuales se estimaron midiendo su densidad y el área de confinamiento de los tiraderos) en los distintos sectores de la cuenca (Tabla 1), se demostró que los municipios de más alta densidad demográfica son los que más contribuyen a la generación de residuos sólidos. Por ejemplo, en Morelia se producen 700 ton/día, lo que conforma un volumen aproximado de 2 millones de m³ de residuos, siguiéndole el municipio de Uriangato con 87 mil m³ (Gráficas 1 y 2). Estos volúmenes varían grandemente, ya que se ha hecho común el proceso de quema de residuos para alargar el tiempo de vida media del tiradero.

La contribución de la geología y suelos donde se establecen los tiraderos es un aspecto esencial para ubicar los sitios de vertido y que éstos no causen daño al ambiente, tanto en la superficie como en subsuelo (incluyendo el agua

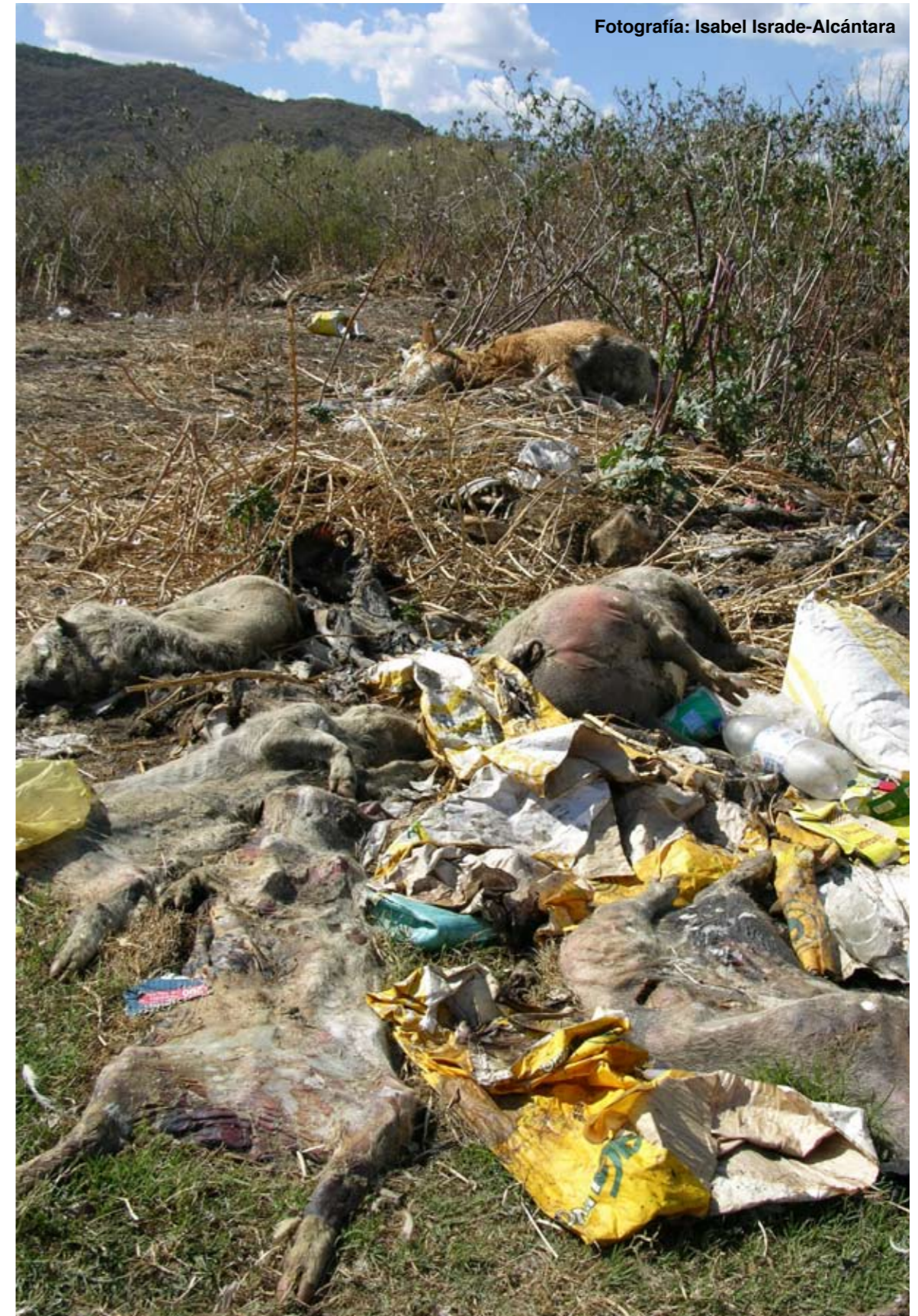
## 4.5 UBICACIÓN Y CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA AMBIENTAL DE TIRADEROS

subterránea). Dentro de la NOM-083 se establecen las características que deben reunir los sitios de confinamiento y de los estudios a realizar para minimizar los impactos al ambiente, entre las que se encuentran la ubicación de los sitios que deberá ser fuera de zonas de inundación, cavernas, fracturas o fallas geológicas; además, deberán estar a una distancia mayor de 500 m de cuerpos de agua superficial y de pozos en caso de que no se conozca su cono de abatimiento.

Dentro de los estudios se deberá incluir uno geológico que describa la geometría y distribución de las rocas y sedimentos, las fallas y fracturas; uno hidrogeológico que identifique todas la evidencias de agua subterránea y su comportamiento en

**Tabla 1. Principales tiraderos de residuos sólidos ubicados dentro de la cuenca de Cuitzeo.**

ID	Localización de los tiraderos (Coordenadas UTM)		Tiraderos	Área (m <sup>2</sup> )	Espesor (m)	Volumen (m <sup>3</sup> )
	X	Y				
1	286,428	2,214,201	Santa Ana Maya	17,007	0.6	10,204.2
2	276,852	2,222,666	Uriangato	24,400	-	87,018.2
3	277,219	2,208,424	Cuitzeo	11,036	-	11,897.5
4	257,618	2,212,123	Huandacareo	6,899	0.45	3,104.7
5	256,833	2,212,259	Huandacareo 2	3,480	0.8	2,784.2
6	284,993	2,183,775	Charo	979	2	1,957.9
7	290,912	2,188,542	Indaparapeo	8,423	-	14,253.1
8	296,615	2,190,340	Indaparapeo- Queréndaro	13,104	2	26,208.2
9	311,469	2,200,053	Zinapécuaro	4,969	-	9,258.9
10	284,295	2,191,894	Álvaro Obregón	10,796	0.8	8,636.9
11	244,911	2,213,138	Villa Morelos	6,413	2	12,825.5
12	253,983	2,202,558	Chucándiro	946	0.8	756.6
13	264,471	2,201,235	Copándaro	2,605	1.5	3,908.2
14	270,390	2,191,340	Tarímbaro	39,780	-	27,918.7
15	245,873	2,162,607	Huiramba	5,508	0.9	4,957.4
16	254,102	2,179,276	Morelia	192,737	-	2,413,425.7
17	280,519	2,192,375	Téjaro	3,200	3	9,600
18	297,868	2,197,553	Francisco Villa	quemado	-	-



Fotografía: Isabel Israde-Alcántara

Imagen: Residuos porcinos en el tiradero de Huandacareo.



el subsuelo; otro que aborde las características físico-químicas y biológicas del agua del entorno en que se pretende ubicar el sitio de disposición final; además, uno geotécnico para conocer la porosidad y permeabilidad del substrato; asimismo, un análisis volumétrico de límites de consistencia y de resistencia al esfuerzo cortante del terreno en donde se asentará el relleno sanitario.

Con los resultados de los estudios anteriores se determinan las acciones a incluir dentro de las características constructivas y operativas del sitio de disposición final. De importancia crítica es garantizar que exista una barrera impermeable; en el caso de la región de Indaparapeo y Álvaro Obregón, la conforman las arcillas provenientes del antiguo lago de Cuitzeo (Israde *et al.*, 2009). En estos sectores, los materiales impermeables no presentan estratos continuos en espesor, además de que comúnmente se intercalan con depósitos fluviales o con diatomitas, estas dos últimas litologías conforman sedimentos muy porosos y permeables que son vías preferenciales de migración de lixiviados, por lo que se requiere un estudio detallado de la estratigrafía local.



Fotografía: Isabel Israde-Alcántara

Imagen: Incendio en el tiradero de Copándaro, cercano al lago.

Otro substrato que no favorece a los tiraderos es el de los productos volcánicos, que pueden consistir de conos de arena volcánica y lavas fracturadas de distinta composición, como es el caso de la mayoría de los tiraderos de la región. Es importante resaltar que numerosos tiraderos se encuentran sobre terrenos agrícolas, contaminando la tierra de cultivo y el agua de riego, como en los casos de Santa Ana Maya, Cuitzeo, Queréndaro, Téjaro y Francisco Villa.

Como se observa en el Mapa 4.5, en el centro de esta cuenca se ubica el lago de Cuitzeo que capta todos los drenajes naturales y antrópicos que presentan un gran deterioro. No obstante, como en la cuenca no existen antecedentes de actividades industriales a gran escala, se registran vertidos de residuos industriales en las regiones de Morelia, Uriangato y Zinapécuaro; esto puede contribuir a que los lixiviados generados presenten una composición que los haga más peligrosos, migrando hacia zonas más bajas a través de fracturas subterráneas, como es el caso del tiradero de Morelia (Israde *et al.*, 2005), o vía arroyos intermitentes en cañadas, permitiendo el arrastre y migración de fluidos y sólidos en periodos estivos, como se observa en el tiradero de Charo. Lo anterior incide en el deterioro ambiental de la cuenca, ya que la disposición inadecuada de los residuos sólidos afecta el suelo y agua, que son los principales recursos en los cuales se basa el desarrollo económico de la región.

### Conclusiones

Resulta importante implementar sistemas de recolección separada de residuos sólidos urbanos y de los de manejo especial y peligrosos para evitar la disposición de estos últimos en los tiraderos municipales de la cuenca; asimismo, iniciar lo antes posible la clausura de estos sitios y la construcción de rellenos sanitarios. Para ello, es prioritario integrar un programa a nivel de cuenca para establecer rellenos sanitarios intermunicipales que permitan la construcción y operación conjunta, con lo cual se asegura la viabilidad técnica y financiera de estos sitios por los municipios. Lo anterior lograría coadyuvar y asegurar que los municipios integrantes de esta cuenca, los cuales, con excepción de Morelia, son de baja densidad poblacional y disponibilidad de recursos financieros, puedan cumplir con los lineamientos establecidos en la legislación ambiental mexicana en materia de recolección y disposición de los residuos sólidos.



## 4.5 UBICACIÓN Y CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA AMBIENTAL DE TIRADEROS



Imagen: Tiradero municipal del municipio de Zinápecuaro.  
Se muestra el área de confinamiento totalmente inundada. Los escurrimientos de este tiradero afectan dos reservorios de agua que se utilizan como abrevaderos de ganado (Agosto, 2003).

Fotografía: Otoniel Buenrostro Delgado



# 5

## MANEJO DEL AGUA

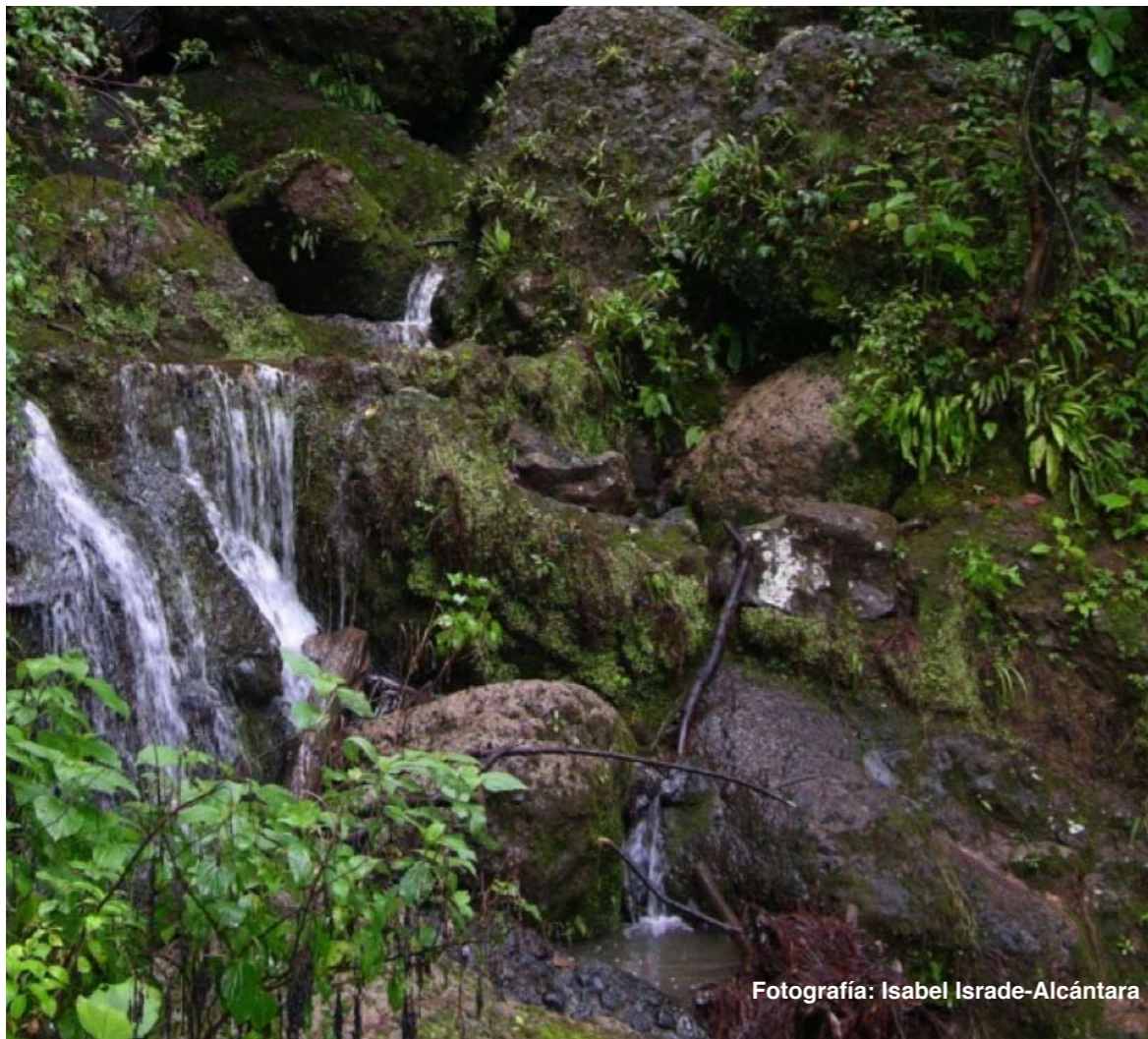


# Agua Subterránea

Liliana Andrea Peñuela Arévalo  
José Joel Carrillo-Rivera

## Referente Hidrogeológico Conceptual

Los sistemas de flujo de agua subterránea son de tres tipos genéricos: local, intermedio y regional, los cuales están gobernados por diferentes aspectos físicos como clima, relieve y litología (Tóth, 2000). Así, un flujo local se genera y descarga en una misma cuenca. El flujo intermedio se caracteriza por contener al menos uno de tipo local y su descarga podrá ocurrir en otra cuenca hidrográfica, cuya altitud será menor a aquella donde se genera su recarga (ver Sección Esquemática inserta en el Mapa 5.1). Por último, el flujo regional alcanza una mayor profundidad de recorrido que los dos anteriores y su zona de descarga se genera en una cuenca hidrográfica a decenas o cientos de kilómetros de distancia a la altitud más baja. Debido a la diferencia de profundidad y longitud de recorrido del agua de cada flujo, todos presentan características físicas y químicas particulares, las cuales son herramientas de gran utilidad para definir los sistemas, junto con otros indicadores ambientales naturales, como vegetación, suelo, geomorfología, entre otros. El marco conceptual antes expuesto es más apropiado para las condiciones existentes en México desde la perspectiva hidrogeológica, de instrumentación y de datos asequibles que el uso de la técnica de balance hídrico.



Fotografía: Isabel Israde-Alcántara

Imagen: Manantial de Ichaqueo.

## Agua Subterránea en el Área de Cuitzeo

El área de Cuitzeo se localiza sobre el Cinturón Volcánico Transmexicano (CVTM), el cual consiste en un conjunto de rocas volcánicas extrusivas con más de 3,000 m de espesor, principalmente de tipo basáltico y andesítico. El CVTM posee un comportamiento de unidad acuífera regional de tipo libre, donde la litología existente produce una continuidad hidráulica subterránea entre las diversas cuencas hidrográficas (superficiales) presentes. Por tal razón, es importante considerar el agua subterránea desde una perspectiva regional y de sistema, incorporando las variables posibles que interactúan en su dinámica y evitar limitarse al análisis de pequeñas porciones por aspectos administrativos, políticos y socioeconómicos, lo cual evita conocer el funcionamiento físico (real) del sistema.

Hay diversos factores en la cuenca de Cuitzeo que modifican el funcionamiento normal del agua subterránea y afectan su calidad y cantidad. Uno de los más importantes es la alteración de la recarga que alimenta al lago de Cuitzeo, ya que la infiltración del agua que se descarga como manantiales de tipo intermedio y regional, así como el agua de pozo, se lleva a cabo en cuencas hidrográficas vecinas aún no identificadas (Carrillo-Rivera *et al.*, 2007). De este modo, la transformación y disminución del potencial de la zona de recarga para el área de Cuitzeo redundan en la falta de alimentación subterránea a ese cuerpo de agua. Esta problemática está asociada con aquella denominada “impacto extra-cuenca superficial” (Carrillo-Rivera *et al.*, 2007), que se refiere

a efectos que se generan en las cuencas hidrográficas por desconocimiento de su continuidad hidráulica subterránea; así, la alteración generada en éstas repercutirá ambientalmente en aquéllas hidráulicamente comunicadas y en los ecosistemas involucrados.

El presente capítulo refiere el funcionamiento del agua subterránea en la cuenca de Cuitzeo; sin embargo, al tener en cuenta lo limitado de la cantidad, calidad y asequibilidad de información hidrogeológica, se compararon datos existentes del área, en especial parámetros de temperatura y sodio (INEGI, 1982; Contreras y Cuesta, 1990) con otros datos químicos de la cuenca de México y alrededores (INEGI, 1982; Huizar *et al.*, 2004; Peñuela-Arévalo, 2007), la cuenca Alta del Lerma (INEGI, 1982; CONACYT-SEMARNAT, 2005) y Valle de Bravo (Carrillo-Rivera *et al.*, 2006); (Figura 1). Se considera válida e instructiva dicha comparación debido a que estas cuencas se localizan sobre el CVTM. Si bien, los datos de esos estudios se estiman confiables por la metodología de muestreo y laboratorio químico utilizado, es evidente la insuficiencia de información (registro histórico) que permita una evaluación temporal del agua subterránea y posibles impactos generados, por lo que ésta es una contribución inicial sujeta a actualización con posteriores mediciones y análisis.

La importancia de realizar un estudio hidrogeoquímico radica en que esta área de conocimiento se basa en el análisis de la calidad química del agua, la cual es resultado de su interacción con las rocas por las que fluye a lo largo de todo el trayecto, desde su recarga hasta su descarga; así la temperatura y profundidad que logre alcanzar durante su recorrido por el subsuelo son variables determinantes que afectan su calidad. A partir de la calidad química de manantiales y pozos, junto con el conocimiento del perfil estratigráfico, se puede definir edad, dirección y velocidad del flujo, y procesos y reacciones químicas que se presentaron en el agua subterránea durante su recorrido por el subsuelo.

La Figura 1 sugiere que la composición química global del agua subterránea que circula a través del CVTM se divide en cuatro tipos básicos: **Tipo I**, que hace referencia al agua subterránea con gran cantidad de sodio, potasio, cloruros y temperatura relativamente baja en comparación con los otros tipos, lo que implica que puntos extremos (Ixtapan de la Sal y manantial 170 de la base del INEGI E1401) corresponden con un flujo regional que no alcanza mucha profundidad, pero cuyo recorrido es de gran longitud. El **Tipo II**, que

parece ser una fase intermedia entre el I y III, el cual depende igualmente de su profundidad y distancia de recorrido. El **Tipo III** está caracterizado por agua del Peñón de los Baños en la cuenca de México y del manantial Paraíso Escondido (margen del lago de Cuitzeo); (CONACYT-SEMARNAT, 2005), los cuales al parecer corresponden con un flujo regional que alcanza la mayor profundidad de trayecto pero el valor de sodio no es tan elevado como aquel del Tipo I. Por último, el **Tipo IV** está representado por un miembro extremo caracterizado por agua de los manantiales La Pitaya en la cuenca del Lerma, estado de Guanajuato, los cuales registran la temperatura más elevada (70-95°C) y concentración de sodio más baja (<200 mg/L); adicionalmente, el análisis de isótopos ambientales ( $\delta^{18}\text{O}$  y  $\delta\text{D}$ ) de un estudio de la cuenca Alta del Lerma (CONACYT-SEMARNAT, 2005) señala que la alta temperatura presente en el agua se debe a procesos relacionados con un sistema geotérmico que produjo fraccionamiento isotópico del agua con minerales de la unidad geológica por donde circula. Se recomienda la realización de estudios con

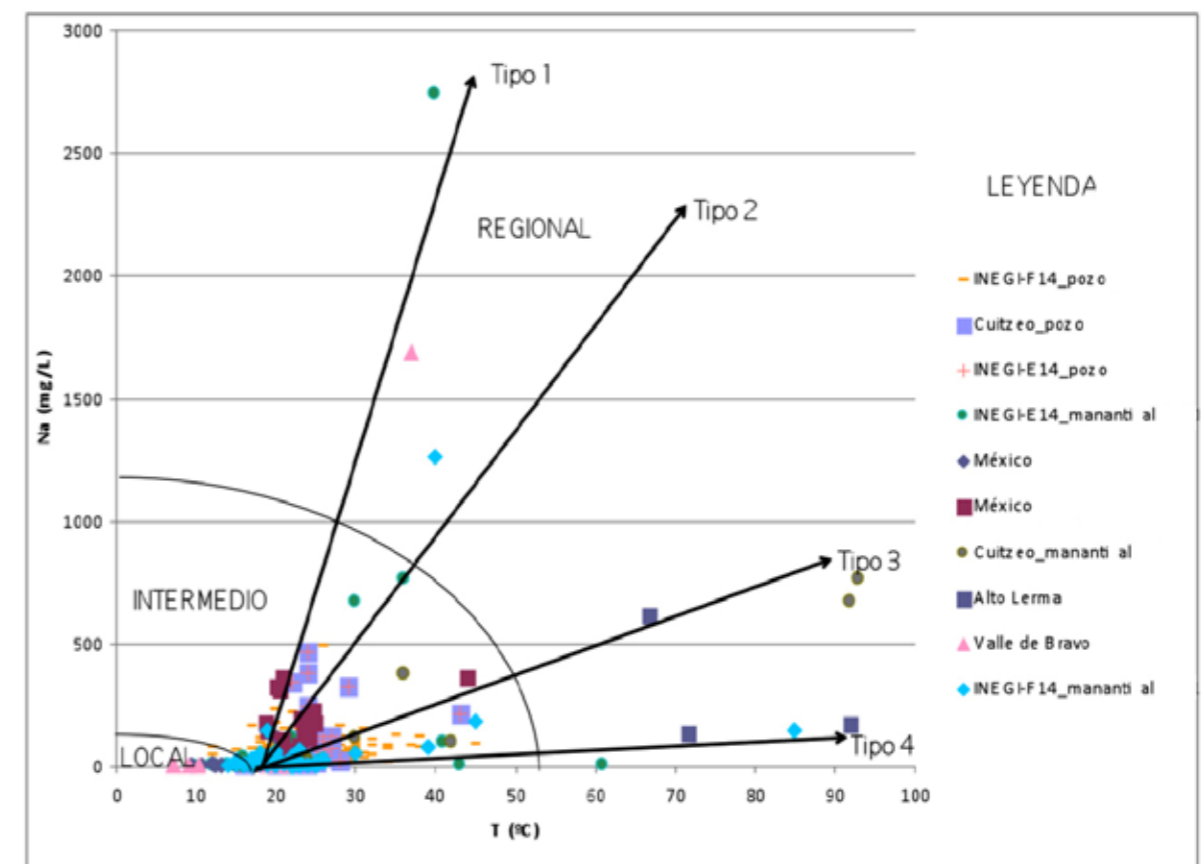


Figura 1. Comparación de temperatura y sodio entre muestras de agua de la cuenca de México, cuenca Alta del Lerma, Valle de Bravo y Michoacán.

isótopos para estudiar la posibilidad que en el área de Cuitzeo ocurra lo mismo, por ejemplo, con las muestras 98 y 187 de la cartografía de agua subterránea del INEGI E1401 y F1410, respectivamente.

El mapa 5.1 muestra la ubicación general de descargas de agua subterránea, por manantial o por pozo, relacionada con el tipo de flujo al que se considera asociada, esto es: local, intermedio o regional. Así, los manantiales que parecen estar asociados con procesos geotermales (manantiales 98 y 187) se presentan en color diferente a aquel del regional que alcanza mayor recorrido de circulación (manantial 170). Es claro que la zona de recarga de agua de estos últimos manantiales se localiza a decenas de kilómetros a la redonda, fuera del parteaguas de la cuenca superficial, distancia que también podría definirse con ayuda de isótopos radiactivos ( $^{14}\text{C}$ ) y estables ( $^{13}\text{C}$ ) e indicadores ambientales.

Es evidente que el lago de Cuitzeo presenta mayor descarga de agua subterránea asociada con flujos de tipo intermedio; sin embargo, es recomendable realizar más estudios hidrogeológicos que incorporen el análisis de diversas variables, incluyendo el perfil estratigráfico, mineralogía, estructuras, propiedades hidráulicas de las formaciones geológicas, entre otras; para poder definir con mayor claridad el funcionamiento del agua subterránea en el área de Cuitzeo. Se observa que para el área de estudio son pocos los sitios relacionados con flujo local e intermedio donde las concentraciones de sodio, sulfato y cloruro superan el límite máximo permisible para consumo humano de acuerdo con la Norma Oficial Mexicana NOM-127-SSA1-1994, lo que indica a su vez, que la calidad del agua por lo general es buena para consumo humano.

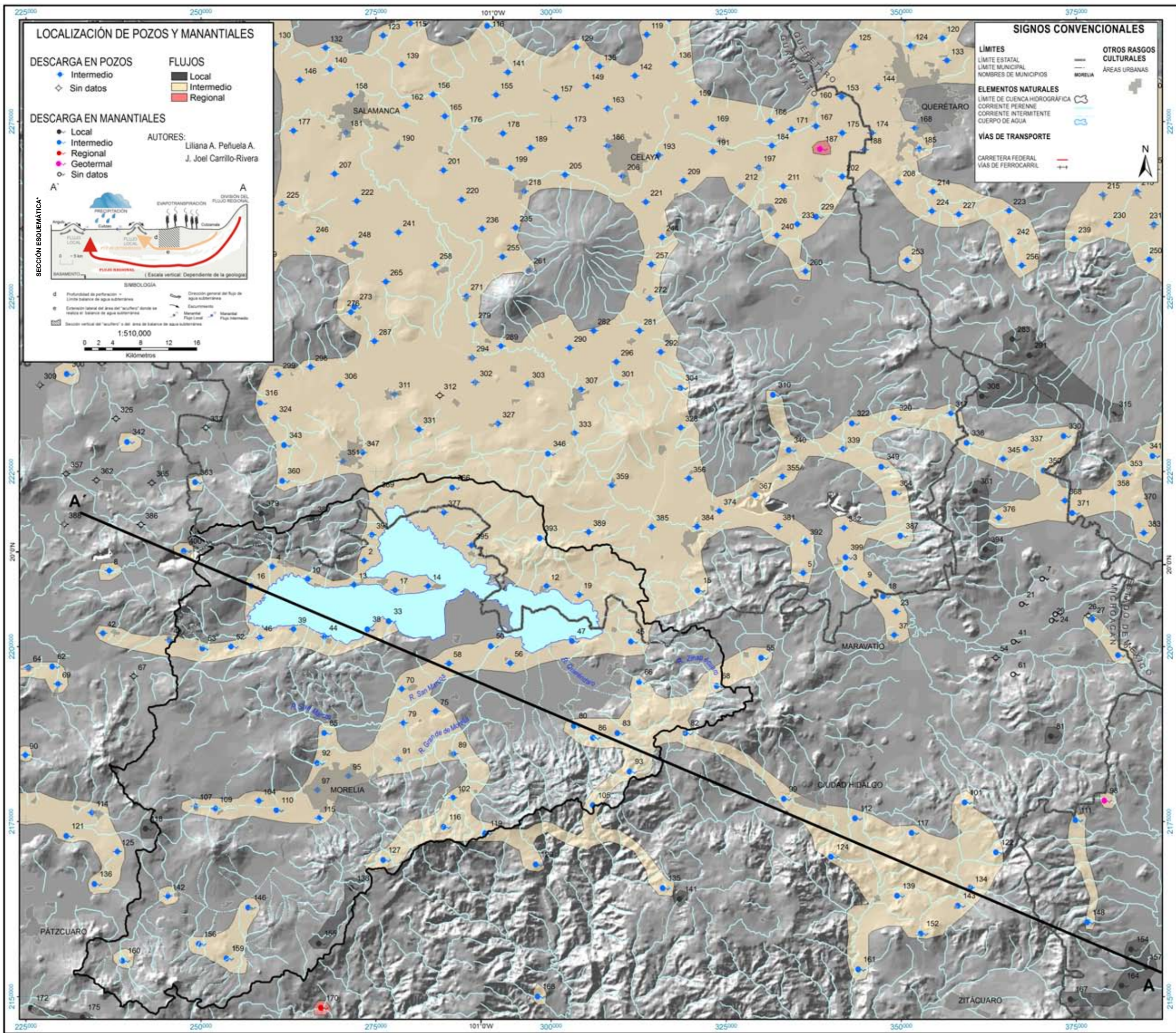
Por otro lado, existen también flujos intermedios que superan los 200 mg/L de concentración de sodio permitidos según la Norma, por lo que la extracción del agua con estas características debería ser controlada en forma natural con base en la información de la calidad y contenido particular de sodio o fluoruro

que aportan los sistemas de flujo y de las reacciones químicas involucradas. Un control adecuado de la extracción de agua de un pozo permite disminuir el contenido de fluoruro (y sodio) en el agua, como el caso de la cuenca de San Luís Potosí, donde se estableció una metodología de extracción de agua subterránea para evitar el aumento de concentración de fluoruro, elemento que en exceso es dañino a la salud humana (Carrillo-Rivera *et al.*, 2002), situación claramente posible de implementar en el área de Cuitzeo con el conocimiento de la dinámica y características fisicoquímicas del agua subterránea, que en caso contrario se realizarán acciones de gran costo tanto financiero, ambiental y social para intentar eliminar esos elementos (sodio, flúor u otro).

### Conclusiones

Es importante establecer que cualquier decisión en materia de agua subterránea en el área de Cuitzeo debe considerar su recorrido desde lo que en la terminología de agua superficial se llama “aguas arriba”. Es claro que el agua de manantial (y pozo) ha viajado a diferente profundidad y por una larga distancia en el Cinturón Volcánico Transmexicano, cuyas rocas permiten una continuidad hidráulica subterránea entre cuencas superficiales. Esto es, el agua de manantial (y pozo) de Cuitzeo se recargó en una cuenca superficial a muchos kilómetros de distancia. En consecuencia, desde la perspectiva ambiental y de ecosistema, al tomar una decisión en materia de agua subterránea resulta imprescindible: i) reconocer su conexión hidráulica particular, y ii) establecer su relación de sistema en el ambiente. Al localizarse la zona de recarga de agua de manantiales a varios kilómetros de distancia, se torna básico definir los impactos ambientales para conocer la reducción de recarga, la intercepción (por otros pozos) del agua recargada (lo que disminuye el caudal a ecosistemas), la inducción de subsidencia, entre otros. Así, la administración del agua precisa definir la posibilidad de impactos que resultan de la alteración del equilibrio entre el agua subterránea con otros componentes del ambiente.





\* SECCIÓN ESQUEMÁTICA A-A QUE MUESTRA CONCEPTUALMENTE LOS SISTEMAS DE FLUJO DE AGUA SUBTERRÁNEA.

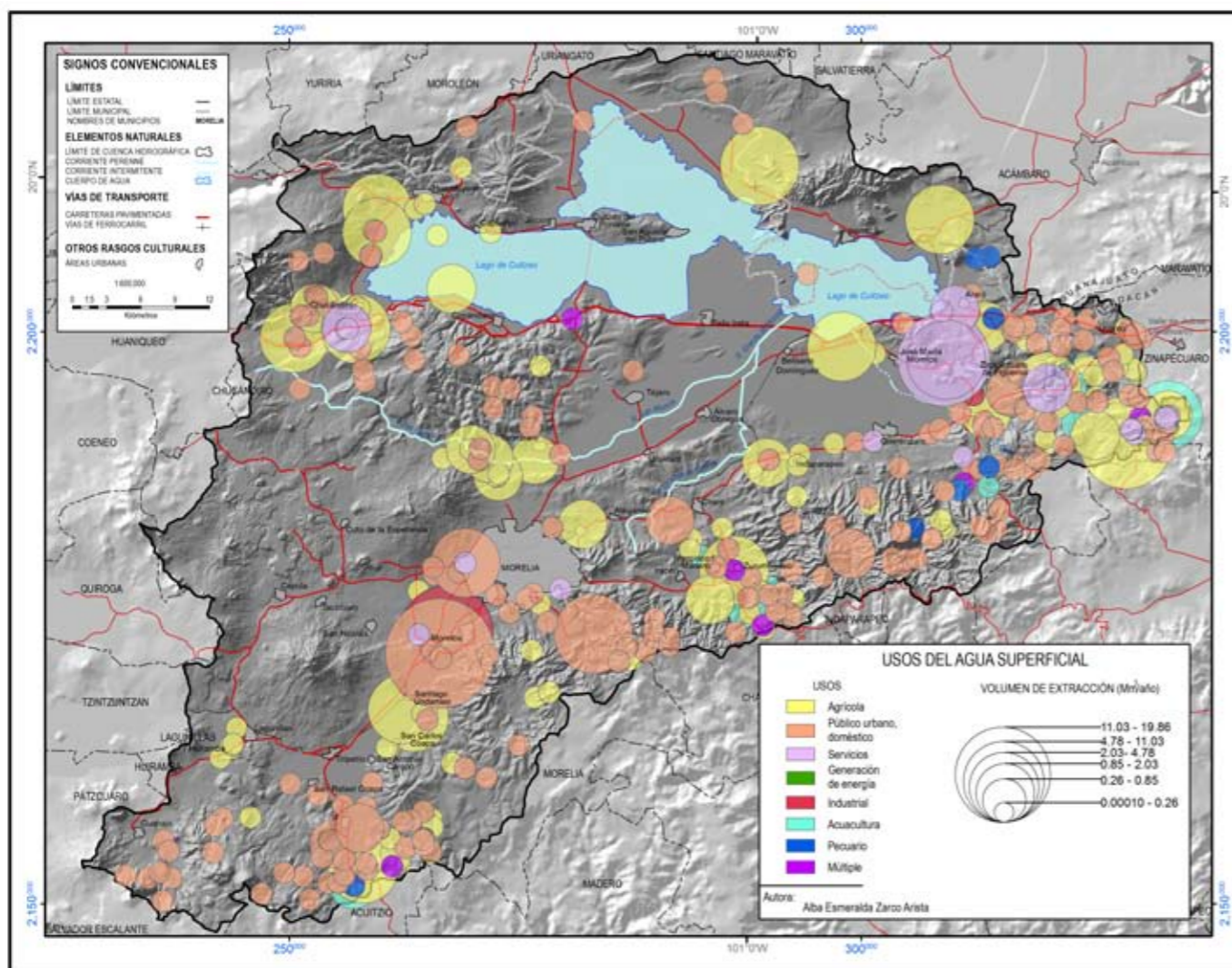


# Usos del Agua Superficial y Subterránea

Alba Esmeralda Zarco Arista

Uno de los principales factores que determinan la dinámica, cantidad y calidad del agua en la cuenca del lago de Cuitzeo es el uso de las fuentes superficiales y subterráneas. En la cuenca, el uso intensivo de sus aguas, combinado con los periodos prolongados de sequía típicos de la región, han propiciado la disminución de los niveles de almacenamiento de los cuerpos de agua. Los usos del agua se clasifican en consuntivos y no consuntivos; el primero requiere su transporte del sitio de extracción al de uso, en donde parte del volumen extraído puede regresar al cuerpo de agua por vía directa (superficial) o indirecta (subterránea), por ejemplo, usos agrícola, pecuario, industrial, acuacultura, público urbano, doméstico y servicios; por otra parte, en el uso no consuntivo, el aprovechamiento ocurre directamente en el cuerpo de agua, por ejemplo, para la generación de energía eléctrica.

Mapa 5.2a - Volumen y Usos del Agua Superficial



## Usos Concesionados del Agua Superficial

De acuerdo con la información proporcionada por la Subdirección General de Administración del Agua, Gerencia del Registro Público de Derechos de Agua (REPDA) al 2005; el volumen total concesionado de extracción de agua superficial en la cuenca del lago de Cuitzeo es de 132.4 Mm³/año (millones de metros cúbicos al año). Los principales usos consuntivos son el agrícola (47.7 Mm³/año), seguido por los público urbanos y domésticos (32.7 Mm³/año), servicios (18.4 Mm³/año) e industrial (11.1 Mm³/año). Un volumen de 17 Mm³/año es de uso no consuntivo para la generación de energía eléctrica (Gráfica 1). Así el 36% de la extracción de agua se destina a la actividad agrícola y el 25% al uso público urbano.

Especialmente, los sitios de extracción se distribuyen principalmente hacia el oeste y el noreste de la cuenca. La frecuencia de uso es ante todo para la agricultura y el uso público urbano y doméstico, con una distribución heterogénea al interior de la cuenca. Los sitios de extracción para los usos industrial y servicios se localizan fundamentalmente en zonas cercanas a las ciudades de Morelia y Zinapécuaro. La ubicación de las áreas de extracción de agua para los usos pecuario y la acuicultura se concentran principalmente en el municipio de Zinapécuaro (Mapa 5.2a).

El municipio de Morelia presenta el mayor volumen de extracción total (58.16 Mm³/año), asimismo es el área con mayor volumen de extracción destinada al uso público urbano-doméstico y la industria (Mapa 5.2a). El municipio de Zinapécuaro es el segundo en volumen consumido (35.46 Mm³/año), los usos principales

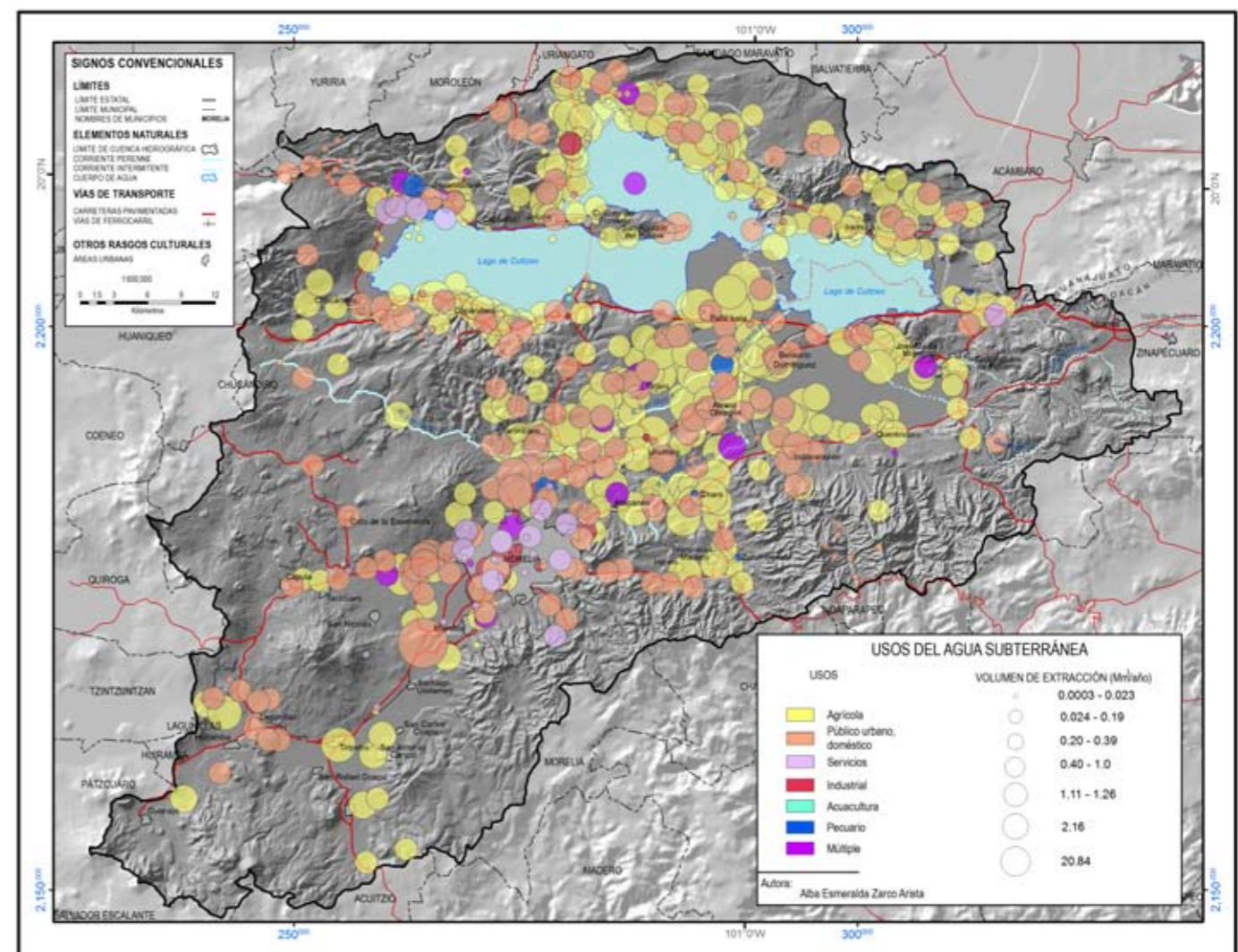
son servicios, público urbano-doméstico, agrícola, acuicultura y pecuario; seguido del municipio de Chucándiro (6.36 Mm<sup>3</sup>/año), donde el agua es utilizada principalmente para el uso público urbano-doméstico y la agricultura. Los municipios de Zinapécuaro y Chucándiro representan áreas de impacto directo al lago de Cuitzeo por la densidad de los sitios y el volumen de extracción de agua superficial (Mapa 5.2a). Esta tendencia en el uso y consumo ha generado que el volumen disponible de agua superficial en la cuenca sea nula, por lo que ha sido clasificado en déficit por la CONAGUA. Lo anterior está sustentado en estudios técnicos y datos históricos relativos a las características y el comportamiento de la cuenca, así como los volúmenes de agua superficial concesionados e inscritos en el REPDA y que han sido publicados en el Diario Oficial de la Federación (2003) (Tabla 1).

### Usos Concesionados del Agua Subterránea

La fuente de abastecimiento de agua subterránea en la zona proviene del acuífero Morelia-Queréndaro, mismo que ha sido clasificado por la CONAGUA (2007) como sobreexplotado, debido a que el volumen de extracción supera en 41% la recarga del acuífero. De acuerdo con la información proporcionada por la Subdirección General de Administración del Agua, gerencia del Registro Público de Derechos de Agua al 2005; el volumen total de extracción de agua subterránea concesionada es de 147.8 Mm<sup>3</sup>/año. Los principales usos consuntivos son el agrícola (101.5 Mm<sup>3</sup>/año), 68.7% del total, público urbano y doméstico (40.1 Mm<sup>3</sup>/año), industrial (2.8 Mm<sup>3</sup>/año) y servicios (1.6 Mm<sup>3</sup>/año); (Gráfica 1). Los pozos de extracción se distribuyen principalmente en los alrededores del lago de Cuitzeo y en la parte central de la cuenca. El principal uso concesionado es el agrícola (Mapa 5.2b). Los pozos de extracción para el uso público urbano y doméstico presentan una distribución dispersa y de alta frecuencia. Por el contrario, los pozos de extracción para uso industrial se concentran principalmente en la ciudad de Morelia, en tanto que los destinados para la actividad pecuaria y de servicios se encuentran dispersos y son poco frecuentes (Mapa 5.2b).

Por volumen de extracción, las áreas que presentan los valores más altos se localizan en la parte central de la cuenca y la recorren de norte a sur, con uso predominantemente agrícola; así como los pozos localizados en los municipios de Zinapécuaro, Álvaro Obregón y Tarímbaro (Mapa 5.2b). Los pozos para uso industrial se concentran por su frecuencia y volumen de extracción en la ciudad de Morelia, formando un corredor hacia el municipio de Tarímbaro, con volúmenes de extracción entre 0.0003-0.396 Mm<sup>3</sup>/año (Mapa 5.2b). La extracción para uso público urbano y doméstico se presenta en la mayor parte de los municipios, sobresaliendo por su volumen el pozo localizado en el de Morelia con 20.842 Mm<sup>3</sup>/año (Mapa 5.2b).

**Mapa 5.2b - Volumen y Usos del Agua Subterránea**



## Conclusiones

La extracción de agua subterránea en la cuenca del lago de Cuitzeo es 1.12 veces mayor con relación a la superficial. Respecto al uso concesionado, la extracción subterránea se destina principalmente a los usos agrícola y público urbano, en tanto que la extracción es para usos agrícola, público urbano y doméstico, servicios, industrial y acuacultura.

La distribución espacial observada tanto por el número de sitios de extracción, así como por el volumen, presenta patrones diferentes para al agua superficial y para la subterránea, generando una presión y vulnerabilidad diferencial en la cantidad de agua extraída. Sin embargo, la interrelación e interdependencia de las aguas superficiales y subterráneas (lagos, ríos, zonas de captación, fuentes de agua subterránea, zonas de recarga), así como las prácticas de manejo y uso del agua (extracción, obras hidráulicas, distribución y tratamiento) precisan que la toma de decisiones respecto a la gestión del agua relacionada con su uso y asignación, considere al agua como un sistema integrado superficial-subterráneo. Por lo tanto, es necesario generar una política de uso del recurso hídrico que considere la dinámica de extracción y usos a nivel de la cuenca.

**Tabla 1. Valores considerados para la determinación de la disponibilidad media anual en la cuenca del lago de Cuitzeo.**

Cp	Ar	Uc*	Uc**	R	Im	Ex	Ab	Rxy	Ab - Rxy	D	Clasificación
452.6	0.0	200.8	549.8	20.0	0.0	0.0	-77.2	0.0	-77.2	0.0	Déficit

Para determinar la disponibilidad de agua superficial consideraron la siguiente ecuación:

$$Ab = Cp + Ar + R + Im - (Uc + Ex)$$

$$D = Ab - Rxy$$

En donde:

Ab: escurrimiento aguas abajo

Cp: escurrimiento natural virgen o por cuenca propia

Ar: escurrimiento aguas arriba

R: retornos

Im: Importaciones

Uc\*: usos consuntivos, REPDA al 30 de abril 2002

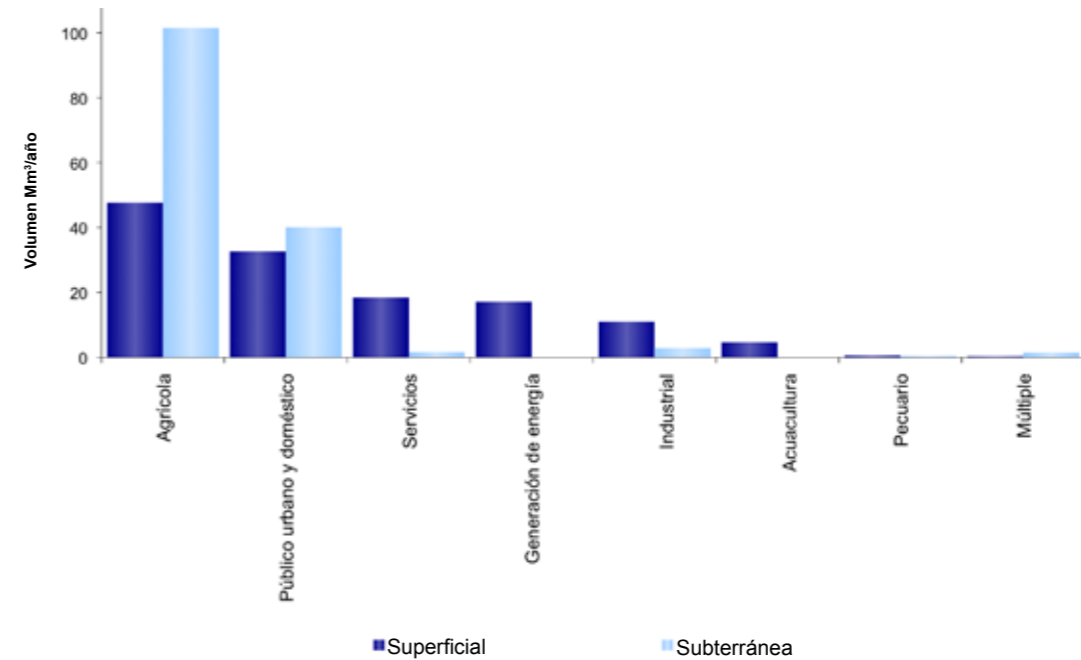
Uc\*\*: usos consuntivos (demanda utilizada y pérdidas en vasos de almacenamiento)

Ex: exportaciones

Rxy: volumen comprometido aguas abajo

D: disponibilidad

Fuente: DOF, 2003.



**Gráfica 1. Volumen de extracción por uso concesionado (Mm³/año) del agua superficial y subterránea en la cuenca del lago de Cuitzeo (Datos: REPDA-CONAGUA, 2005).**



## 5.2 USOS DEL AGUA SUPERFICIAL Y SUBTERRÁNEA

Fotografía: Rodrigo Sagardia



## Calidad del Agua Subterránea

Alba Esmeralda Zarco Arista

La fuente de abastecimiento de agua subterránea en la cuenca del lago de Cuitzeo proviene del acuífero Morelia-Queréndaro. Del volumen de extracción total (147.8 Mm<sup>3</sup>/año) el mayor porcentaje se destina tanto al uso agrícola como al uso y consumo humano, por lo que es importante conocer las condiciones de calidad del agua subterránea, así como su variación espacial. Se presenta el comportamiento espacial de cuatro elementos (mg/L): cloruros, sodio, sulfatos y bicarbonatos, mismos que han sido reportados como elementos importantes para definir la calidad del agua subterránea (FAO, 1985; DOF, 2000). Los valores de referencia de calidad del agua se consideraron para dos categorías: 1) uso en riego agrícola y 2) uso y consumo humano (Tabla 1). Los datos utilizados provienen del conjunto de datos vectoriales de hidrología subterránea escala 1:250,000 del INEGI, así como de Lesser y Asociados (2000), que en conjunto representan un total de 75 sitios.

La concentración de cloruros en la mayor parte del acuífero presenta valores que permiten su uso sin restricción, tanto para el riego agrícola como para el uso y consumo humano (1.6-135.5 mg/L). Dos sitios presentan altas concentraciones: el número 73 con 276.9 mg/L y el 9 con 468.6 mg/L, lo cual representa severas restricciones de calidad para su uso en riego agrícola (Mapa 5.3a). Las concentraciones de cloruros en el acuífero en los sitios 17, 19, 22, 25, 57, 58, 66, 67, 69, 70 y 74 superan la concentración media de 40 mg/L reportada por Freeze y Cherry (1979); en tanto que los sitios 9 y 73 superan también la concentración media reportada por la Unión Europea (2002) de 250 mg/L.

Por otra parte, la concentración de sodio presenta una distribución espacial heterogénea. El 73% de los sitios tiene concentraciones entre 6.5-69 mg/L adecuadas para su uso en las dos categorías consideradas. En tanto que 16 sitios espacialmente dispersos presentaron concentraciones que restringen su uso para el riego agrícola. Los sitios 9, 57, 69 y 73 mostraron altas concentraciones de sodio (220.1-670.4 mg/L), arriba del límite permisible para consumo humano (Mapa 5.3). Estos sitios superan la concentración media reportada por Freeze y Cherry (1979) y la Unión Europea (2002) de 325 mg/L y 200 mg/L, respectivamente.

La concentración de sulfatos presenta una distribución relativamente homogénea con concentraciones adecuadas para su uso y consumo humano en el 85% de los sitios (< 400 mg/L), en tanto que en 11 sitios espacialmente dispersos, la concentración supera el límite de referencia con valores >500 mg/L. Los bicarbonatos tiene una distribución heterogénea, las mayores concentraciones se presentan en el 81% de los sitios, superando el valor de referencia para el uso sin restricción para riego agrícola (97.6-487.2 mg/L), solo 14 sitios dispersos en la cuenca presentan condiciones adecuadas para este uso con concentraciones entre 77-85 mg/L (Mapa 5.3).

### Conclusiones

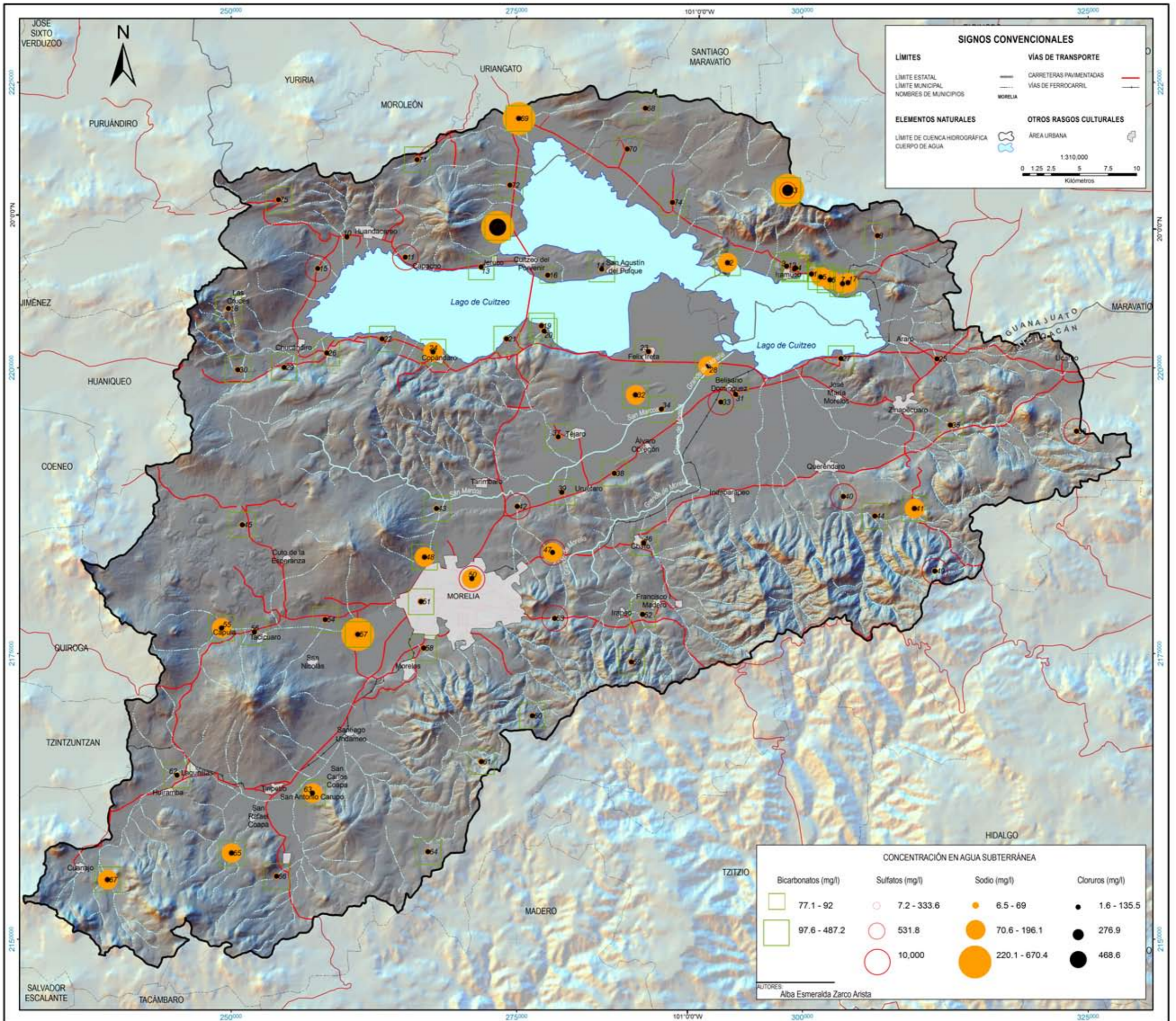
En general, la calidad del agua subterránea de la cuenca del lago de Cuitzeo presenta condiciones adecuadas para su uso tanto en riego agrícola como para el consumo humano. Sin embargo, los sitios 9 y 73, localizados al norte del acuífero, presentan restricciones para su uso en riego agrícola, debido a las altas concentraciones de cloruros, sodio, sulfatos y bicarbonatos. En tanto que sólo el sitio 73 muestra una calidad de agua no adecuada para su uso y consumo humano por las concentraciones registradas con cloruros, sodio y sulfatos.



Tabla 1. Valores de referencia de la calidad del agua subterránea para el uso en riego agrícola y para el uso y consumo humano.

Uso	Cloruros (mg/L)			Sodio (mg/L)			Sulfatos (mg/L)	Bicarbonatos (mg/L)		
	Sin restricción	Uso restringido	Severa restricción	Sin restricción	Uso restringido	Severa restricción		Sin restricción	Uso restringido	Severa restricción
<sup>1</sup> Riego agrícola	< 141	142-355	> 355	< 69	> 69	—	—	< 92	92-518	> 518
<sup>2</sup> Uso y consumo humano	250	—	—	200	—	—	400	—	—	—

<sup>1</sup>FAO, 1985; <sup>2</sup>NOM-127-SSA1-1994.



## Calidad del Agua Superficial

Alba Esmeralda Zarco Arista

El agua es un elemento esencial para la vida, sin embargo, su uso y consumo en las diferentes actividades productivas y humanas que se llevan a cabo en la cuenca del lago de Cuitzeo han generado alteraciones en la condición de los cuerpos de agua. Una forma de evaluar el impacto sobre su condición es determinar su calidad, la cual puede evaluarse a través de variables físicas, químicas y bacteriológicas, y el uso de indicadores o índices de calidad.

Los criterios para determinar la calidad del agua dependen del uso destinado. Algunos parámetros indicadores han sido publicados en las Normas Oficiales Mexicanas, así como en la Ley Federal de Derecho en Materia de Agua (Tabla 1). Por otra parte, está el uso de índices e indicadores utilizados para reportar la calidad de los cuerpos de agua nacionales, función que desempeña la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA). Hasta el 2003, esta dependencia la reportaba de acuerdo a su uso, a través de la determinación del Índice de Calidad del Agua (ICA), el cual consideraba 16 parámetros físicos, químicos y bacteriológicos (Tabla 2).

A partir del 2004, el reporte de la calidad del agua superficial se basa en la determinación de dos parámetros indicadores: 1) la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO mg/L) y 2) la Demanda Química de Oxígeno (DQO mg/L). Considerando los datos disponibles para la cuenca, se presenta la tendencia general de la calidad del agua superficial en un periodo aproximado de siete años, para lo cual se consideraron dos fuentes de datos: 1) los publicados por Soto-Galera *et al.* (1999), que toma tres parámetros: nitratos ( $\text{NO}_3$  mg/L), fosfatos ( $\text{PO}_4$  mg/L) y oxígeno disuelto (OD mg/L), los cuales se incluyen dentro de la normatividad mexicana que regula

Tabla 1. Parámetros indicadores y valores de referencia en materia de agua.

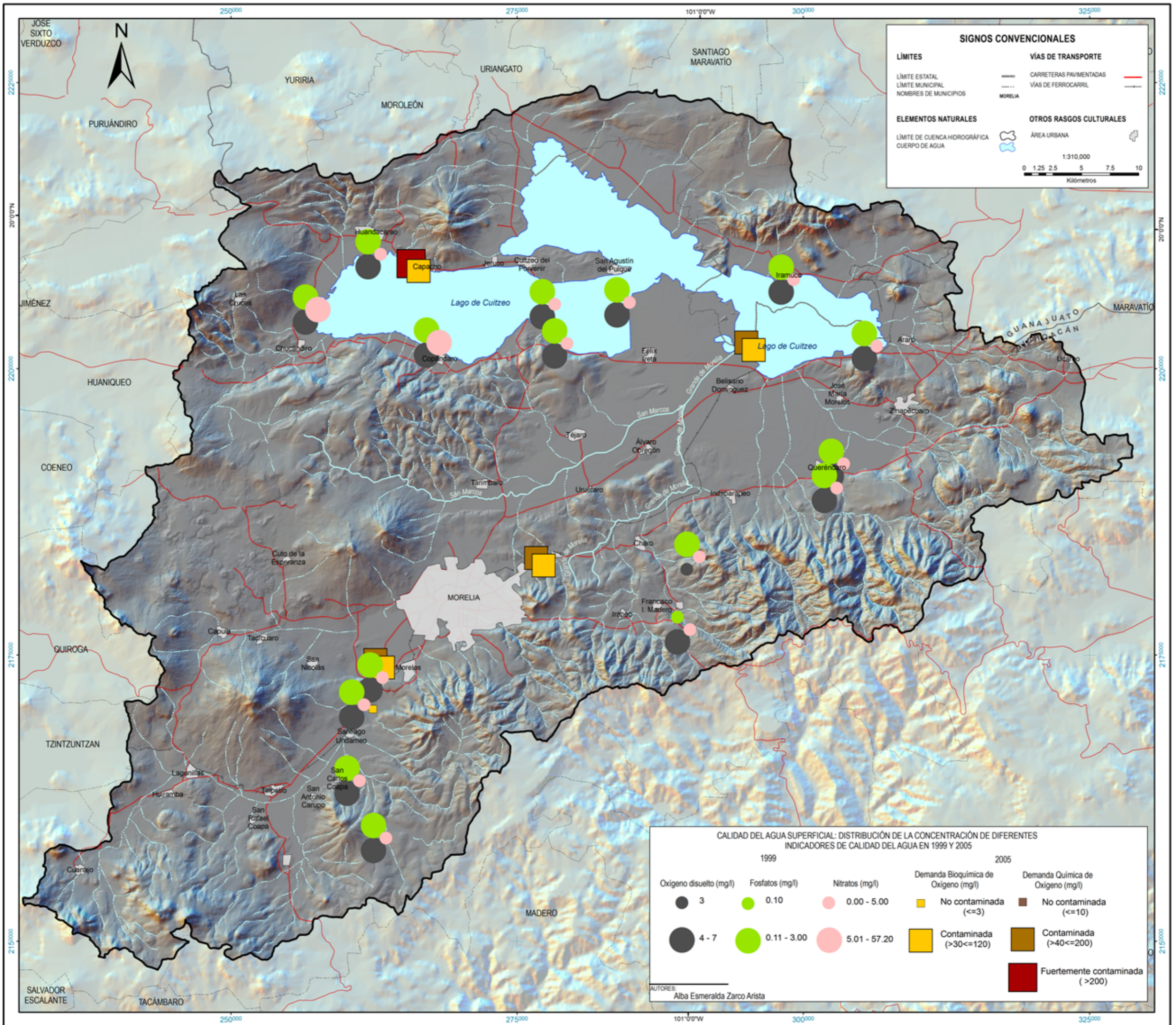
Parámetros	NOM-127-SSA1-1994 (DOF, 2000)	Ley Federal de Derecho en Materia de Agua (2007)
Alcalinidad total ( $\text{mgCaCO}_3/\text{L}$ )	-	400
Cloruros ( $\text{mg/L}$ )	-	250
Dureza total ( $\text{mgCaCO}_3/\text{L}$ )	500	-
Sólidos suspendidos totales ( $\text{mg/L}$ )	-	50 <sup>I</sup> , 50 <sup>II</sup> , 30 <sup>III</sup>
Nitratos ( $\text{mg/L}$ )	10	5 <sup>II</sup>
Nitrógeno amoniacal ( $\text{mg/L}$ )	0.5	0.06 <sup>III</sup>
Fósforo total ( $\text{mg/L}$ )	-	0.11, 0.05 <sup>III</sup>
Demanda bioquímica de oxígeno ( $\text{mg/L}$ )	-	-
Oxígeno disuelto ( $\text{mg/L}$ )	-	4 <sup>I</sup> , 5 <sup>III</sup>
Coliformes totales (NMP/100mL)	Ausencia o no detectable	1000 <sup>I</sup> , <sup>II</sup> , <sup>III</sup>
Coliformes fecales (NMP/100mL)	Ausencia o no detectable	-

<sup>I</sup> Fuente de abastecimiento, uso público urbano; <sup>II</sup> Riego agrícola; <sup>III</sup> Protección de la vida acuática, agua dulce, incluye humedales.

Tabla 2. Parámetros utilizados por la CONAGUA para la determinación del ICA en los cuerpos de agua superficial.

Parámetro
Oxígeno disuelto ( $\text{mg/L}$ )
Demanda bioquímica de oxígeno ( $\text{mg/L}$ )
Demanda química de oxígeno ( $\text{mg/L}$ )
Grado de acidez/alcalinidad (pH)
Sólidos suspendidos ( $\text{mg/L}$ )
Coliformes totales (NMP/100mL)
Coliformes fecales (NMP/100mL)
Nitratos ( $\text{mg/L}$ )
Amonios ( $\text{mg/L}$ )
Fosfatos ( $\text{mg/L}$ )
Fenoles ( $\mu\text{g/L}$ )
Diferencia de temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ )
Alcalinidad como $\text{CaCO}_3$ ( $\text{mg/L}$ )
Dureza como $\text{CaCO}_3$ ( $\text{mg/L}$ )
Cloruros ( $\text{mg/L}$ )

Fuente: (León, 1991).





la calidad del agua; y 2) reportes de la CONAGUA (2006) en dos fechas: el año 2001, que evalúa la calidad del agua de acuerdo al uso, considerando el ICA, y el año 2005, que la evalúa con los parámetros de DBO (mg/L) y DQO (mg/L). El uso de estos criterios brinda una visión general, aunque no completa, de la tendencia de calidad del agua que permite una estimación de los riesgos asociados.

Si bien es cierto que existen diferencias en las técnicas utilizadas para la determinación de cada uno de los parámetros, como en el uso mismo de los diferentes índices de las dos fuentes de datos, se consideró válida su aplicación como una estimación que brinda un panorama general de los cambios en la calidad del agua.

De acuerdo con los datos reportados por Soto-Galera *et al.* (1999), en la cuenca la calidad del agua, considerando los parámetros oxígeno disuelto y nitratos, está dentro de los límites establecidos por la Ley Federal de Derecho en Materia de Agua, tanto para protección de la vida acuática ( $OD \geq 5$  mg/L), como para riego agrícola ( $OD \geq 4$  mg/L,  $NO_3 \leq 5$  mg/L), con excepción de dos sitios en el sur del lago, que presentan altas concentraciones de nitratos ( $> 5$  mg/L) (Tabla 1, Mapa 5.4). Respecto a la concentración de fosfatos, todos los sitios localizados en el lago presentan valores superiores al límite establecido por la Ley Federal de Derecho en Materia de Agua (0.05-0.1 mg/L) con excepción del sitio ubicado en el municipio de Charo (0.1 mg/L). Si bien, la normatividad establece el límite como fósforo total, los fosfatos corresponden a una porción, por lo cual considerarlos como el límite máximo es adecuado (Mapa 5.4). El resto de los sitios en la cuenca presentan condiciones adecuadas para su uso en riego y protección de la vida acuática, con excepción del sitio localizado en el municipio de Indaparapeo con altas concentraciones de fosfatos (2.8 mg/L) y con bajas concentraciones de oxígeno (0.2 mg/L); (Mapa 5.4). Por lo tanto, se podría establecer que la condición en los cuerpos de agua en la cuenca en 1999 era adecuada, aunque se muestran evidencias de altas cargas de nitrógeno y fósforo.

En el 2001, la CONAGUA reportó la calidad de cuatro cuerpos de agua de la cuenca, de acuerdo a su uso, en cuatro diferentes categorías: 1) fuente de abastecimiento público, 2) recreación, 3) pesca y vida acuática y 4) industrial y agrícola. Con base en este reporte, el lago de Cuitzeo presenta condiciones

adecuadas para los usos recreación y pesca, así como para vida acuática; sin embargo, no es apta como fuente de abastecimiento público, así como para la industria y la agricultura (Tabla 3). Por otra parte, el Río Grande de Morelia presenta fuerte contaminación, por lo que la calidad del agua no es indicada para ninguna de las cuatro categorías consideradas. Finalmente, la presa Cointzio y el río Queréndaro presentan condiciones adecuadas para su uso, tanto como fuente de abastecimiento público, recreación, pesca y vida acuática, como en la industria y agricultura (Tabla 3). Una visión diferente se presenta en el 2005, con una tendencia general de contaminación de los cuerpos de agua evaluados, considerando la concentración de DBO (mg/L) y DQO (mg/L). Estos parámetros indicadores de la contaminación de compuestos predominantemente orgánicos e inorgánicos, respectivamente, son también una medida del requerimiento de oxígeno para la degradación de la carga de contaminantes vertidos, por lo que el incremento de éstos puede conducir incluso a condiciones de anoxia con las consecuentes alteraciones en los sistemas acuáticos y la vida natural que sustentan. Se reportan valores altos de DBO ( $>30 \leq 120$  mg/L) en el lago de Cuitzeo, Río Grande de Morelia y en los dos sitios de monitoreo de la ciudad de Morelia. Esta misma tendencia se ve reflejada por el valor de DQO ( $>40 \leq 200$  mg/L), el cual incluye compuestos tanto orgánicos como inorgánicos de lenta degradación; sobresale el sitio localizado cerca al poblado de Capacho con concentraciones  $>200$  mg/L, indicando una condición de fuerte contaminación. Por el contrario, la presa Cointzio presenta valores bajos tanto de DBO ( $\leq 3$  mg/L) como por DQO ( $\leq 10$  mg/L), por lo que se considera sin evidencia de contaminación (Mapa 5.4).

**Tabla 3. Calidad del agua superficial de acuerdo al uso basado en el valor del Índice de Calidad de Agua obtenido.**

Cuerpo de agua	Fuente de abastecimiento público	Recreación	Pesca y vida acuática	Industrial y agrícola
Lago de Cuitzeo	No apto	Apto	Apto	No apto
Presa Cointzio	Apto	Apto	Apto	Apto
Río Grande de Morelia	No apto	No apto	No apto	Apto
Río Queréndaro	Apto	Apto	Apto	Apto

Fuente: CONAGUA, 2001.

### Conclusiones

Se observa que los cuerpos de agua en la cuenca del lago de Cuitzeo han reducido su calidad en un periodo aproximado de siete años. Lo anterior puede ser resultado de los compuestos vertidos por la descarga de aguas residuales, tanto de origen municipal, industrial como agropecuario. Desde el punto de vista de los sistemas naturales, la condición de los cuerpos de agua supone que se ha rebasado la capacidad natural de los sistemas acuáticos para degradar los compuestos, teniendo como consecuencia la disminución en la calidad del agua, aspecto que tiene relevancia al considerar la posibilidad de pérdida de hábitats importantes para la conservación de la vida acuática, debido a que las condiciones pueden no ser adecuadas para las especies nativas. Sin embargo, para una mejor evaluación y monitoreo de la calidad del agua es necesario conocer una serie de variables importantes, como son las establecidas en la normatividad mexicana en materia de agua a fin de contar con la información que permita establecer las estrategias adecuadas para la recuperación de los sistemas acuáticos, así como los usos potenciales que podrían darse al líquido, tomando como base su condición actual.



Fotografía: Marcela Galindo

# Descargas de Aguas Residuales

Alba Esmeralda Zarco Arista

La descarga de aguas residuales a los cuerpos de agua natural es uno de los principales problemas que determinan su contaminación. Por lo tanto, el análisis del volumen, tipo, permisos y distribución espacial de las descargas es fundamental para implementar estrategias que contribuyan al control y monitoreo de la contaminación. De acuerdo con los datos reportados por la Comisión Nacional del Agua (2007), en México se generan 7.63 km<sup>3</sup>/año (1 km<sup>3</sup>= mil millones de metros cúbicos) de aguas residuales municipales y 5.77 km<sup>3</sup>/año no municipales; pero sólo 36 y 15%, respectivamente, recibe algún tipo de tratamiento (CONAGUA, 2007). Lo anterior implica que alrededor del 64 y 85% de las aguas residuales de origen municipal y no municipal, respectivamente, se vierten directamente a los cuerpos de agua sin tratamiento previo. Los datos anteriores se refieren a la condición de tratamiento de las aguas residuales a nivel nacional, lo que permite ubicar en este contexto a la situación de la cuenca del lago de Cuitzeo, que en el mejor de los casos presentará la misma tendencia.

De los datos proporcionados por la Subdirección General de Administración del Agua, Gerencia del Registro Público de Derechos de Agua-REPGA, se obtuvieron las concesiones, asignaciones y permisos de descarga presentes en la cuenca al 2005. La condición de las aguas residuales se caracterizó por sus principales compuestos, considerando aquellos que pueden tener impactos negativos sobre los sistemas acuáticos en los cuales son vertidos. Los parámetros químicos y bacteriológicos que se presentan fueron seleccionados por constituir un riesgo potencial a los sistemas naturales y se agruparon por origen predominante en dos categorías: 1) industrial con nueve variables y 2) agropecuario y municipal con seis (Tabla 1).

Tabla 1. Parámetros de las descargas de aguas residuales por origen predominante.

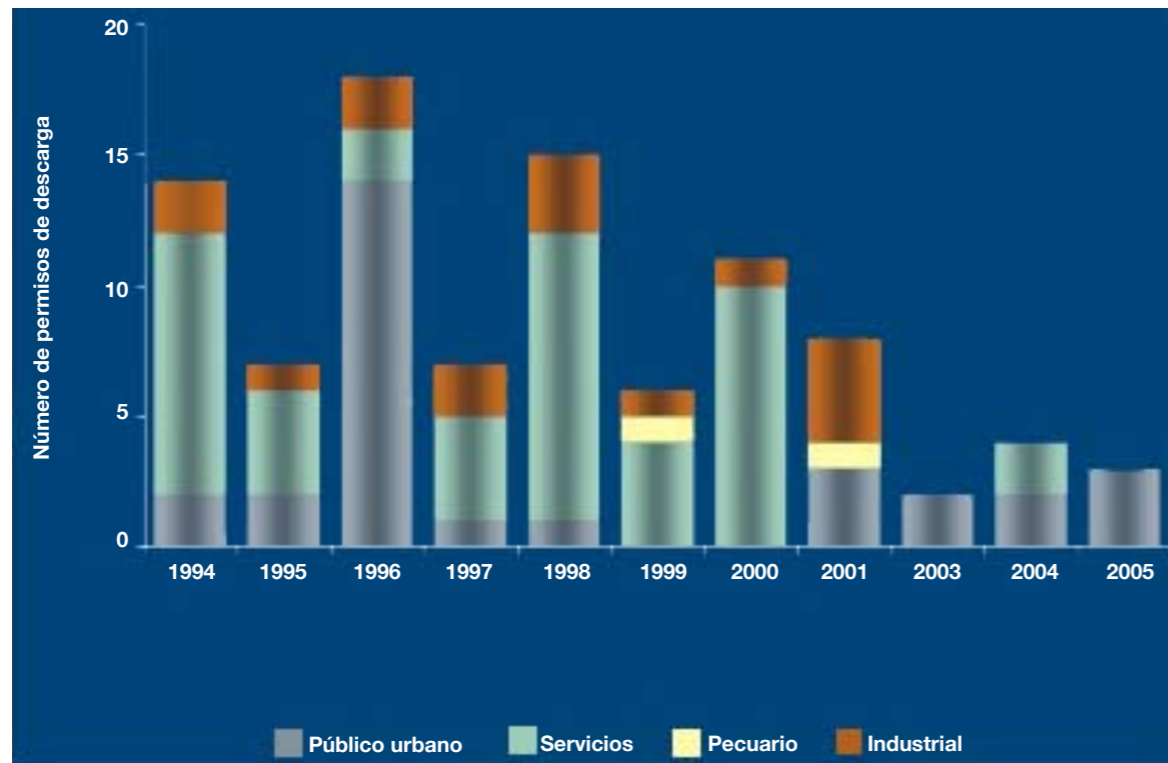
Origen	Parámetros	Significado
Industrial	Arsénico, cadmio, cianuro, cobre, cromo, mercurio, níquel, plomo, DQO*	Estos compuestos pueden ser tóxicos, carcinogénicos o mutagénicos, aun en bajas concentraciones, tanto para los humanos como para los animales. Algunos son bioacumulables en la cadena alimenticia, como es el caso de el cromo, cadmio y plomo (Metcalf y Eddy, 1991).
Agropecuario, municipal	Fósforo total, nitrógeno total, coliformes totales, sólidos suspendidos totales, huevos de helminto, DBO**	Riegos en la salud pública a través de la transmisión de enfermedades que tienen como vector el agua. Altas concentraciones de nitrógeno y fósforo pueden conducir a la eutroficación de los sistemas acuáticos (Metcalf y Eddy, 1991).

\*DQO- Demanda química de oxígeno: es una medida del oxígeno requerido para degradar los compuestos orgánicos e inorgánicos en el agua. Los compuestos recalcitrantes o de degradación lenta que no se detectan en la prueba de la DBO se incluyen en esta variable.

\*\*DBO- Demanda bioquímica de oxígeno: es una medida del oxígeno requerido para la estabilización química y biológica de la materia orgánica, en un tiempo y temperatura específicos. Entre mayor sea la carga orgánica en un cuerpo de agua debida al aporte de aguas residuales o contaminantes, mayor será el requerimiento de oxígeno para su degradación, llevando incluso a condiciones anaeróbicas en los cuerpos de agua.



Fotografía: Marcela Galindo

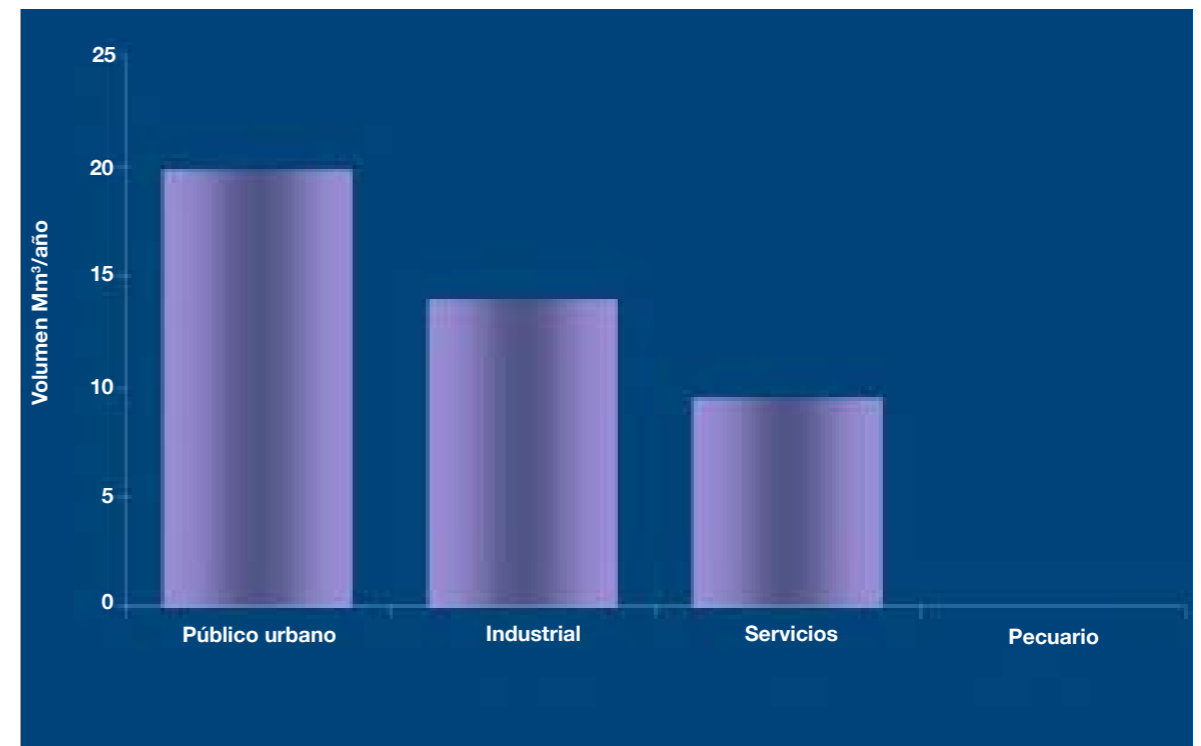


Gráfica 1. Evolución histórica de los permisos de descarga de aguas residuales de acuerdo a su origen en la cuenca del lago de Cuitzeo inscritos en el REPDA al 2005.

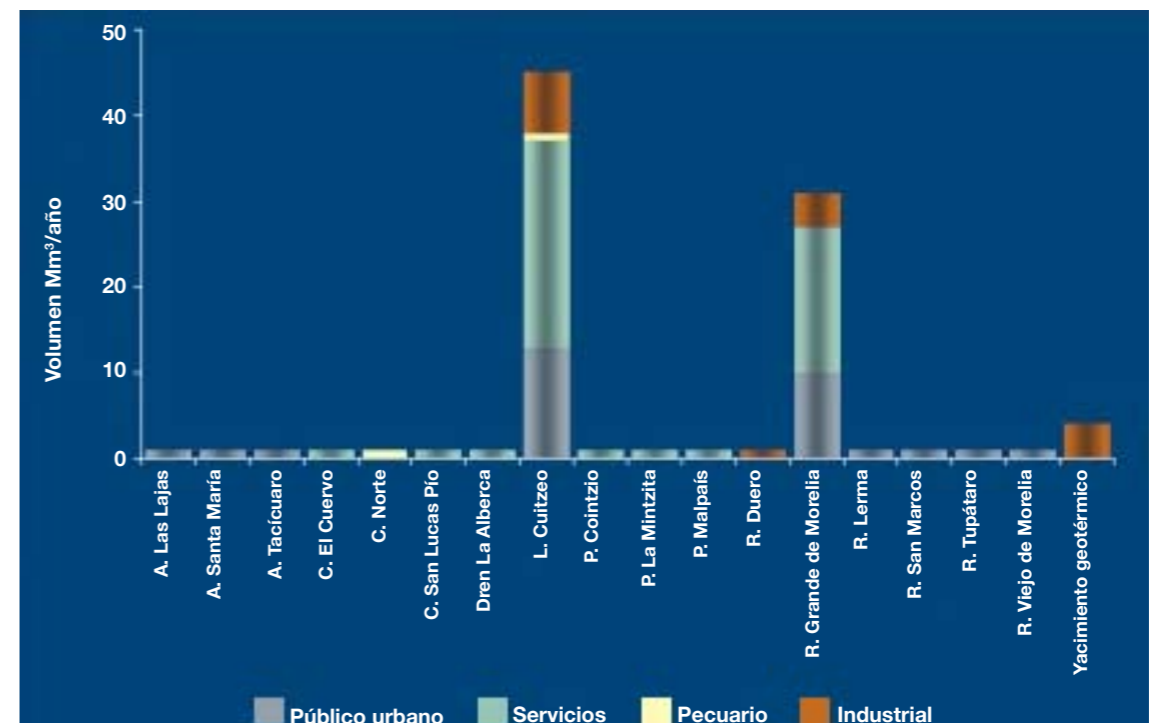
### Evolución Histórica de los Permisos de Descarga

El comportamiento histórico de los permisos de descarga en la cuenca del lago de Cuitzeo muestra un predominio en la concesión de las derivadas del uso en servicios, misma tendencia que permanece hasta el año 2000, con excepción de 1996, en donde el mayor número fue para el uso público urbano. El total de permisos de descarga al 2005 fue de 95, divididos de la siguiente manera: 30 para uso público urbano, 47 para servicios, 2 pecuarios y 16 industriales (Gráfica 1).

Por otra parte, el volumen de descarga muestra un comportamiento diferente: 46% se deriva del uso público urbano (19.83 Mm<sup>3</sup>/año), 32% del uso industrial (13.96 Mm<sup>3</sup>/año) y el 22% del uso en servicios (9.5 Mm<sup>3</sup>/año), un porcentaje menor está representado por las descargas de origen pecuario, con un volumen total de 43.28 Mm<sup>3</sup>/año (Gráfica 2). El cuerpo de agua con el mayor número de permisos de descarga es el lago de Cuitzeo con 45 registros, principalmente provenientes del uso público urbano y el de servicios, de los cuales 28 se encuentran cercanos a la zona, en tanto los 17 restantes descargan en principio

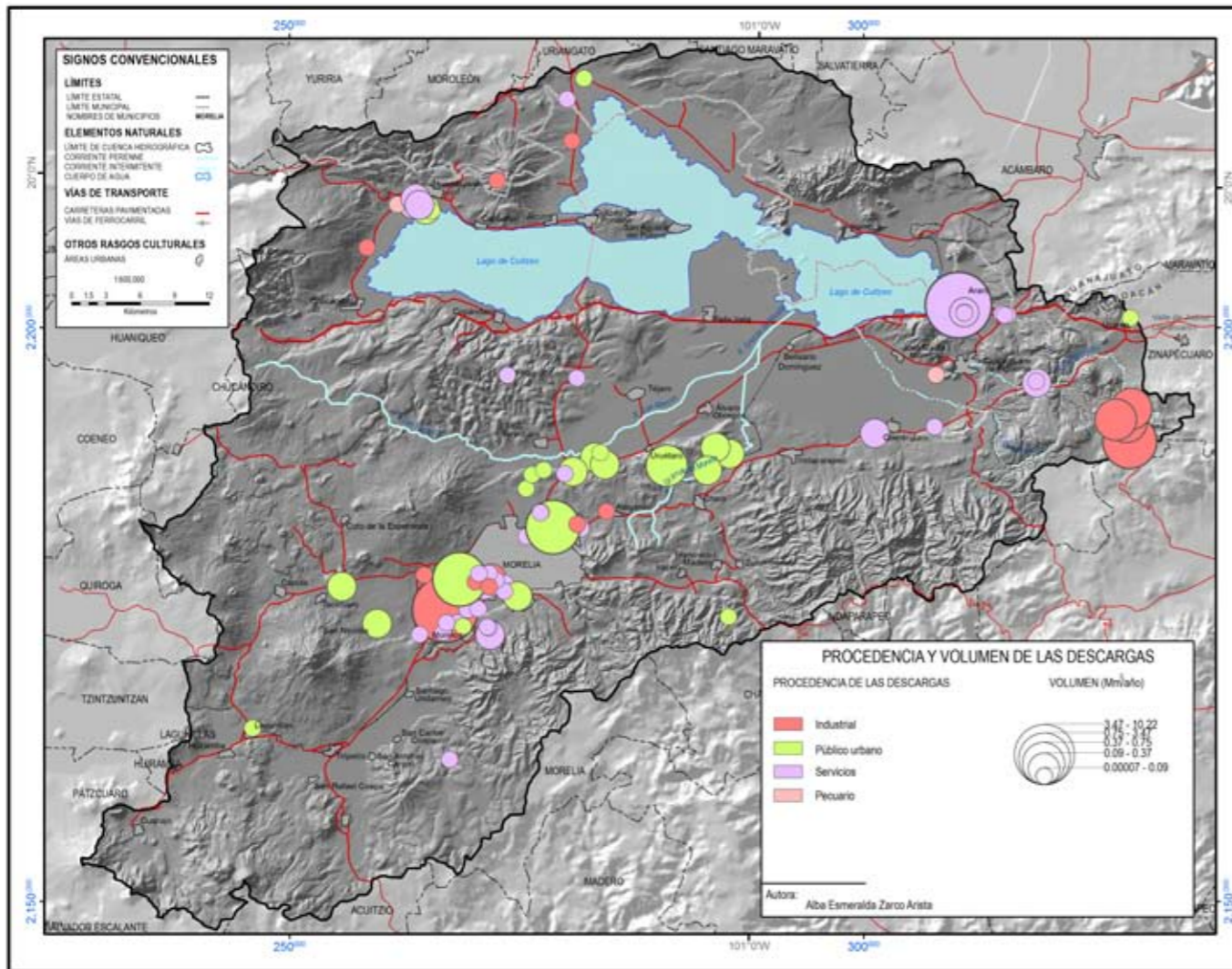


Gráfica 2. Volumen de agua residual por origen en la cuenca del lago de Cuitzeo inscritos en el REPDA al 2005.



Gráfica 3. Número de puntos de descarga de agua residual por cuerpo receptor y origen de la descarga en la cuenca del lago de Cuitzeo inscritos en el REPDA al 2005.

Mapa 5.5a - Procedencia y volumen de las descargas

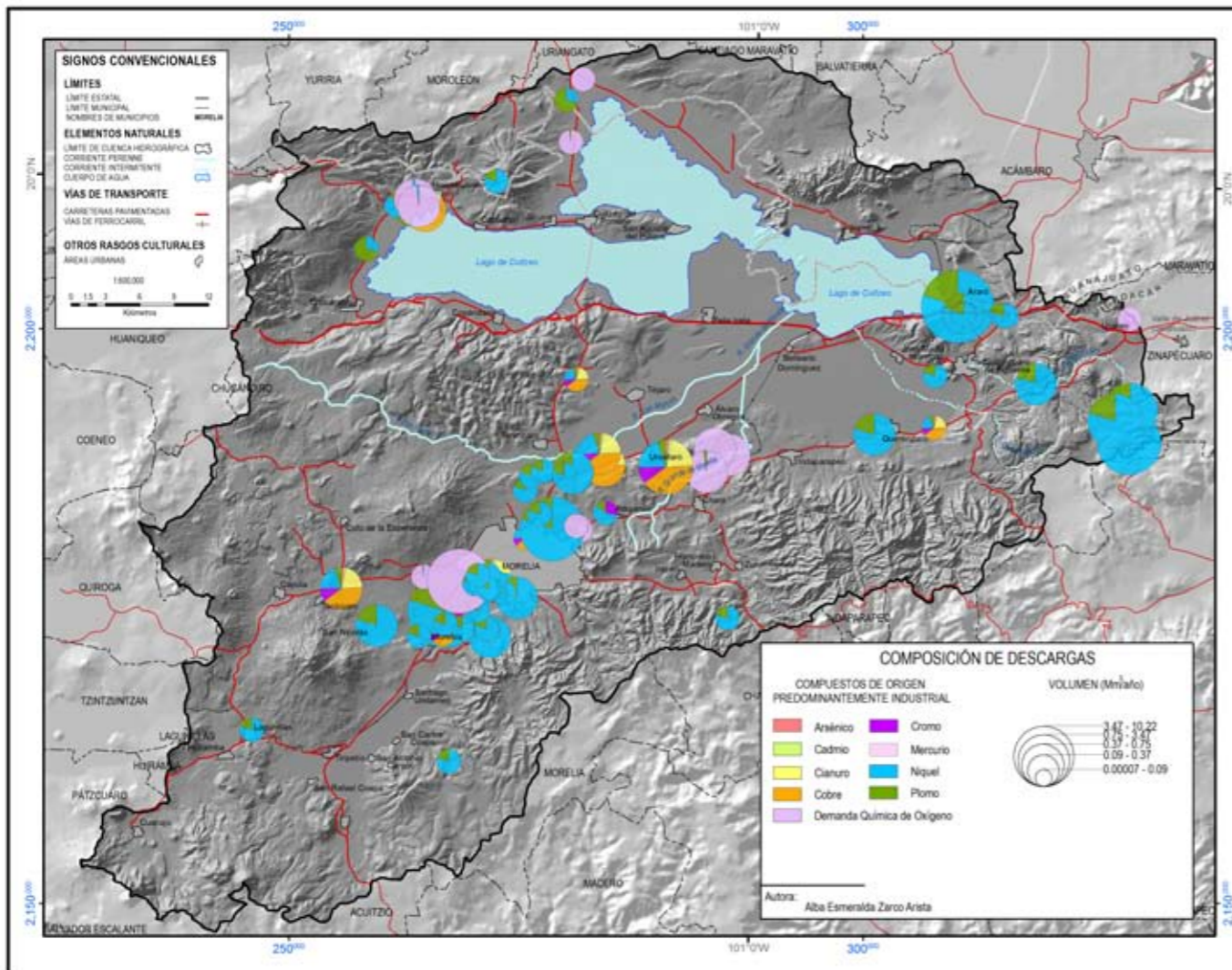


en algún escurrimiento superficial, pero la final es en el lago; le sigue el Río Grande de Morelia con 31 permisos, provenientes del uso público urbano y el de servicios; el resto de los cuerpos de agua presentan un permiso, en tanto que el yacimiento geotérmico localizado al noroeste de la cuenca tiene cuatro, todos de origen industrial (Gráfica 3).

### Volumen y Condición de la Descarga de Aguas Residuales

La estimación de la carga de compuestos contaminantes que se vierten a los sistemas naturales se calculó a partir del límite de referencia reportado por el REPDA en 2005, el cual fue multiplicado por el volumen de descarga anual en cada uno de los puntos; los resultados se presentan en porcentaje del volumen total. Los compuestos de las descargas se dividieron en dos categorías de acuerdo a su origen predominante: 1) industrial y 2) agropecuario-municipal (Tabla 1).

Mapa 5.5b - Composición de las descargas industriales



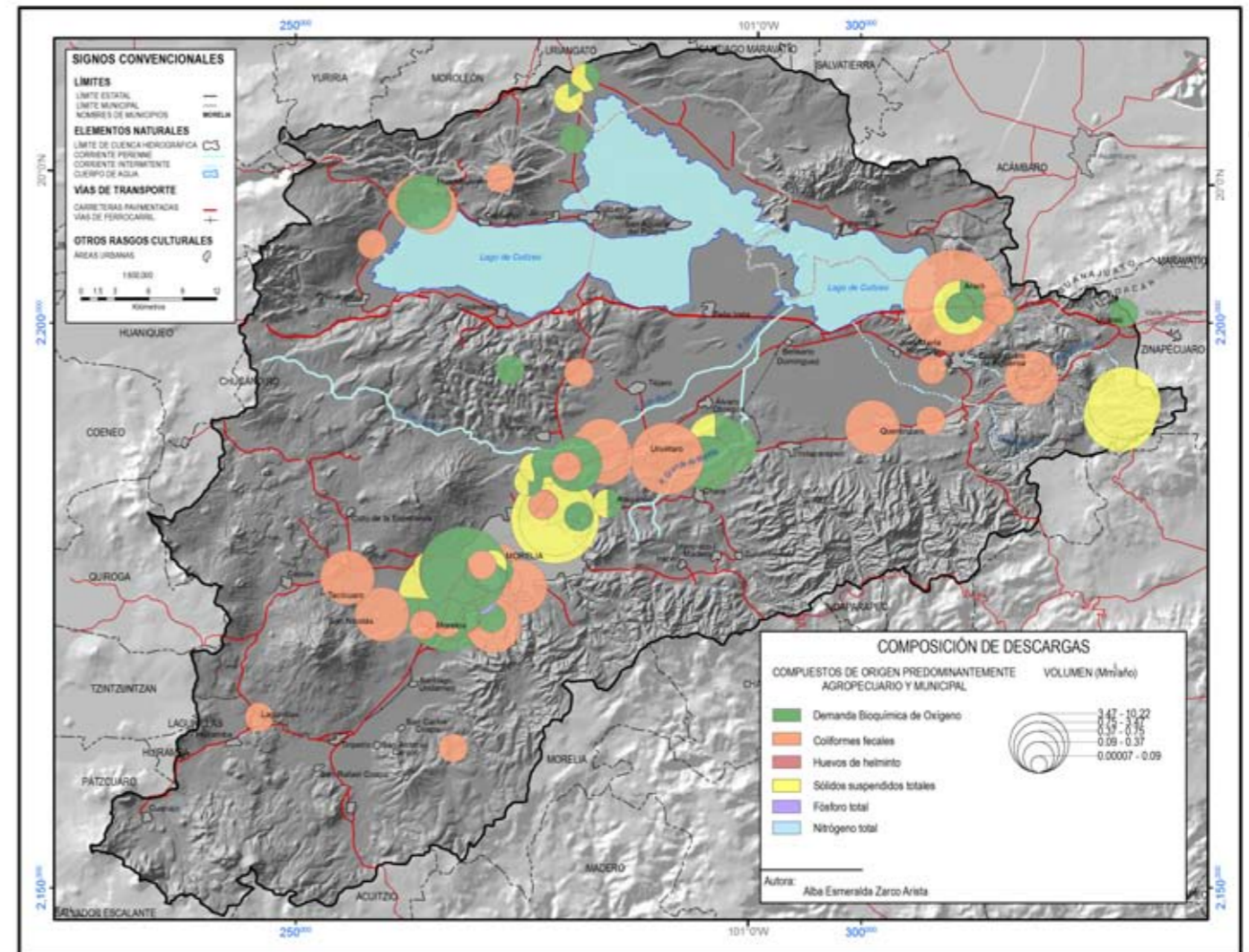
La distribución espacial de los sitios de descarga es heterogénea. En la ciudad de Morelia y en las zonas cercanas a ella se concentran el 54% de los puntos y es también la zona con más descargas residuales derivadas de la industria con el 56% (Mapa 5.5a). Hacia la ribera oeste del lago se presenta otra zona importante de concentración de descargas, principalmente entre Huandacareo y Capacho (Mapa 5.5a). La mayor cantidad se ubican en la zona noreste y suroeste de la ciudad de Morelia (15 y 14 Mm³/año, respectivamente), seguido por la ribera este del lago de Cuitzeo, con un volumen de descarga acumulada de 8 Mm³/año, en tanto que hacia la ribera oeste es de 1 Mm³/año.

Las mayores descargas de compuestos que se catalogan como de origen industrial se localizan en la zona noreste y suroeste de la ciudad de Morelia, con altos contenidos de níquel y plomo; y hacia la zona noreste también con altos contenidos de cobre, cromo y cianuro (Mapa 5.5b). La ribera este del lago de Cuitzeo presenta altos contenidos de níquel y en menor proporción de plomo; en tanto que la parte suroeste muestra también, aunque en menor cantidad, cobre y plomo (Mapa 5.5b).

Los compuestos de la categoría agropecuario-municipal, presentan dos zonas importantes por condiciones diferentes: 1) la norte y sur cercanas a la ciudad de Morelia con valores altos en demanda bioquímica de oxígeno y coliformes fecales (Mapa 5.5c); y 2) la localizada hacia la ribera este del lago que presenta altos contenidos de coliformes fecales. Esto significa que las estrategias de control y monitoreo de las descargas de aguas residuales tienen que ser diferenciales espacialmente.

### Conclusiones

De la información presentada es posible identificar las zonas que requieren de la vigilancia en el cumplimiento de los límites permisibles de los compuestos considerados en el análisis, como son las descargas en la ciudad de Morelia y zonas adyacentes, así como las localizadas hacia la ribera este del lago de Cuitzeo, considerando las variables tanto de la categorías industrial como de la agropecuario-municipal.



Mapa 5.5c - Composición de las descargas agropecuarias y municipales

# Evaluación de la Calidad del Agua de los Ríos con la DQO y la DBO<sub>5</sub>

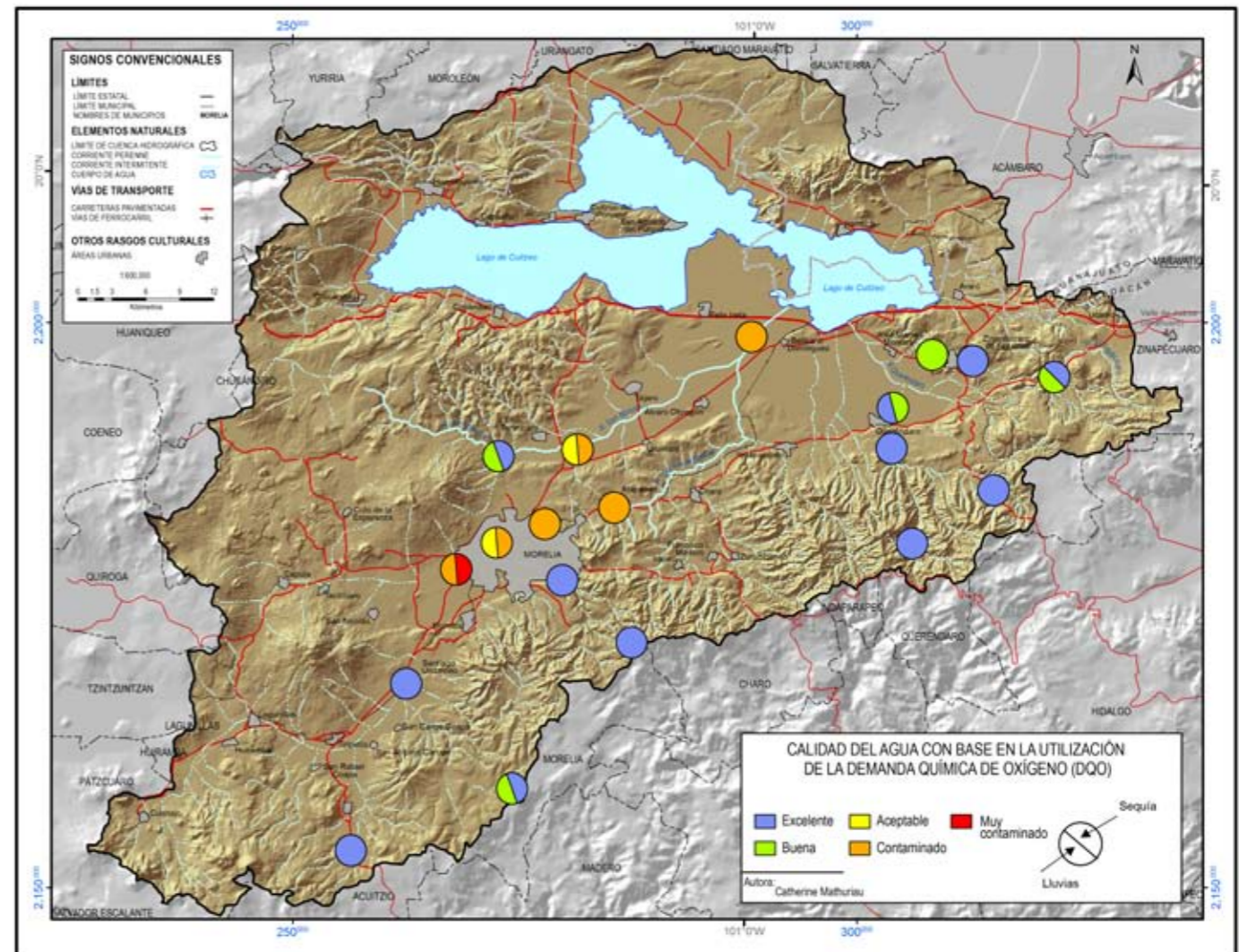
Catherine Mathuriau  
Susana Herrejón Escutia  
Juan Rangel Camarena

Conocer la calidad de agua de las corrientes superficiales es de crucial importancia para la población, ya que una parte de este recurso es utilizado como fuente de abastecimiento para las comunidades rurales y urbanas. Desde 1974, la CONAGUA empleó el Índice de Calidad del Agua (ICA), basado en 18 parámetros para realizar el seguimiento de su calidad, a través de la Red Nacional de Monitoreo de la Calidad del Agua (RNMCA). A partir del 2003, dejó de utilizar el ICA y se basó en la medición de tres parámetros para evaluar la calidad, uno que mide la cantidad de sólidos suspendidos totales (SST) y dos que miden la cantidad de materia orgánica que son:

- La **DBO<sub>5</sub>** (Demanda Bioquímica de Oxígeno en cinco días) representa la cantidad de oxígeno consumido por los microorganismos aerobios para degradar la materia orgánica en un periodo de cinco días a 20°C y se expresa en mg/L.
- La **DQO** (Demanda Química de Oxígeno) representa la cantidad de oxígeno necesaria para la oxidación química de todas las sustancias orgánicas e inorgánicas y se expresa en mg/L.

La CONAGUA cuenta actualmente con 12 sitios de monitoreo ubicados en la cuenca del lago de Cuitzeo que pertenecen al RNMCA. Cuatro ubicados en el Río Grande y los ocho restantes en el lago, lo que impide establecer la calidad general del agua a nivel cuenca. Para realizar un diagnóstico exhaustivo de la calidad del agua, se midió la DQO y la DBO<sub>5</sub> en noviembre de 2005 y mayo de 2006 en 19 sitios ubicados sobre los seis principales ríos permanentes que son: La Palma, San Marcos, Río Grande de Morelia, Río Chiquito, Queréndaro y Zinapécuaro. En cada sitio se tomaron dos muestras que fueron adecuadamente conservadas y llevadas al laboratorio de agua de la CONAGUA para ser analizadas. Los Mapas 5.6a y 5.6b presentan la distribución espacial de la calidad del agua en época de lluvias y de sequía en la cuenca con base a la DQO y a la DBO<sub>5</sub>, respectivamente.

Mapa 5.6a - Calidad del agua con base en la DQO



## 5.6 EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA DE LOS RÍOS CON LA DQO Y LA DBO<sub>5</sub>

La Tabla 1 presenta la escala de clasificación para determinar la calidad del agua con base a la DBO<sub>5</sub> y la DQO.

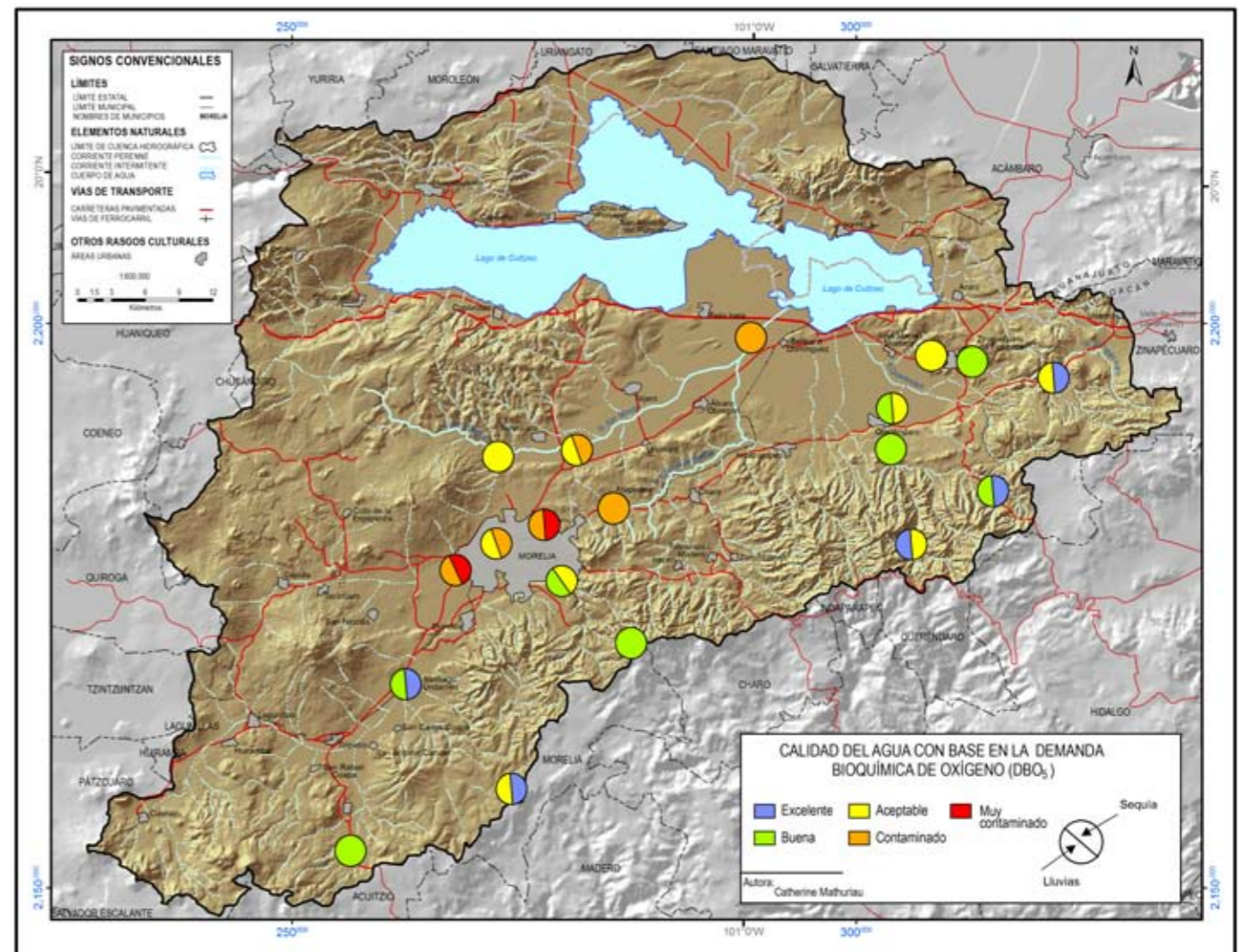
**Tabla 1. Escala de clasificación de la DQO y DBO<sub>5</sub> para evaluar la calidad del agua.**

Criterio		Clasificación	Color
DQO	DBO <sub>5</sub>		
DQO ≤ 10	DBO <sub>5</sub> ≤ 3	Excelente	Azul
10 < DQO ≤ 20	3 < DBO <sub>5</sub> ≤ 6	Buena	Verde
20 < DQO ≤ 40	6 < DBO <sub>5</sub> ≤ 30	Aceptable	Amarillo
40 < DQO ≤ 200	30 < DBO <sub>5</sub> ≤ 120	Contaminada	Naranja
DQO > 200	DBO <sub>5</sub> > 120	Muy contaminada	Rojo

En época de lluvias, la DQO fluctuó entre 0 y 105 mg/L y la DBO<sub>5</sub> entre 0.1 y 62.2 mg/L. De acuerdo a los valores de la DQO, 47% de los sitios tienen una excelente calidad, 21% una buena calidad, 11% una calidad aceptable y 21% están contaminados (Gráficas 1-4). Con base a la DBO<sub>5</sub>, 5% de los sitios tienen una excelente calidad, 42% es buena, 32% es aceptable y 21% están contaminados (Gráficas 1-4). En época de sequía la DQO varió entre 0 y 455 mg/L y la DBO<sub>5</sub> entre 0.1 y 296 mg/L. En este periodo, y de acuerdo a los valores de DQO, 58% de los sitios tienen una excelente calidad, 11% es buena, 26% están contaminados y 5% están muy contaminados. De acuerdo a los valores de DBO<sub>5</sub>, 21% de los sitios tienen una excelente calidad, 21.1% es buena, 26% es aceptable, 21% están contaminados y 11% están muy contaminados. Estos resultados muestran que los valores de DQO y DBO<sub>5</sub> son más contrastantes en sequía; es decir, que en esta época hay tanto una mayor proporción de sitios de excelente calidad (58% para la DQO y 21% para la DBO<sub>5</sub>) como una mayor proporción de sitios contaminados y muy contaminados (32% para la DQO y DBO<sub>5</sub>).

Los sitios ubicados en la parte alta de la cuenca presentan una excelente o buena calidad del agua. Para un mismo sitio los valores dados por la DBO<sub>5</sub> son más críticos. Según los valores de DQO y DBO<sub>5</sub>, los sitios ubicados en la planicie presentan una clara degradación de la calidad del agua. Los lugares más

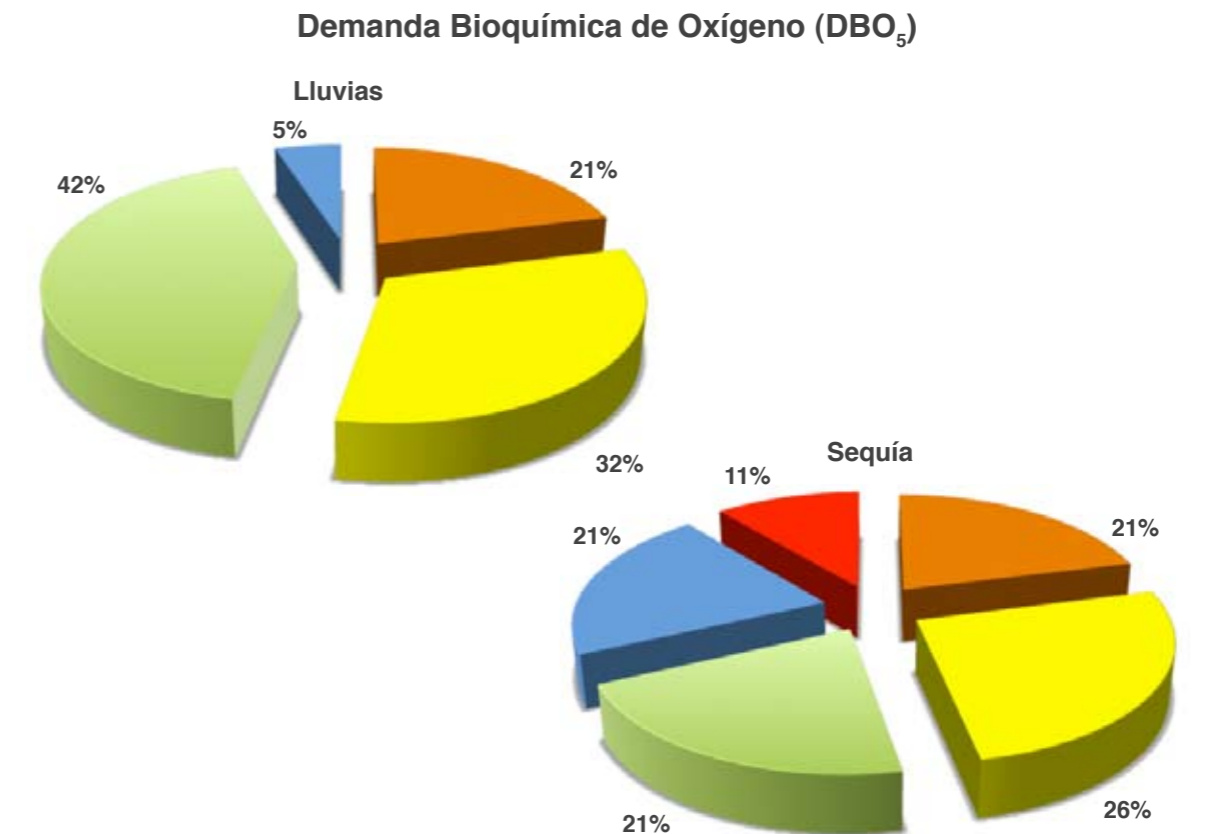
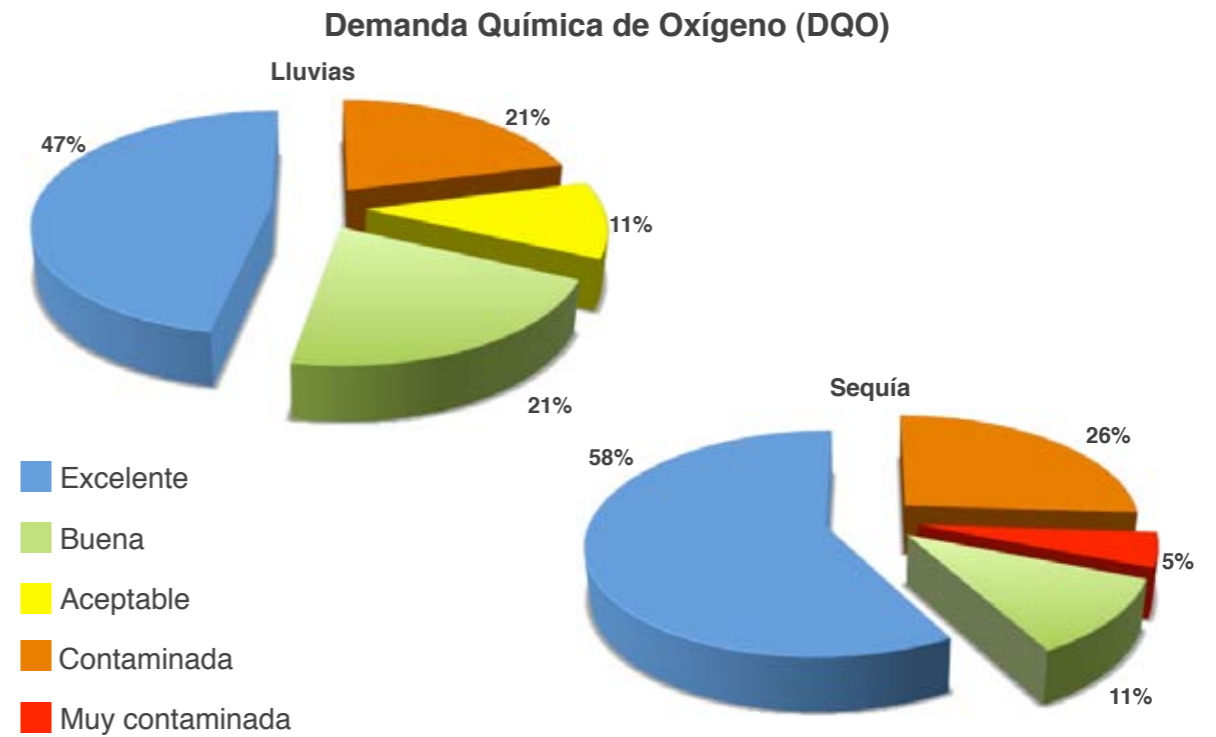
**Mapa 5.6b - Calidad del agua con base en la DBO<sub>5</sub>**





contaminados se ubican sobre el Río Grande, Chiquito y San Marcos. El Río Grande, después de la fábrica de papel y antes de la ciudad de Morelia, se observa contaminado en época de lluvias (DQO de 105 mg/L, DBO<sub>5</sub> de 62 mg/L) y muy contaminado en sequía (DQO de 455 mg/L, DBO<sub>5</sub> de 296 mg/L). Estos valores son signos de la descarga de aguas residuales crudas de origen industrial y/o domésticas. Al pasar por la ciudad de Morelia, el río continúa contaminado por las descargas de aguas residuales de origen municipal. Aguas abajo no se observa una recuperación del río, sus aguas son anóxicas, impidiendo así la descomposición de la materia orgánica. El agua del Río Chiquito es contaminada por las aguas residuales municipales al pasar por la ciudad de Morelia; la contaminación es más marcada en época de estiaje que en época de lluvias. El agua del río San Marcos tiene una calidad aceptable con signos de contaminación en la parte alta de su cuenca y se degrada a lo largo de su cauce para llegar contaminada antes de San Pedro de los Sauces. La fuerte actividad agrícola en esta zona puede ser en parte responsable de esta contaminación. Los ríos Zinapécuaro y Queréndaro quedan con una calidad de aceptable a buena, después de las ciudades con el mismo nombre.

De acuerdo entonces a los parámetros DBO<sub>5</sub> y DQO, los ríos de la cuenca del lago de Cuitzeo presentan de una excelente a una buena calidad del agua en la parte alta donde los impactos por actividades antropogénicas son menores. El agua que llega al lago está entre contaminada a muy contaminada, lo cual tiene repercusiones sobre el ecosistema lacustre y las actividades pesqueras.



Gráficas 1-4. Porcentaje de sitios muy contaminados, contaminados, de aceptable, buena y excelente calidad en época de lluvias y sequía en los ríos de la cuenca del lago de Cuitzeo con base en la DQO y DBO<sub>5</sub>.

## 5.6 EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA DE LOS RÍOS CON LA DQO Y LA DBO<sub>5</sub>



Fotografía: Catherine Mathuriau



Fotografía: Catherine Mathuriau

# Evaluación de la Calidad del Agua de los Ríos con Bioindicadores

Catherine Mathuriau  
Isabel Israde-Alcántara

Susana Herrejón Escutia  
Manuel Maass Moreno

Desde el principio del siglo XX los organismos acuáticos, en particular los macroinvertebrados y las diatomeas, son utilizados para evaluar la calidad del agua (Rosenberg y Resh, 1993; Prygiel y Coste, 1995). Los **macroinvertebrados bentónicos** son larvas y adultos de insectos, anélidos, crustáceos y moluscos superiores a 0.5 mm que viven en el fondo del agua, a la orilla, sobre las piedras y hojarascas, en las raíces y vegetación acuática. Las **diatomeas** son algas microscópicas que se encuentran adheridas a substratos rocosos, a troncos, a la vegetación, así como a otros del tipo artificial.

Estos organismos tienen como ventajas integrar las condiciones físicas y químicas del agua, las variaciones espaciales y temporales, además de detectar contaminaciones difusas y puntuales y de medir la degradación del hábitat (Prat *et al.*, 1996; Prygiel y Coste, 1997). El uso de dichos organismos se basa en que están adaptados a determinadas condiciones ambientales. Después de una alteración, estos organismos se ven afectados, desaparecen y dejan el espacio libre para otros organismos más tolerantes a estas nuevas condiciones. Así, los cambios en la composición y estructura de estos organismos pueden ser interpretados como una modificación de la calidad del agua (Alba-Tercedor, 1996). En un sitio dado, para relacionar las comunidades acuáticas presentes con el grado de contaminación del agua se atribuye un valor a cada taxa (familia, género y especie) que corresponde a su grado de tolerancia a la contaminación. El índice biológico que se calcula y que sirve para interpretar la calidad del agua, es la suma de todos los valores de los taxa presentes en este sitio dividido o no (según el índice) por el número de taxa indicadores.



Fotografía: Catherine Mathuriau

Imagen: Larva de Leptohyphidae (insecto) como bioindicador de la calidad del agua en la cuenca de Cuitzeo.



Fotografía: Isabel Israde-Alcántara

Imagen: Diatomeas características de Los Filtros de la cuenca de Cuitzeo.

## 5.7 EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA DE LOS RÍOS CON BIOINDICADORES

Para dar cuenta de la distribución espacial de la calidad biológica del agua de los principales ríos de la cuenca del lago de Cuitzeo, 19 sitios fueron muestreados en época de lluvias (noviembre de 2005) y en época de sequía (mayo 2006). En cada sitio, los macroinvertebrados y las diatomeas fueron colectados en todos los hábitats presentes, con la ayuda de redes (malla de 250  $\mu$ m) y cepillos. En el laboratorio, los macroinvertebrados fueron determinados hasta familia y las diatomeas hasta especie. Para los macroinvertebrados se calculó el Índice Biótico de Familias (FBI); (Hilsenhoff, 1988) y para las diatomeas el Índice de Poluosensibilidad Específica (IPS). Las Tablas 1 y 2 presentan las escalas de clasificación para interpretar los resultados.

**Tabla 1. Escala de clasificación para evaluar la calidad biológica del agua con base en el FBI.**

Valor del FBI	Calidad del agua	Color
0.00 - 3.75	Excelente	Azul
3.76 - 5.00	Buena	Verde
5.01 - 5.75	Aceptable	Amarillo
5.76 - 7.25	Contaminada	Naranja
7.26 - 10.00	Muy contaminada	Rojo

Escala Adaptada de Hilsenhoff (1988).

Con base en los macroinvertebrados bentónicos, en época de lluvias solamente 11% de los sitios muestreados son considerados de excelente calidad, 57% son de buena calidad, 5% son contaminados y 16% son muy contaminados (Gráficas 1-2). Una diferencia no muy contrastante se observa igualmente al considerar a las diatomeas como bioindicadores (Gráficas 3-4). En época de sequía, cuando la cantidad de agua es menor en los cauces, se registra una degradación de la calidad del agua con una mayor proporción de sitios contaminados (Gráficas 1-2 y 3-4). A nivel de la cuenca se observa claramente un gradiente de contaminación (Mapas 5.7a y 5.7b). Los sitios de buena calidad se encuentran en las cabeceras de los ríos y antes de las zonas urbanas. Los sitios contaminados y muy contaminados están en la planicie donde existe un fuerte desarrollo urbano e industrial.

El impacto más severo se observa en el Río Grande y el Río Chiquito. Se aprecia un cambio de las comunidades de invertebrados desde aguas abajo de la presa de Cointzio (Río Grande) y antes de entrar a la ciudad de Morelia (Río Chiquito) con la desaparición de organismos sensibles a la contaminación como las familias Perlidae, Nouridae y Calamoceratidae. El número de taxa disminuye drásticamente en estos dos ríos al pasar por la ciudad de Morelia. En los sitios muy contaminados solamente persisten organismos muy tolerantes a la contaminación como las familias Psychodidae, Syrphidae y Ephydriidae que son características de sitios con altos contenidos en materia orgánica. El Río

**Tabla 2. Escala de clasificación para evaluar la calidad biológica del agua con base en el IPS.**

Valor del IPS	Calidad del agua	Color
17 - 20	Excelente	Azul
13 - 17	Buena	Verde
9 - 13	Aceptable	Amarillo
5 - 9	Contaminada	Naranja
0 - 5	Muy contaminada	Rojo



Fotografía: Catherine Mathuriau

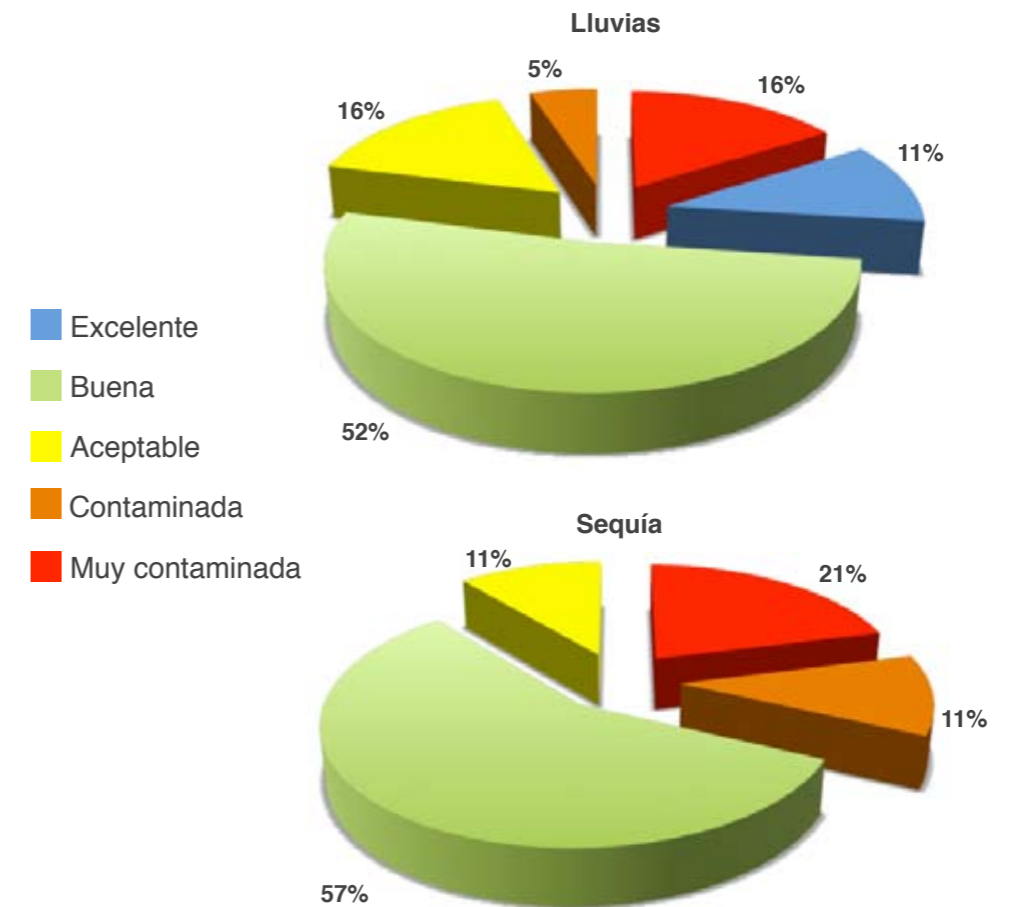
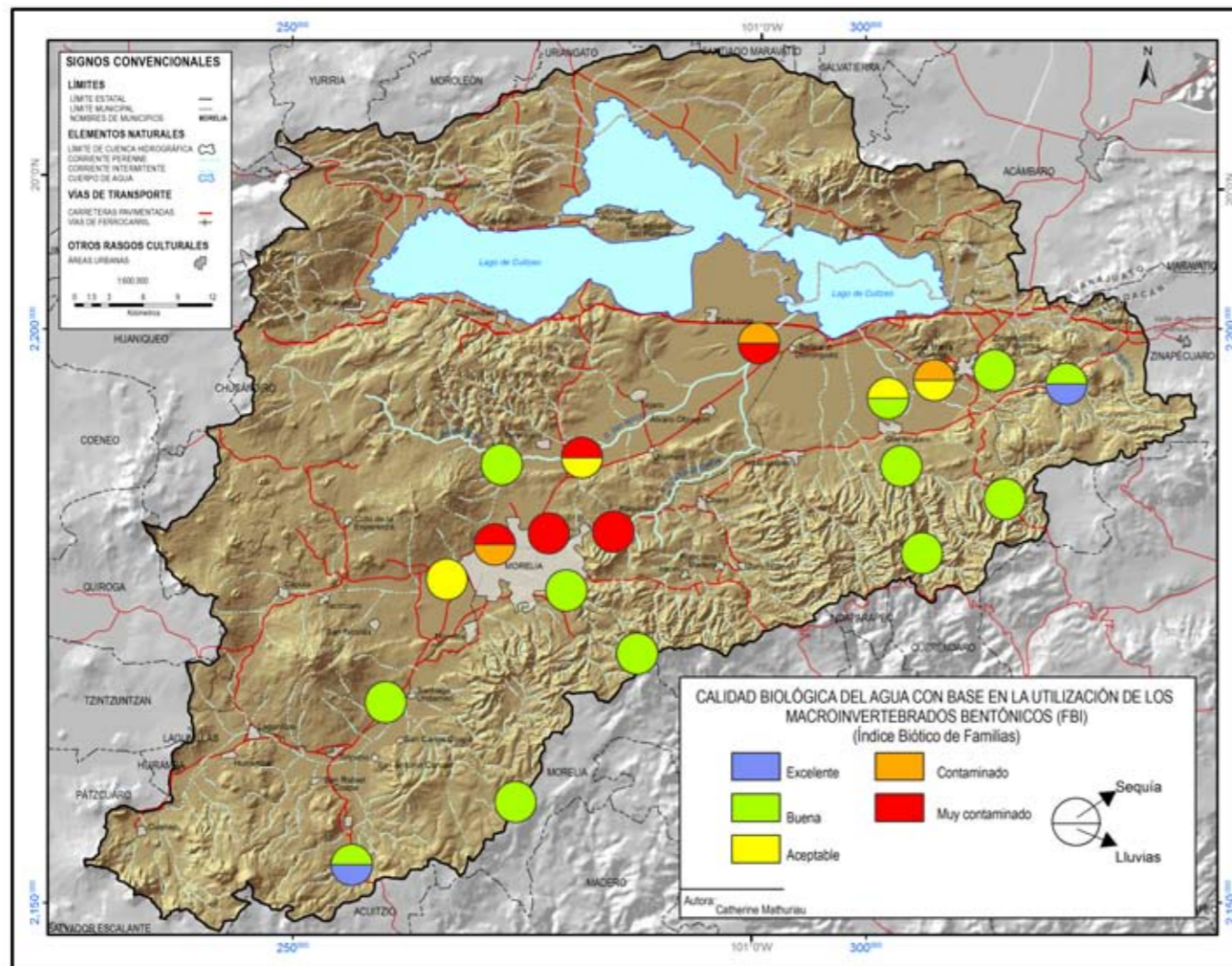
Imagen: Confluencia del Río Chiquito (izquierda) y Río Grande de Morelia (derecha).

## 5 MANEJO DEL AGUA

Grande, aguas abajo de Morelia, sigue muy contaminado hasta su desembocadura al lago de Cuitzeo. El río San Marcos, antes de San Pedro de los Sauces, alberga una fauna muy tolerante a la contaminación, lo que sugiere que recibe residuos de origen agrícola, doméstico y/o industrial. Se observa una ligera degradación de la calidad del agua de los ríos Zinapécuaro y Queréndaro, después de las ciudades con los mismos nombres. La fauna está constituida por familias tolerantes a la contaminación como los Baetidae, Leptohyphidae y Elmidae. Las descargas continuas de aguas residuales de origen doméstico, industrial y agrícola a los cauces son los principales responsables de la desaparición de la fauna acuática. A esto se agrega la destrucción de los hábitats disponibles para estos organismos por la rectificación de los cauces y la desaparición de los bosques de galería que sirven de zona de amortiguamiento para retener y asimilar compuestos como nitratos y fosfatos.

Respecto al análisis de las diatomeas, los sectores donde se detectaron aguas de buena calidad con mayor diversidad son la cabecera del río Queréndaro, donde *Rhoicosphenia abbreviata* y *Cocconeis placentula* son características, en el río la Palma *Planothidium lanceolatum* y *Cocconeis placentula*, y la cabecera del Río Chiquito *Reimeria sinuata*; estos dos últimos se presentan en el periodo de lluvias. En todos los ríos que confluyen hacia el lago de Cuitzeo en su tramo central, sus aguas están ya contaminadas. En San Juanito Itzicuaró, domina *Rophalodia brebissonni* cuyo óptimo desarrollo se observa en aguas con altas concentraciones

**Mapa 5.7a - Calidad biológica del agua con base en la utilización del FBI**



**Gráficas 1-2. Proporción de sitios muy contaminados, contaminados, de aceptable y buena calidad (en %) con base en el FBI en época de lluvias y sequía en los ríos de la cuenca del lago de Cuitzeo.**

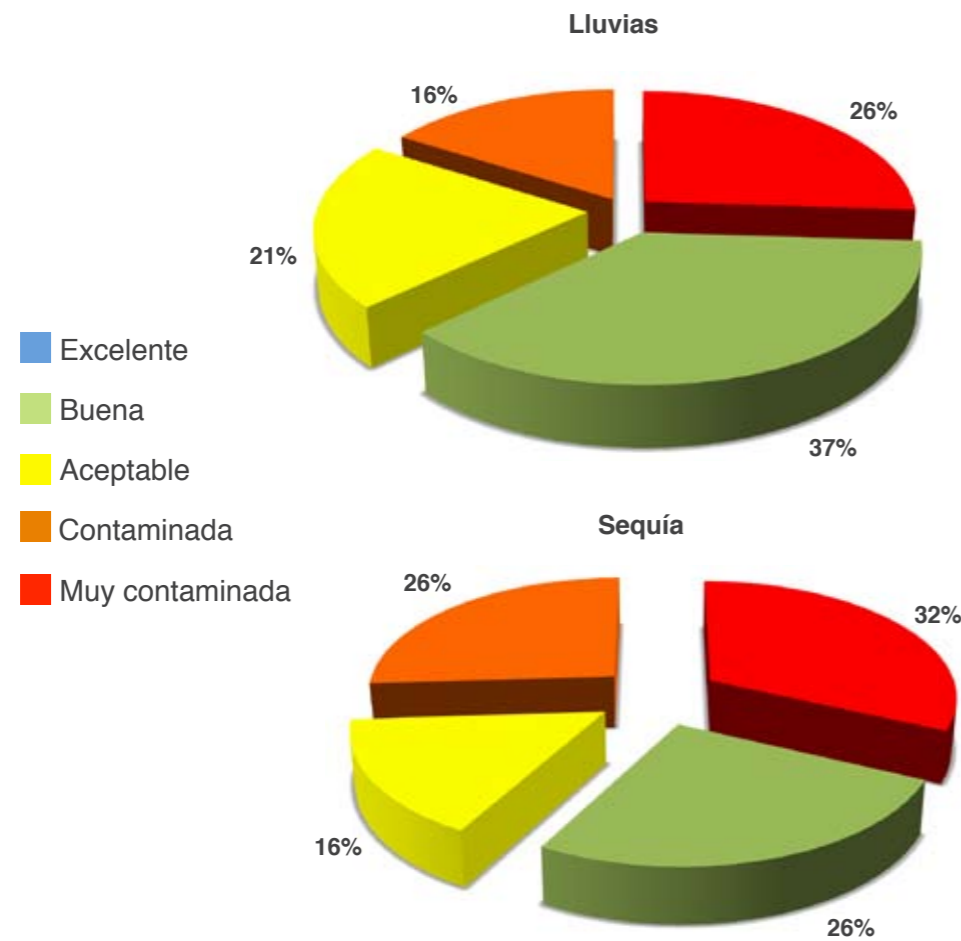
## 5.7 EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA DE LOS RÍOS CON BIOINDICADORES

de sales (sodio, potasio y calcio). La contaminación aumenta bruscamente, observando una caída drástica del IPS en el ingreso hacia las ciudades de Morelia y Zinapécuaro (Río Grande, Chiquito y Zinapécuaro) donde la calidad biológica no es aceptable y la diversidad biológica es baja, siendo abundantes *Nitzschia capitellata*, *Nitzschia palea*, *Nitzschia amphibia* y *Nitzschia intermedia*, alcanzando concentraciones de hasta el 83% de la abundancia relativa, como es común en muchos sectores del río Lerma (Israde *et al.*, 2007). Estos taxa reflejan una contaminación orgánica muy alta previos a la desembocadura de los ríos al lago de Cuitzeo donde no se observa ninguna recuperación del índice biológico, ya que predominan las especies adaptadas a tolerar bajas concentraciones en oxígeno y altas concentraciones en sólidos en suspensión.

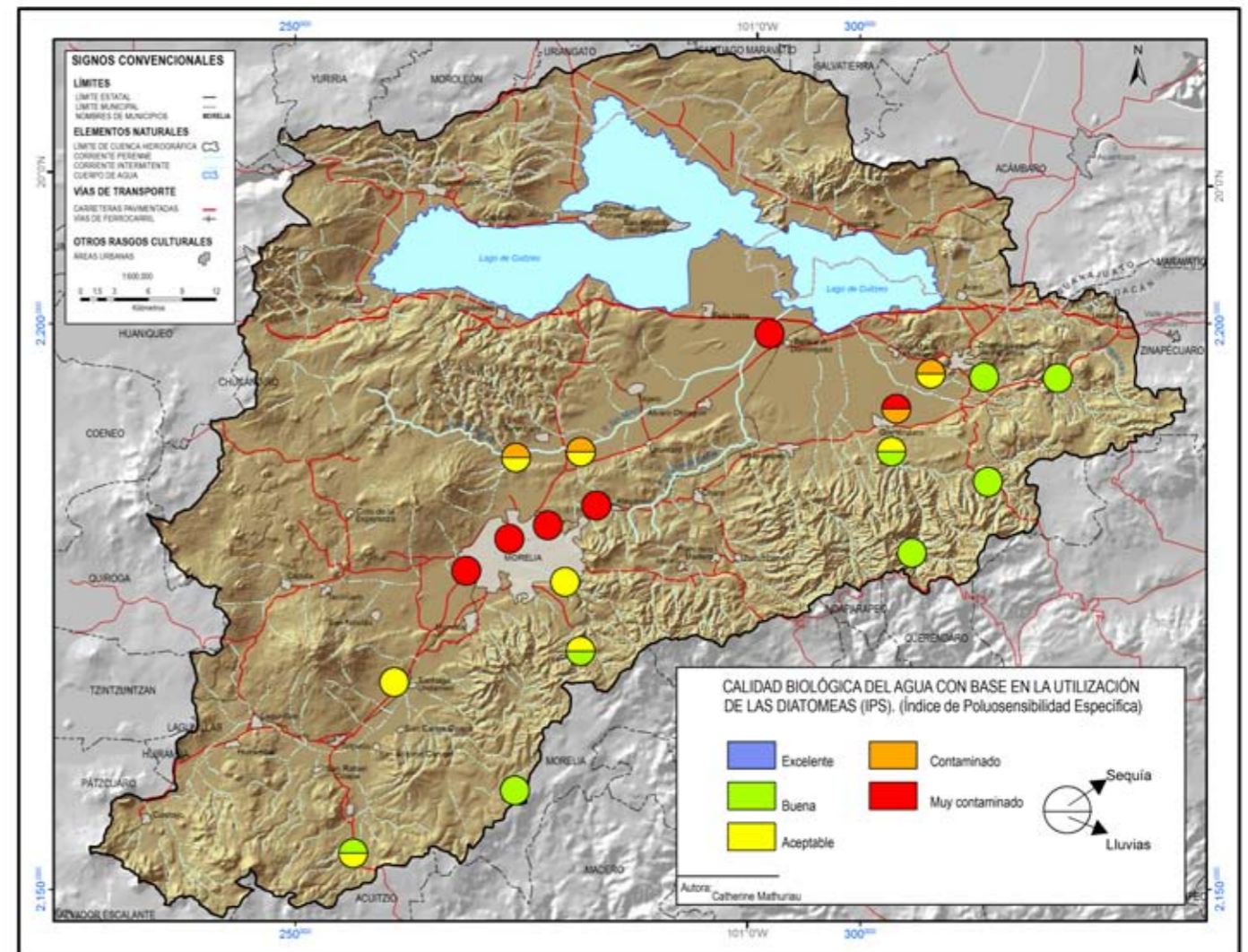
Los bioindicadores utilizados en este estudio (macroinvertebrados y diatomeas) muestran una visión integral de la calidad del agua en la cuenca. Ambos indicadores convergen en que el agua es generalmente de buena calidad en la parte alta. Sin embargo, las comunidades acuáticas indican que no existen condiciones óptimas, lo que refleja un ligero deterioro de los cuerpos de agua en esta zona. En la planicie la situación es crítica, los ríos Grande, Chiquito y San Marcos están muy contaminados. Medidas radicales deben ser aplicadas para restaurar el cauce de estos cuerpos de agua que tienen que ser considerados ante todo, como ríos y no como recolectores de aguas negras que se vierten hacia el lago de Cuitzeo.



Mapa 5.7b - Calidad biológica del agua con base en la utilización del IPS



Gráficas 3-4. Proporción de sitios muy contaminados, contaminados, de aceptable y buena calidad (en %) con base en el IPS en época de lluvias y sequía en los ríos de la cuenca del lago de Cuitzeo.





# 6

## EL LAGO DE CUITZEO



Fotografía: Marcela Galindo



## Evolución del Lago en los Últimos 100 Mil Años

**Isabel Israde-Alcántara**  
**Rodrigo Velázquez Durán**  
**Ma. Socorro Lozano García**

**Víctor Hugo Garduño Monroy**  
**Rosario Ortega Murillo**  
**Gabriela Domínguez Vázquez**

Los sistemas lacustres activos más antiguos del centro de México son Chapala y Cuitzeo, los cuales se originaron en momentos de descenso del vulcanismo durante el Mioceno superior. La región donde se desarrolló inicialmente el lago de Cuitzeo se encuentra al sur del actual lago y tiene un basamento conformado por lavas de composición intermedia que fueron emitidas hace  $8 \pm 0.2$  M.a. (millones de años). La actividad tectónica produjo la fragmentación de las lavas y otros depósitos volcano-clásticos, generando una depresión tectónica (graben) donde se formó un cuerpo de aguas profundas cuyo depocentro se localizó en la región de Charo (Israde, 1995).

El lago de Cuitzeo se ha mantenido desde hace aproximadamente 2 M.a., situado al norte de la ciudad de Morelia dentro de la región central del Arco Volcánico Transmexicano (antes llamado Eje Neovolcánico). Ha sido plano por su origen tectónico hipertrófico y es el segundo vaso lacustre más grande de México.

Otra fuente de información, además de los archivos históricos, que ofrece amplias posibilidades para documentar la evolución del lago a escala amplia, son los sedimentos lacustres que se depositan en el fondo; para ello se extraen núcleos que archivan en sus sedimentos cambios ambientales (clima, registro de condiciones de profundidad, restos de flora y fauna, temperatura, química del lago, etc.), erupciones volcánicas, eventos sísmicos y fases de erosión. Este estudio se basa en un núcleo de 27 m perforado en el centro del lago (Figura 1). Las arcillas y lodos diatomáceos fueron el material dominante en el sondeo y se enfocó especialmente al registro de diatomeas, polen (Imagen 1) y concentración de carbono orgánico. El control cronológico con ocho fechas de radiocarbono se obtuvo desde la cima hasta los 11 m de profundidad (42 mil años), infiriendo que la base del núcleo tiene ca. (alrededor de) 100 a 120 ka a.P. (miles de años antes del Presente).



Fotografía: Brenda Ávila Flores

## 6.1 EVOLUCIÓN DEL LAGO EN LOS ÚLTIMOS 100 MIL AÑOS

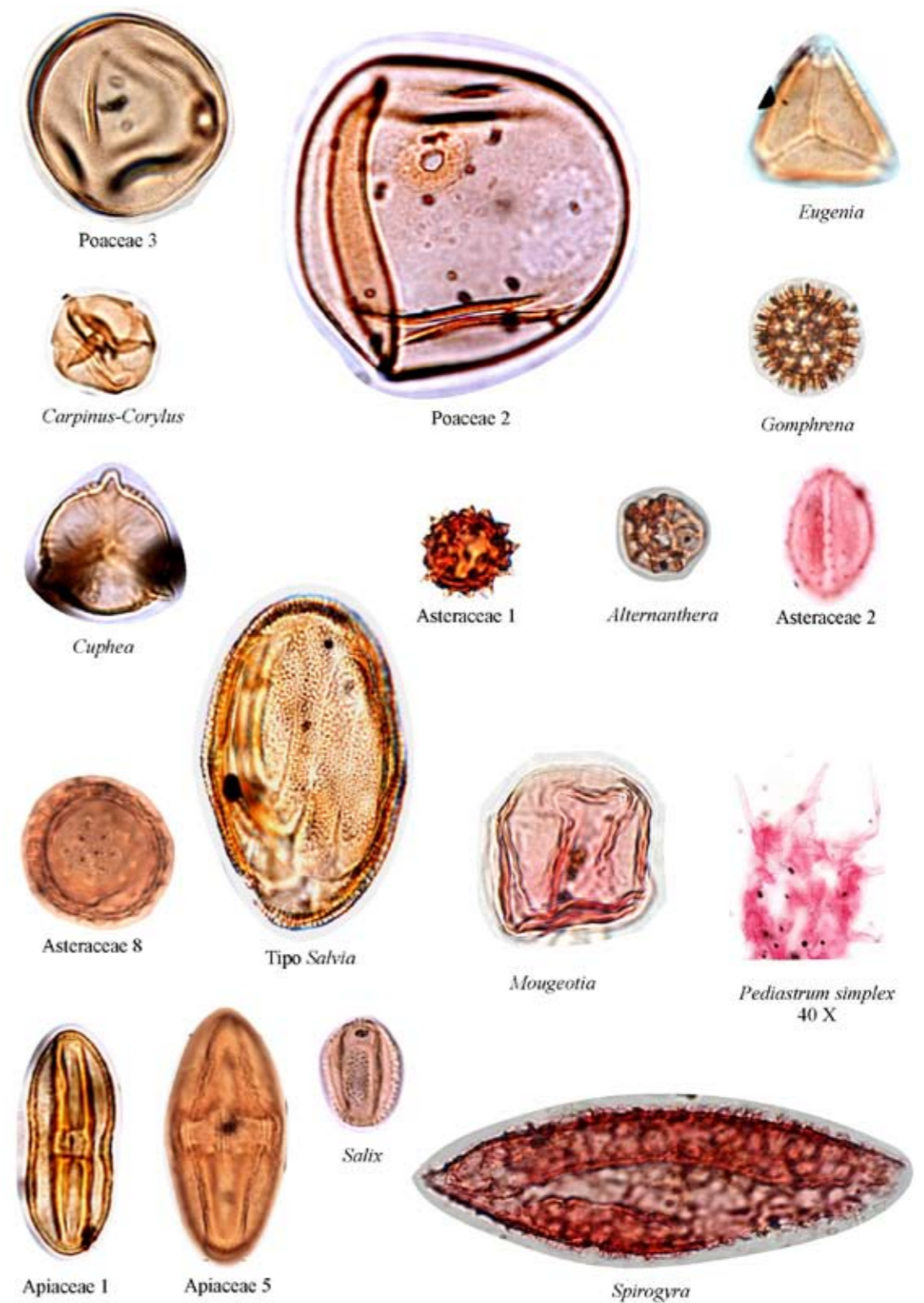
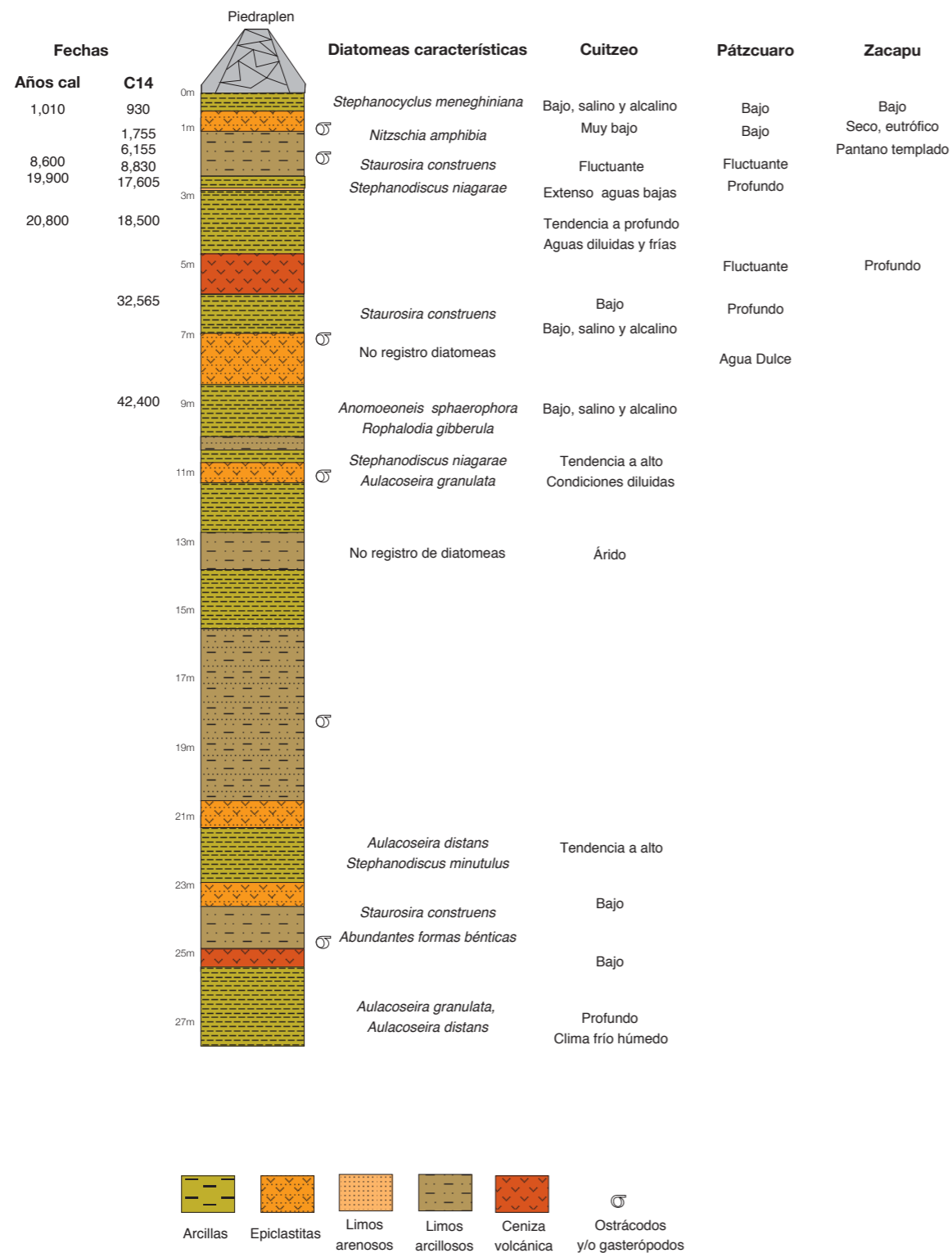


Figura 1. Estratigrafía del núcleo extraído y niveles inferidos con base en el registro de diatomeas, comparación con el registro obtenido en los lagos de Pátzcuaro (Bradbury, 2000) y Zacapu (Metcalfe, 1995). Israde, *et al.*, 2001.

Imagen 1. Palinomorfos del Pleistoceno-Holoceno del lago de Cuitzeo.

## 6 EL LAGO DE CUITZEO

Los resultados, registro de diatomeas, polen y carbono orgánico total (COT), permiten integrar el panorama del impacto del cambio climático durante el Pleistoceno tardío, mostrando que el lago experimentó alteraciones en respuesta a los cambios ambientales (Figura 2). En el Cuaternario (últimos 2 M.a.) este lago ha sufrido procesos de desecación, particularmente en el límite Pleistoceno-Holoceno en el lago.

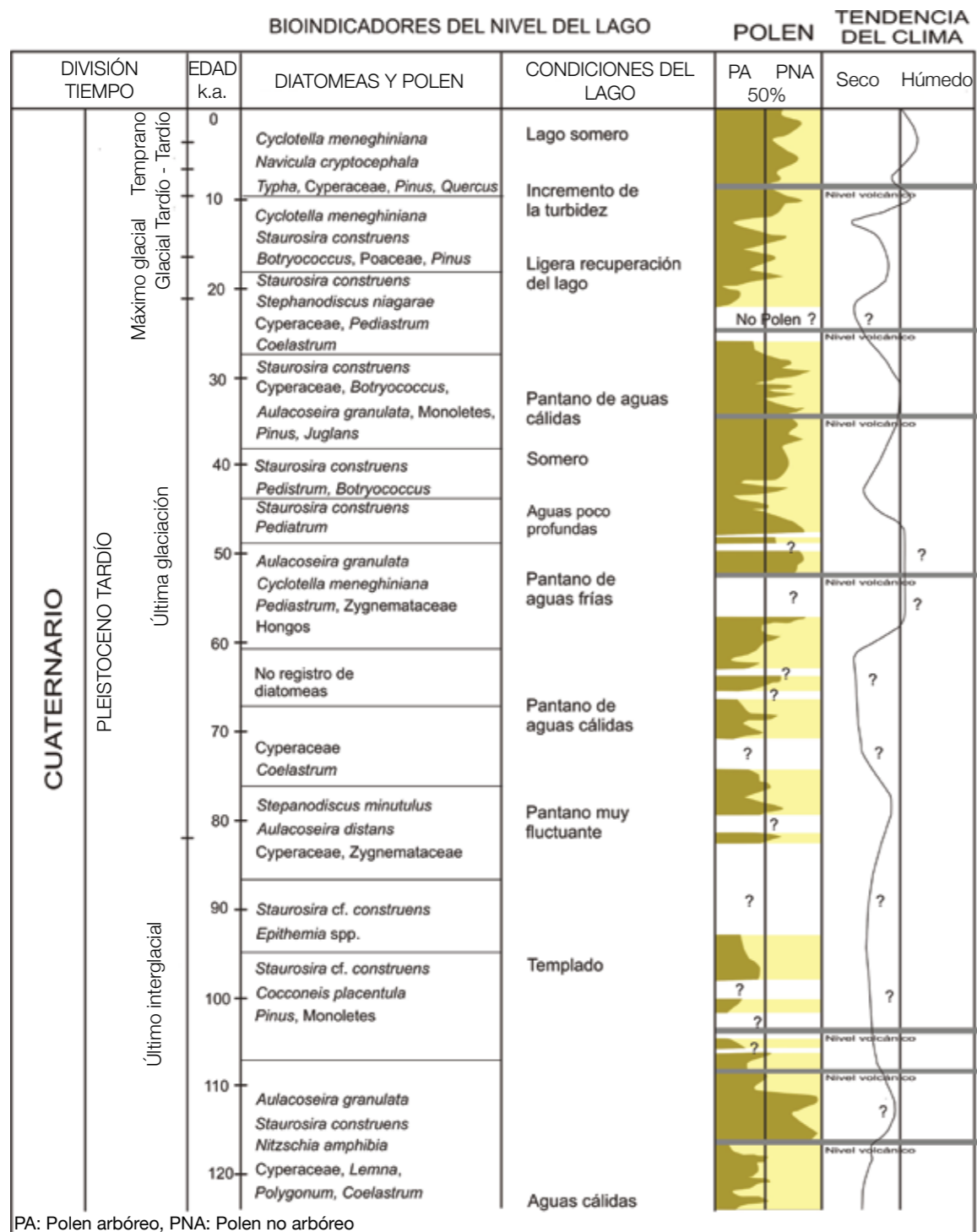


Figura 2. Esquema general de las asociaciones de diatomeas y polen observado en un núcleo del centro del lago de Cuitzeo que abarca el Pleistoceno-Holoceno (últimos ca.100,000 años).

Se evidencia que antes de 50 años a.P. el lago tenía niveles bajos y clima tendiente a seco; sin embargo, hay eventos de aguas diluidas con algunos pulsos de clima húmedo, sobre todo entre 14 y 20 ka a.P. y después de ca. 100 ka (Israde *et al.*, 2002).

Se observan tres periodos en los que el nivel del lago subió y/o se establecieron condiciones más diluidas: alrededor de ca.100 ka, 44 ka y 19 ka a.P. inferidos por valores altos de *Stephanodiscus niagarae* (diatomea que normalmente habita en aguas profundas). De ca. 32 ka a.P. (antes del último máximo glacial) a la fecha, el lago ha disminuido su profundidad y ha mostrado episodios de aridez, volviéndose un cuerpo de agua con alta salinidad y alcalino, sobre todo entre 2 y 8 ka a.P.

La transición Pleistoceno tardío hacia el Holoceno (ca. 10 ka a.P.) sugiere un paisaje integrado por bosques templados subhúmedos (Figura 2), favorecido por un incremento en la precipitación y temperatura que indican el mejoramiento del clima en la región.

La desaparición de *Botryococcus* (Velázquez *et al.*, 2001) y el incremento de *Cyclotella meneghiniana* en el Holoceno tardío (últimos ca. 5 ka a.P.) evidencian un gran aporte de material sólido, aguas turbias, eutróficas y someras que marcan el establecimiento de las condiciones ambientales actuales en el lago.

En Cuitzeo, las fluctuaciones climáticas ocurridas en los últimos ca. 4 ka a.P. son de gran importancia, en el contexto de un clima templado subhúmedo, como es la disminución de las comunidades de bosque húmedo de ca. 6 ka a.P., las cuales son atribuidas al cambio hacia un clima más seco en la región.

Particularmente de ca. 2 ka a.P. al presente, continuos pulsos de humedad y sequía son comunes; sin embargo, se observa una clara tendencia a condiciones más áridas que en el Holoceno medio, con una disminución del nivel de sus aguas, un incremento de turbidez y concentración iónica. Se observan además evidencias de incendios que indican la influencia del hombre, del clima y del vulcanismo en la cuenca (Figura 3).

## 6.1 EVOLUCIÓN DEL LAGO EN LOS ÚLTIMOS 100 MIL AÑOS

Un registro de bajos niveles lacustres en los últimos ca. 5 ka a.P. se reporta en Zacapu (Ortega *et al.*, 2002), Texcoco (Lozano y Ortega, 1993) y Pátzcuaro (Bradbury, 2000); aunque las evidencias obtenidas a través del análisis de los sedimentos pueden estar alteradas por la actividad humana en el entorno del lago durante el Holoceno tardío.

El vulcanismo reciente ha sido muy intenso y la erosión que se observa en el Pleistoceno tardío ha provocado complejas variaciones en la red hidrológica y en los patrones de sedimentación, inhibiendo el depósito de polen y diatomeas, principalmente alrededor de los periodos de ca. 80 ka y 33 ka a.P.

Los registros de los incendios, detectados a través del análisis de macropartículas carbonizadas (Figura 3), indican pocos eventos en la cuenca a partir de 20 ka a.P., lo que sugiere que el clima era relativamente húmedo. Conforme se acerca al Holoceno, el cambio en el clima se ve reflejado en la ocurrencia de incendios, ya que aparece evidencia de eventos locales aislados muy intensos. En esta región los restos vegetales carbonizados se asocian más a eventos volcánicos y a posibles impactos cósmicos que a climáticos, ya que en su mayor parte aparecen durante o después de una erupción. En el Holoceno medio y tardío (después de 5 ka a.P.) los incendios fueron más escasos, sugiriendo que la presencia humana estaba asociada más a actividades de pesca que a agrícolas.

En resumen, el lago de Cuitzeo, cuyo vaso es de forma plana, ha mantenido a lo largo de los últimos ca. 100 ka a.P. niveles lacustres bajos en el contexto de un clima templado seco a templado subhúmedo. Han sido muy pocos los intervalos de tiempo en los que ha presentado niveles altos y aguas diluidas en respuesta a condiciones más húmedas que las presentes. Actualmente, la región mantiene condiciones templadas; sin embargo, si se continúa la extracción indiscriminada de agua subterránea y el desvío de los ríos, canales y arroyos que alimentan al lago, así como el ulterior descenso del gasto de los manantiales, se incrementará su salinidad y turbidez, por lo que será cada vez más difícil que el lago logre modular su estabilidad natural, lo que provocará fluctuaciones climáticas más extremas.

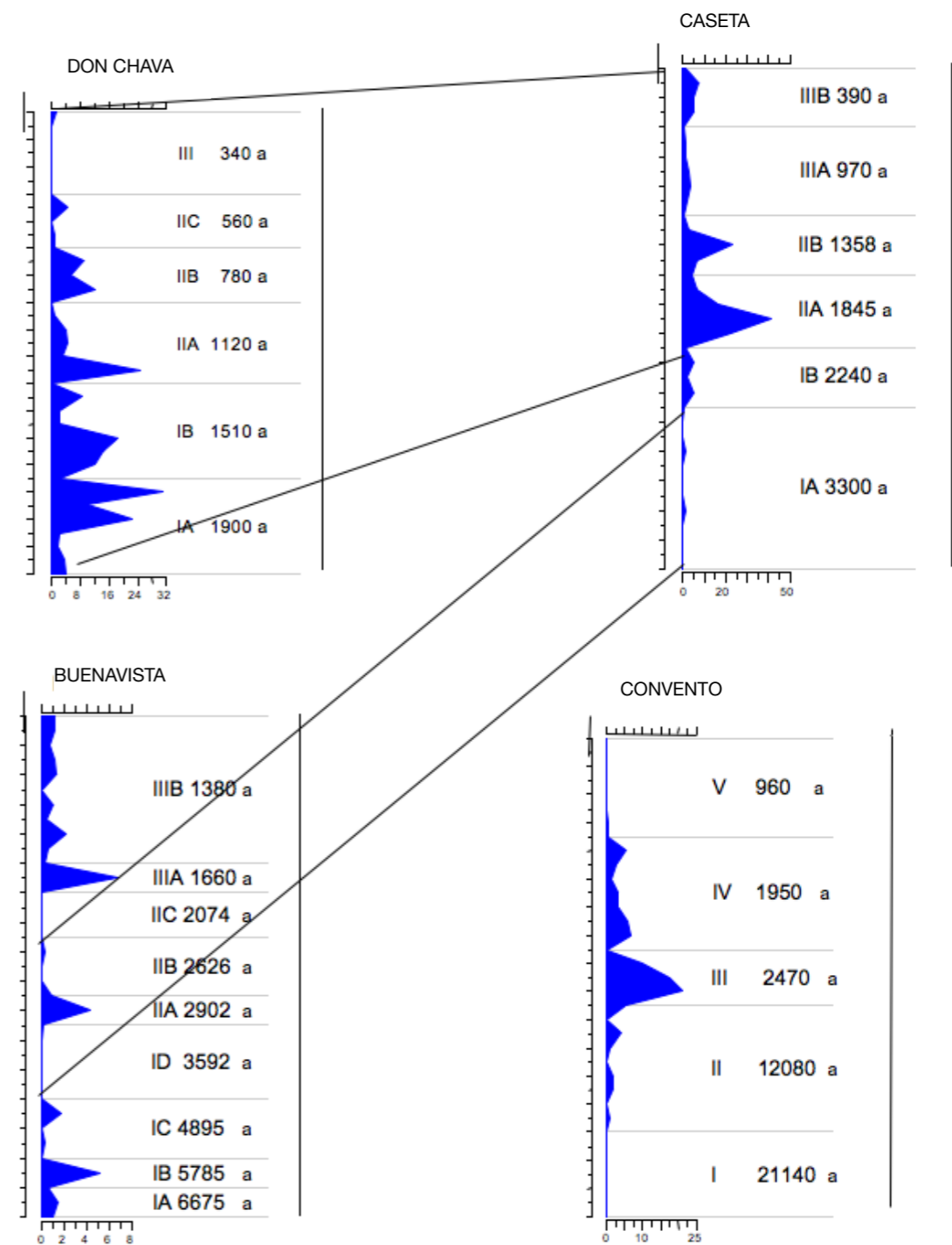


Figura 3. Evidencias de episodios de incendios a través del conteo de macropartículas carbonizadas y fechas de análisis por espectrometría de masas (AMS) en años antes del Presente (a.P.).



## Dinámica del Lago

Zoltan Vekerdy  
Manuel E. Mendoza

La dinámica de extensión de la superficie ocupada por un cuerpo de agua continental (por ejemplo, un lago), puede evaluarse a partir del uso de imágenes aeroespaciales (fotografías aéreas convencionales y digitales, imágenes de satélite, etc.) y de mapas existentes (Schneider *et al.*, 1985; Mendoza *et al.*, 2002), a través del análisis de series de tiempo, el cual se considera una herramienta esencial en hidrología (Salas, 1992).

El lago de Cuitzeo es joven desde el punto de vista geológico, pero desde la perspectiva del lago, es viejo. Se caracteriza por ser somero y tener amplios sectores cubiertos por vegetación, por lo cual presenta altos niveles de eutrofización. Como objeto geográfico no se considera lago, más bien se clasifica como un humedal que contiene agua la mayor parte del tiempo, pero en épocas de sequía puede desecarse casi en su totalidad. En otras palabras, es sensible a las variaciones de precipitación y evaporación; esto se puede observar muy bien en series de tiempo de imágenes de satélite (Imagen 1).



a) En esta imagen de abril de 1986 se observa un nivel bajo de agua. La sección norte del lago está seca, no hay una conexión entre la parte centro y oeste. Únicamente el 50% de la sección del este tiene agua.



b) En esta imagen de fines de mayo de 1992 se observa un alto nivel del agua con fuerte presencia de vegetación subacuática al este del vaso del lago. Fue tomada al final de la época seca y la cobertura de agua todavía es completa, mostrando que la precipitación de los años anteriores fue alta.

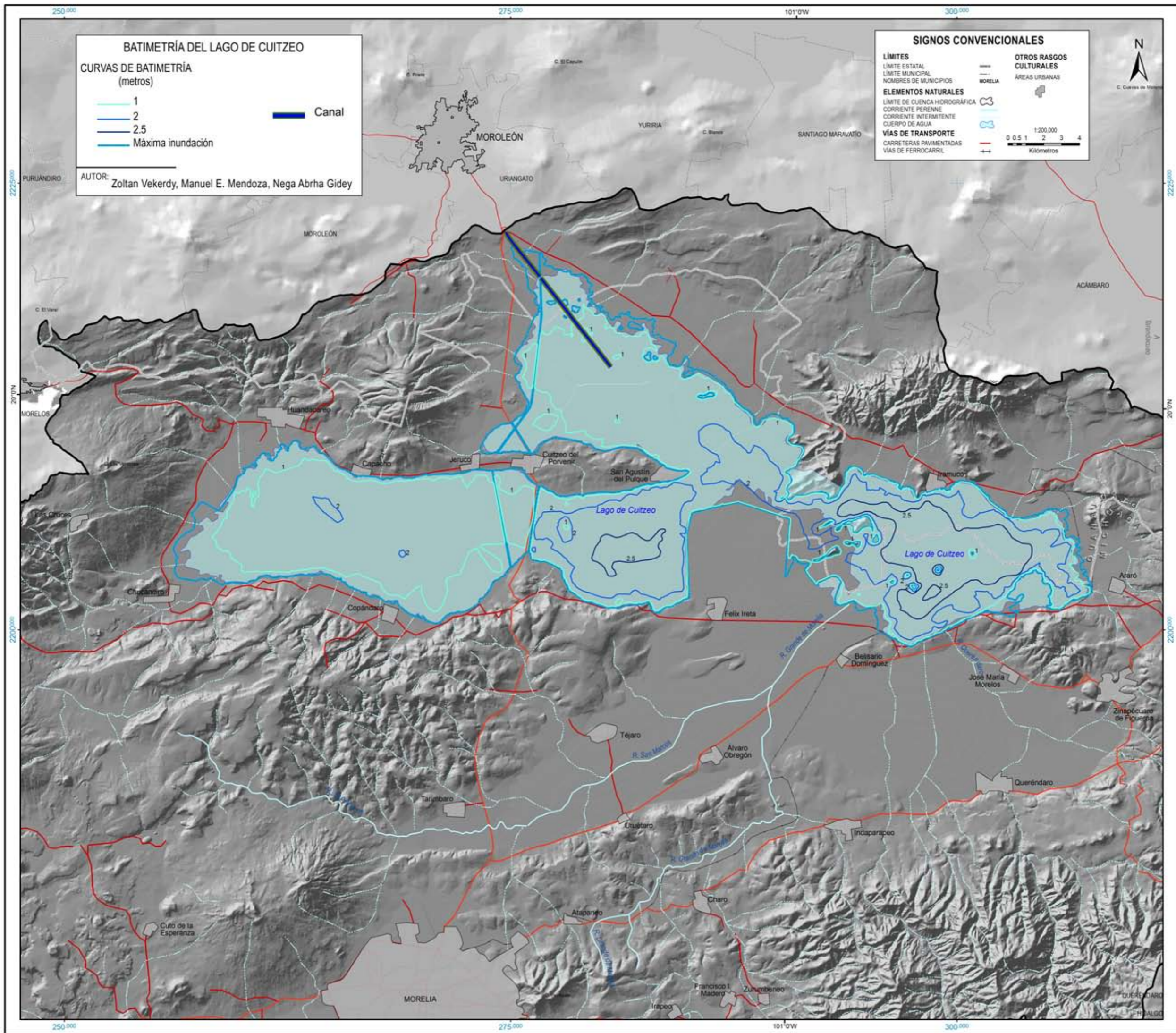


c) Esta imagen fue tomada a fines de marzo de 2001 y se observa que el sector oeste está prácticamente seco y contrasta con la sección del centro que sí tiene agua. Esto indica que la compuerta bajo el camino que cruza el lago fue cerrada para impedir el flujo de agua desde el sector central al oeste. El sector norte también está seco.



d) Esta imagen de mayo 2002 muestra de nuevo un nivel bajo de agua en el lago. El sector oeste y norte están secos y se reconoce una amplia distribución de la cobertura vegetal, sobre todo de vegetación sumergida al noroeste del sector central y al oeste sur del sector este.

Imagen 1. Variación de la extensión del espejo de agua del lago de Cuitzeo vista en una serie de tiempo en diferentes imágenes: a) imagen Landsat TM (15/04/1986), b) imagen Landsat ETM (25/05/1992), c) imagen Landsat ETM (31/03/2001) y d) imagen Landsat ETM (21/05/2002).



## 6 EL LAGO DE CUITZEO

En la Imagen 1 se muestra la variación de la superficie cubierta por agua en el lago de Cuitzeo en 1986, 1992, 2001 y 2002 que, aunque es una serie corta, se observan variaciones importantes. La mayor superficie de agua se presentó en 1994 (350 km<sup>2</sup>) y la menor en 1986 (250 km<sup>2</sup>). La dinámica de la superficie cubierta del lago es fuertemente estacional a lo largo del año (entre meses) y a lo largo de los años (cíclica). Tanto el lago de Chapala como el de Cuitzeo presentaron tendencias a la reducción de la superficie ocupada por agua hasta el año 2000. El lago de Cuitzeo se desecó temporalmente durante varios meses en los años 2000 y 2001.

El Mapa 6.2 muestra qué tan somero es el lago. Existen algunas mediciones puntuales de profundidad en áreas específicas, pero no existe un levantamiento batimétrico sistemático reciente de todo lago. Por esto, y con el fin de contar con una visión general sobre la profundidad que tiene el lago, se definieron isóbatas a partir de datos de profundidad tomados en campañas de campo realizadas en los años 2001 y 2002, y con imágenes de satélite.

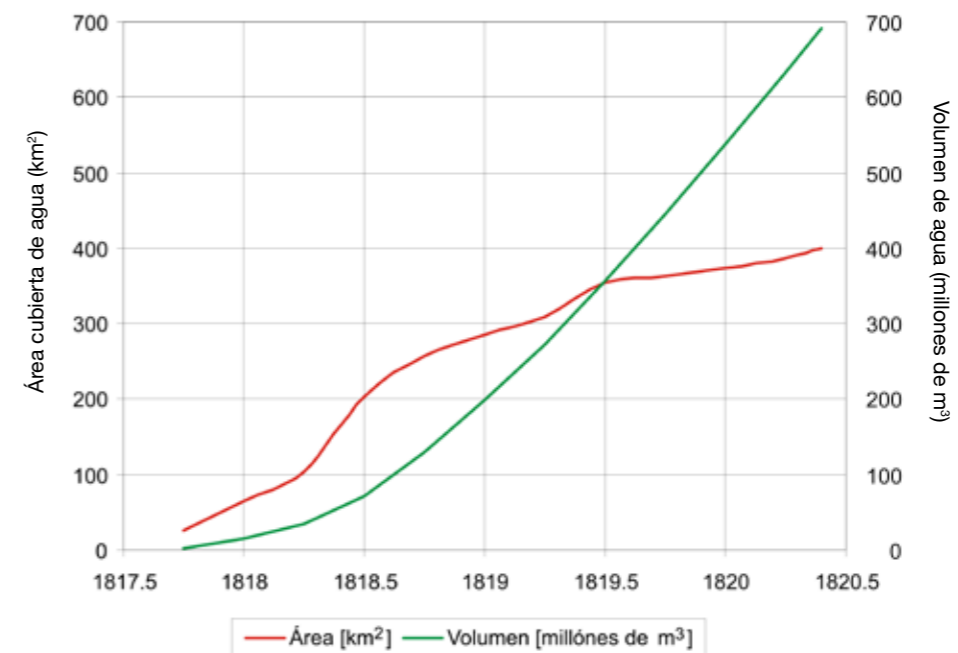
Los niveles de agua del lago se miden diariamente por la Comisión Nacional del Agua en una estación localizada en Chehuayo. La serie de tiempo muestra que en los últimos 35 años el nivel más alto del lago fue 1,820.4 msnm y las fluctuaciones de alrededor son 2.2 m. Afortunadamente, una imagen Landsat TM (30 m de resolución espacial) fue tomada el 11 de octubre de 1993, cuando el lago tenía un nivel alto (1,820.3 msnm). Esta imagen se utilizó para representar la extensión máxima del lago. Posteriormente se delimitaron las áreas inundadas a partir de imágenes Landsat ETM tomadas el 24 enero de 2000 (1,819.20 msnm) y el 22 de agosto de 2001 (1,818.4 msnm). La delimitación del borde del lago fue problemática; especialmente en el humedal, debido a la densa vegetación que imposibilitó ver la distribución del agua. En estos casos las imágenes térmicas ayudaron en la interpretación. El Mapa 6.2 muestra que las profundidades mayores se encuentran en el sector este y central del mismo, donde se alcanzan profundidades de hasta 2.5 m; el patrón definido por las isolíneas de profundidad muestra claramente la existencia de tres depresiones o cuencas al interior del lago, una en el sector oriental, otra en el central y una más en la sección occidental.

Los datos puntuales de batimetría fueron digitalizados y el mapa final se modeló utilizando técnicas de interpolación con SIG. El modelo de profundidad del vaso del lago de Cuitzeo permitió construir las curvas de elevación/área y elevación/volumen (Gráfica 1); la cual proporciona información del volumen

almacenado en el momento en que la imagen fue tomada, es decir, representa un método indirecto encaminado a proporcionar información de la capacidad de almacenamiento del lago, prácticamente para cualquier fecha del año.

Estas curvas muestran claramente la dependencia del área y volumen con la morfología de la zona costera del lago, el cual ocupa una cuenca rellena con sedimentos lacustres; es decir, cómo el nivel del lago se incrementa desde la planicie sedimentaria hasta las laderas más inclinadas, como los afloramientos de roca dura (por ejemplo, aquéllos en la ribera sur) o en los diques alrededor de la planicie de drenaje del delta del Río Grande.

Ambas curvas muestran un constante incremento, aunque la tasa de crecimiento es variable. En los niveles inferiores, cuando el lago se encuentra casi seco, el crecimiento, especialmente del volumen, es relativamente pequeño debido a la existencia de algunas depresiones con laderas más inclinadas en la porción inferior del lago, las cuales cubren pequeñas áreas. Por arriba de los 1,818.25 msnm, el área cubierta por agua crece rápidamente; es decir, 25 cm de incremento de su nivel produce la duplicación del área inundada, aunque el volumen no se incrementa tan rápido; esto significa que el agua se expande sobre las áreas muy planas de la planicie lacustre. Entre los 1,818.5 y 1,819.5 msnm la tasa de cambio de volumen se incrementa, pero la tasa de cambio de



Gráfica 1. Área cubierta de agua y volumen como una función del nivel del lago de Cuitzeo (msnm).

área se reduce, lo cual muestra que el agua no puede extenderse tan libremente como cuando los niveles del agua son menores; por ejemplo, cuando el borde del agua alcanza laderas más inclinadas de la ribera del lago. Posteriormente se observa que la tasa de cambio de la curva de área decrece sustancialmente, por encima de los 1,819.5 msnm, aunque la curva de volumen alcanza la sección con más pendiente, debido a la mayor inclinación de las laderas de la ribera del lago.

Finalmente, se puede concluir que la variabilidad de la superficie del cuerpo de agua está ligada a comportamientos climáticos de corto y largo plazo, y debe ser considerada en los procesos de toma de decisiones relacionados al manejo sustentable del agua de lago y de la cuenca en general, con intención de preservar el segundo humedal continental más grande de México.



Fotografía: Marcela Galindo

**Imagen:** Cuando el nivel de agua es alto se inundan los campos de cultivo que se establecen en épocas secas a la orilla del lago.



# Algas, Zooplancton y Macroinvertebrados

**María del Rosario Ortega-Murillo**  
**Reyna Alvarado-Villanueva**  
**Isabel Israde-Alcántara**  
**Marbella Ojeda-Arredondo**  
**Juan Diego Sánchez-Heredia**

**Gabriel Soria-Luna**  
**Ivón Martínez-Sánchez**  
**Isi Yadira Pompa-López**  
**María Araceli Martínez Pantoja**

Los cuerpos de agua presentan cambios en su entorno y biota durante el proceso de evolución; en su origen son cuerpos generalmente poco productivos, con una gran diversidad de especies y poca abundancia; al transcurrir el tiempo cambia su paisaje, se vuelven sistemas someros, muy productivos, disminuye la riqueza de taxa y aumenta la abundancia. Los cambios se empiezan a reflejar en las comunidades de los productores primarios (algas y macrofitas), posteriormente en los gremios de los herbívoros (zooplancton, macroinvertebrados y peces) hasta llegar al nivel de los carnívoros y, por último, en los descomponedores (bacterias, hongos y algunos protistas).

El lago de Cuitzeo, desde su origen, se ha considerado un cuerpo somero (Istrade, 1999) que a partir del desarrollo urbano regional ha experimentado cambios notables, pasando de un lago eutrófico a hipertrófico. La hipereutroficación se define como el último estado de declinación e inestabilidad en los ecosistemas acuáticos en el cual, las fluctuaciones de la calidad del agua son extremas, produciendo elevación de la productividad biológica, baja diversidad y florecimientos (Alvarado *et al.*, 1984; Ortega, 1985; Ceballos *et al.*, 1994; Chacón *et al.*, 2000). En este capítulo se analiza el paso de condiciones eutróficas a hipertróficas, que se evidencia por los grupos de algas, zooplancton y macroinvertebrados.



**Imagen 1. Sitios de colecta del lago 1979; 1991-1992 y 2005 (LP = La Palma, SA = San Agustín, DQ = Dren Queréndaro, EQ = Estación Queréndaro I= Iramuco C= Capacho, SR = Santa Rita). Fuente: Ortega, 2002.**

Se consideraron a los organismos colectados durante los muestreos al lago de Cuitzeo, realizados por diversos investigadores en diferentes años (Imágenes del 1 al 5): fitoplancton en 1979-1981; 1997-2005 (Ortega, 1985 y 2002); zooplancton de 1979 a 1981 (Alvarado *et al.*, 1984); macroinvertebrados de 1979 a 1981 (Pompa, 1990) y organismos bentónicos de 1991 a 1992 (Martínez, 1994). El fitoplancton y el zooplancton se identificaron a nivel de especie y los macroinvertebrados a nivel familia-género.

El lago, desde hace más de mil años, se registra al descenso en el nivel del agua y al aumento de la concentración iónica, (Istrade *et al.*, 2002; Ortega, 2002) y el dominio de la comunidad monoespecífica representada por *Stephanocyclus meneghiniana* (Gráfica 1).

Hacia 1979 comienzan a cambiar las condiciones del sistema hacia la hipereutroficación, detectándose los florecimientos de *Anabaenopsis arnoldii* y *Anabaena planctonica* (Gráfica 2), dichos auges ocurrieron en el vaso oeste donde la riqueza de taxa y la mayor abundancia fueron aportados por las cianofíceas y las diatomeas (Gráfica 3).

## 6.3 ALGAS, ZOOPLANCTON Y MACROINVERTEBRADOS



**Imagen 2.**  
Estación Queréndaro, secas y lluvias  
(1996-1997).



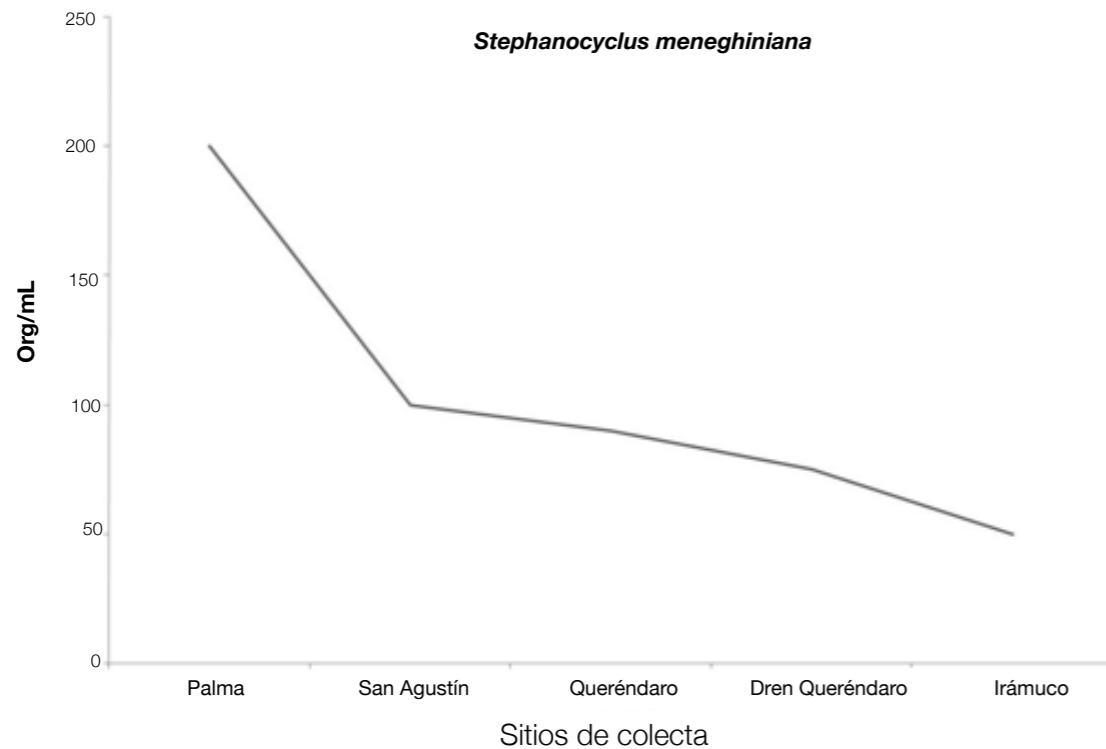
**Imagen 3.**  
Dren Queréndaro, secas y lluvias  
(1996-1997).



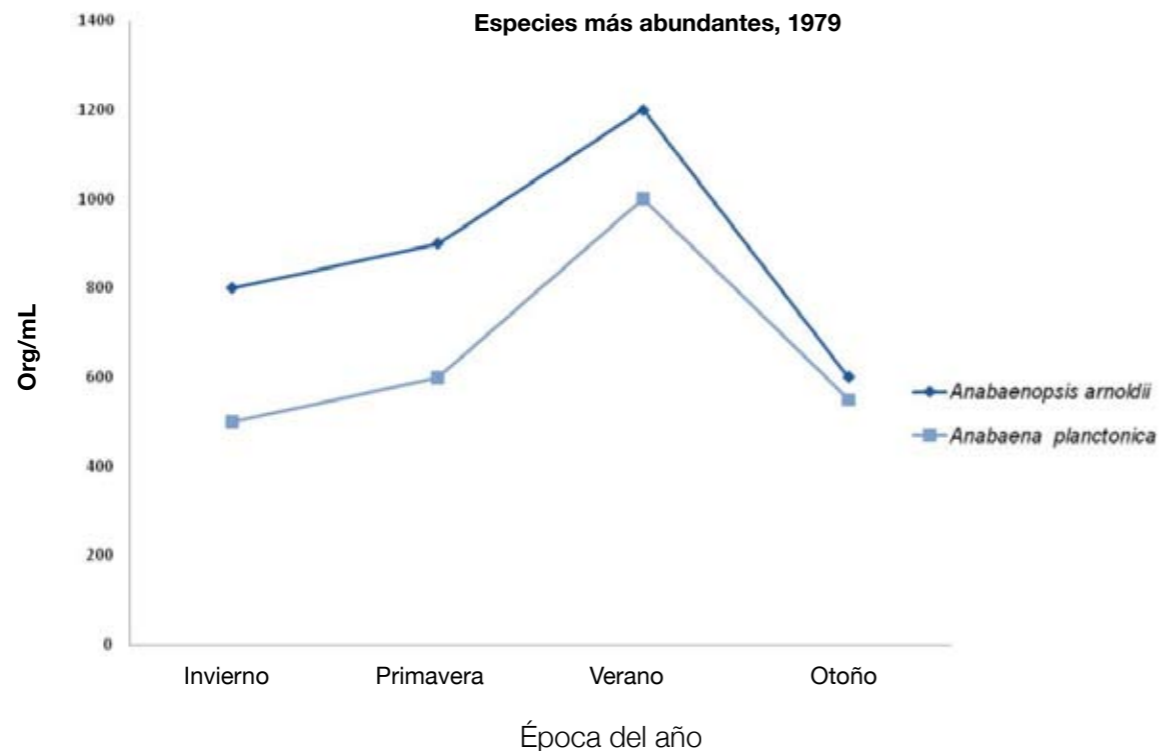
**Imagen 4.**  
La Palma, lluvias y secas  
(1996-1997).



**Imagen 5.**  
San Agustín, lluvias y secas  
(1996-1997).



Gráfica 1. Abundancia de *Stephanocyclus meneghiniana*.



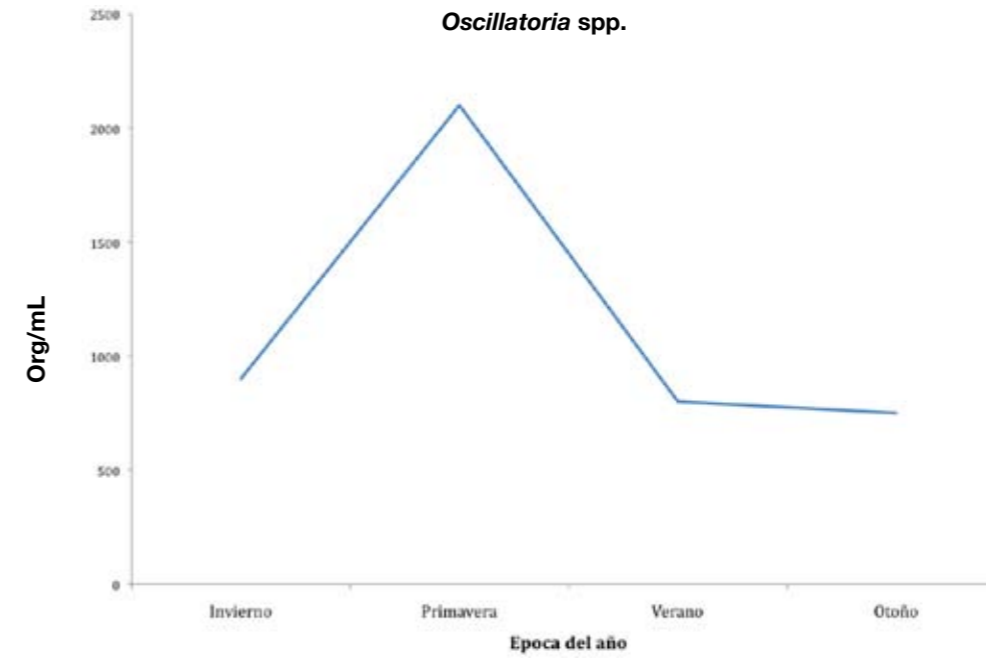
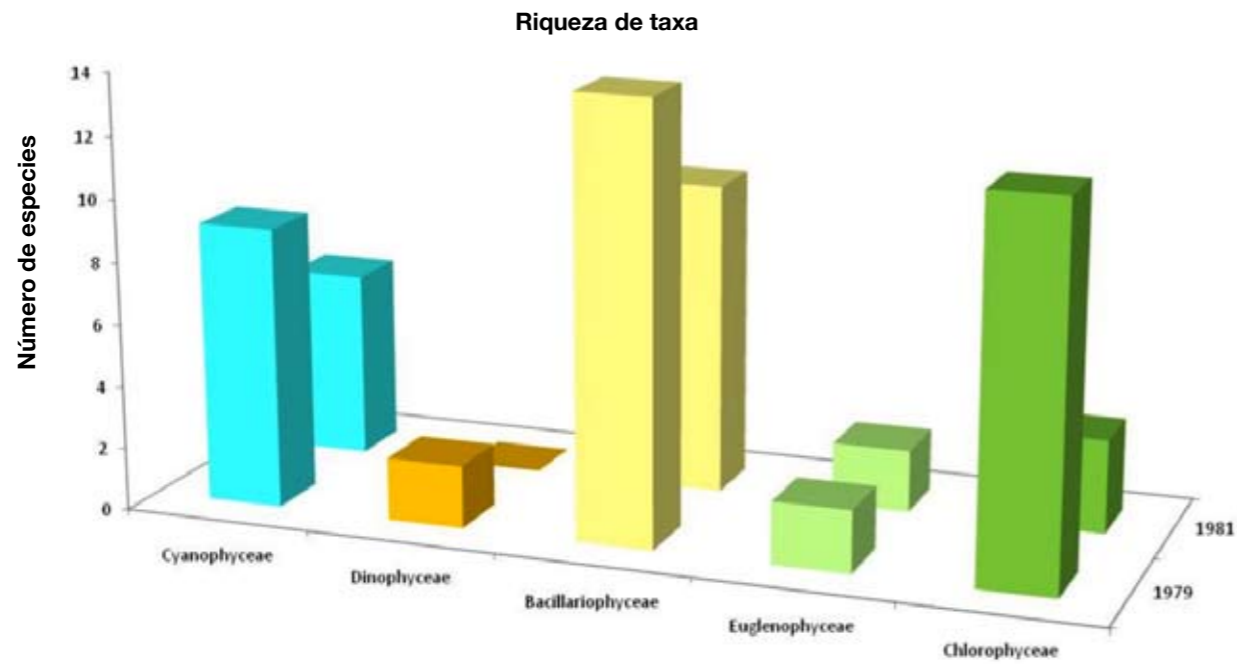
Gráfica 2. Especies más abundantes 1979.

En 1981 dicho fenómeno se vio reflejado por los cambios en la comunidad del fitoplancton, ya que existe una marcada disminución en el número de taxa (Gráfica 3) y una dominancia de *Oscillatoria* spp. (Gráfica 4) se refleja supresión de un taxón por otro, como sucede en el cambio de organismos capaces de fijar el nitrógeno libre por la aparición de otros individuos de bajos requerimientos de luz. Aunado a lo anterior, se detectó disminución tanto en los niveles de profundidad como de la transparencia y el incremento en la carga interna de nutrientes (Tabla 1). Con respecto a la comunidad del zooplancton se observa que la diversidad disminuyó (Gráfica 5), ocurriendo la sustitución de las formas de cuerpo largo por la presencia de cuerpo corto, como es el caso de los Cladóceros *Daphnia* por *Moina* (Tabla 2), que además fueron muy abundantes y que provocaron la coloración rojiza en el sistema acuático, incitando a que existiera una gran mortandad de peces, lo que trajo a su vez la gran proliferación de moscas que repercutieron en la salud de los pueblos ribereños. Con respecto a los organismos bentónicos (Gráfica 6) existe un dominio tanto en la riqueza de taxa como en abundancia de los artrópodos donde se encuentran los Chironómidos (Tabla 3) que son indicadores de contaminación orgánica (Alvarado *et al.*, 1984; Pompa, 1990; Martínez, 1994; Ceballos *et al.*, 1994; Chacón *et al.*, 2000).

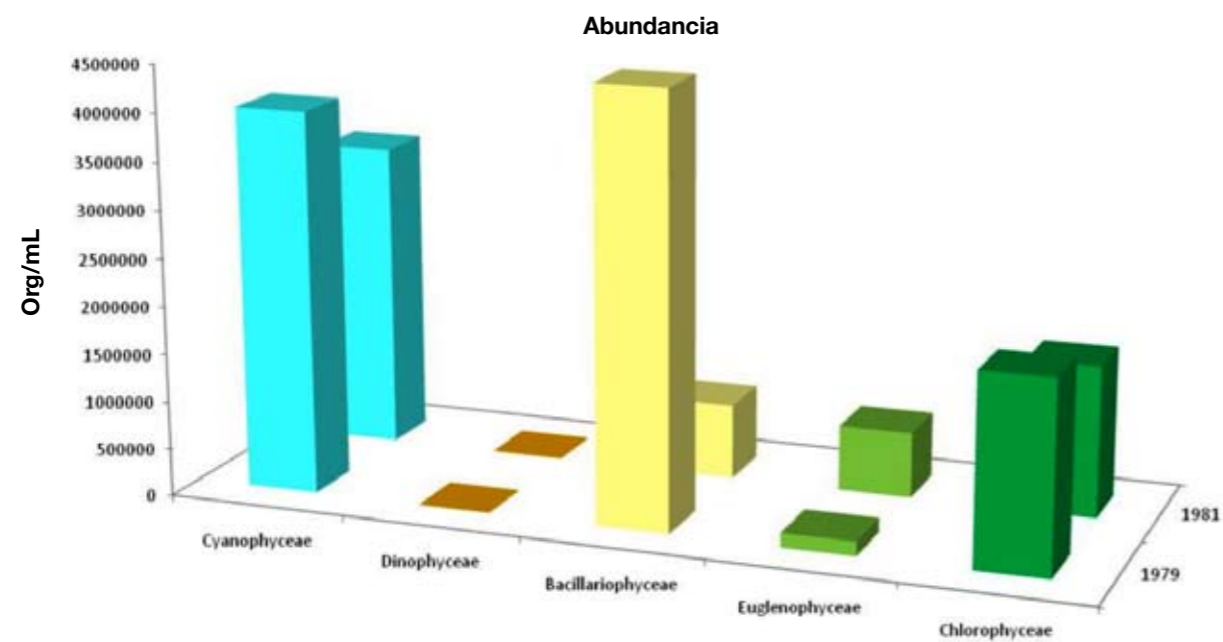
Hacia 1997 continuó dicho proceso, bajó drásticamente la diversidad de las algas, siguió el auge de cianofitas, persistió el descenso del nivel de profundidad, fenómeno relacionado con el periodo en que se secaron hasta tres cuartas partes del lago, lo cual duró hasta 2005 (Gráfica 7). Las especies más abundantes correspondieron a las cianofíceas de tipo Chroococcales (*Merismopedia* spp.), además de la presencia de diatomeas como *Nitzschia levidensis* var. *salinarum*, *Pleurosira laevis*, *Nitzschia palea* y *Stephanocyclus meneghiniana* (Tabla 4); estas dos últimas resistentes a la contaminación orgánica (Round, 1991). Aunado a lo anterior, se detectó aumento en la alcalinidad, conductividad, salinidad y sólidos disueltos (Tabla 1).

Los cambios (eutroficación a hipereutroficación) que ocurrieron en el lago de Cuitzeo hacia fines de los años setentas y que continúan hasta la actualidad, están relacionados con actividades humanas, entre las que destacan la falta de tratamiento de las aguas con desechos domésticos, el uso de los agroquímicos y pesticidas en la zona agrícola y por último, la actividad industrial, que aportan al lago metales y otros residuos orgánicos, lo que ha causado cambios en las concentraciones naturales del lago, tanto en el agua como en los sedimentos. Asociado a lo anterior se observa una gran deforestación de las partes altas de

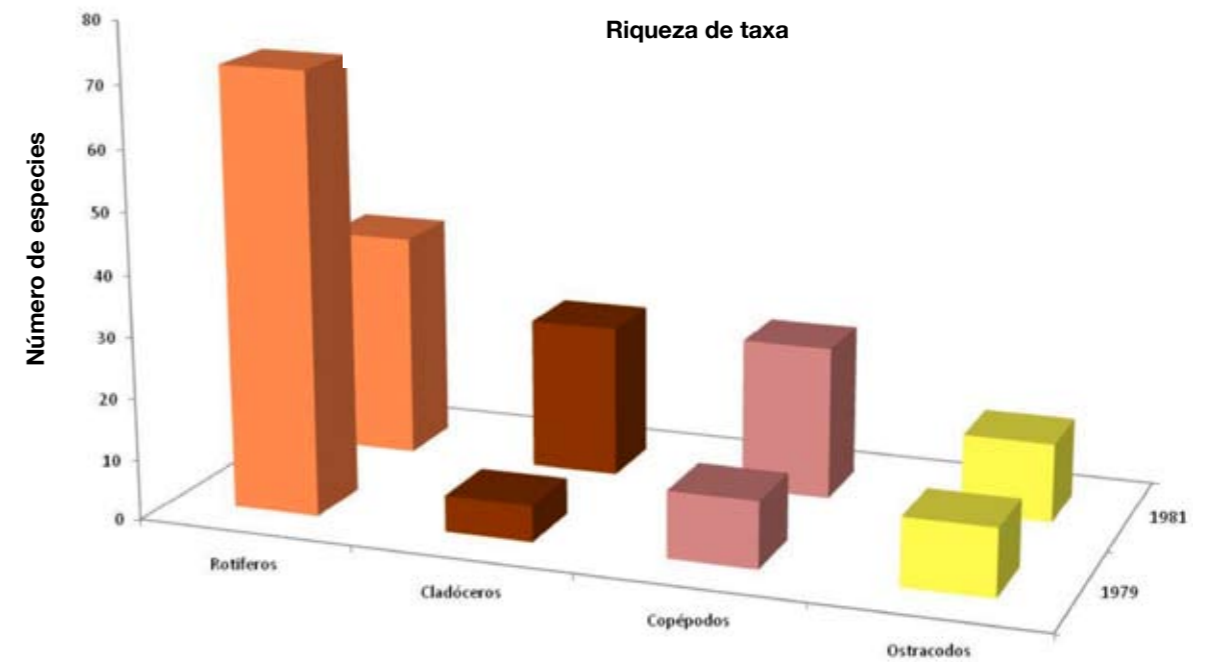
## 6.3 ALGAS, ZOOPLANCTON Y MACROINVERTEBRADOS



Gráfica 4. Abundancia de géneros, 1981.



Gráfica 3. Riqueza de taxa y abundancia 1979-1981.



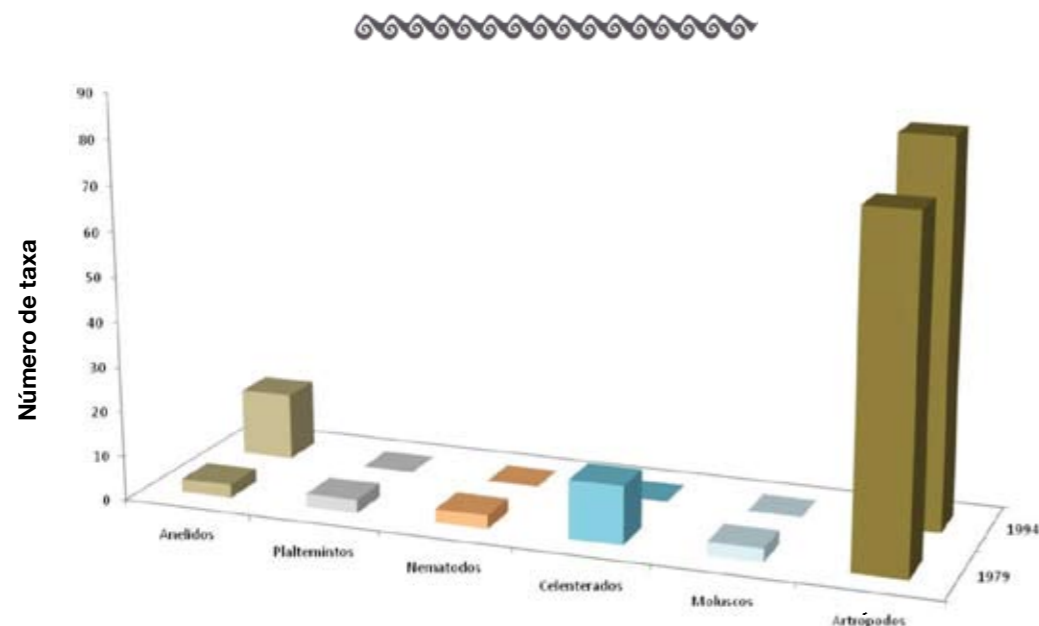
Gráfica 5. Riqueza de taxa del zooplancton 1979 y 1981.

## 6 EL LAGO DE CUITZEO

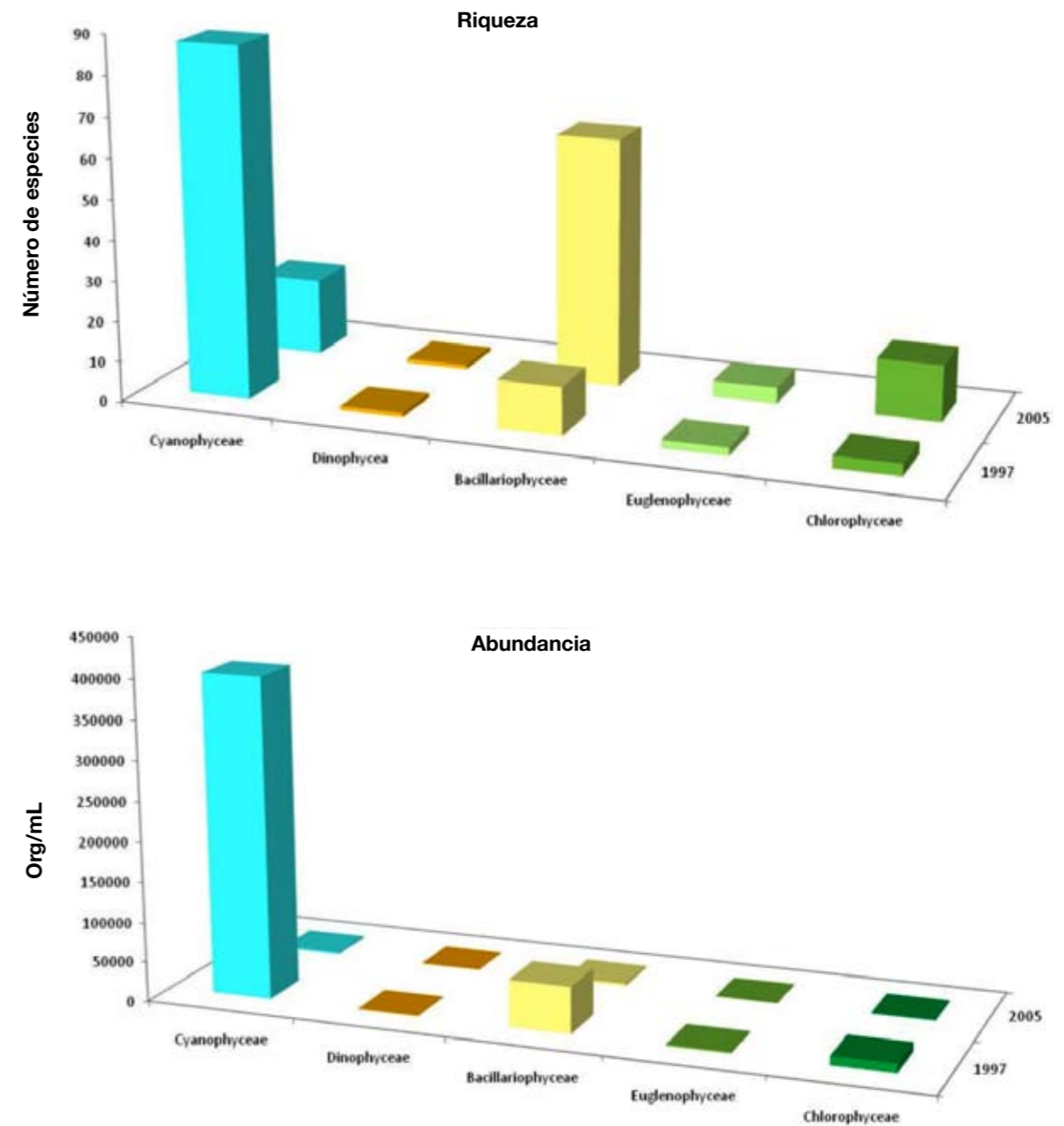
la cuenca que provoca el azolve en el cuerpo de agua. Es importante resaltar la presencia de otros factores que son mezcla de circunstancias naturales y antrópicas, el régimen de vientos y las desecaciones de sectores del lago, que provocan la resuspensión de los sedimentos del fondo con aumento de la turbidez, así como tolvaneras que en conjunto causan cambios drásticos en el sistema acuático y, en ocasiones, daños a la salud de los pueblos ribereños.

Existe un gran desequilibrio hidrológico en la cuenca, por lo que las medidas que se adopten para la conservación de la misma revisten una gran importancia, ya que su deterioro repercute en el vaso lacustre. Debe destacarse el pretratamiento de las aguas residuales de uso doméstico, industrial y agrícola que ingresan al lago, sobre todo en la zona este (dren Queréndaro, estaciones Queréndaro e Iramuco). Debe considerarse el aprovechamiento de los grandes manchones de vegetación para la construcción de humedales naturales, lo que permitirá disminuir el ingreso de nutrientes al lago; además, se requiere controlar la disposición de agroquímicos y promover una reforestación masiva de las partes altas de la cuenca con vegetación nativa para que no continúe su erosión.

Por último, se sugiere que se vigile la perforación de pozos y disposición de agua subterránea y superficial en la cuenca para evitar el descenso rápido del nivel del lago y acuíferos, además del desequilibrio del ciclo hidrológico.



Gráfica 6. Riqueza de taxa de los macroinvertebrados, 1979-1991.



Gráfica 7. Riqueza de especies y abundancia de algas, 1997- 2005.

**Tabla 1. Química del agua en el lago de Cuitzeo en distintos sitios y periodos.**

	1	2	3	4	5	6	7
Profundidad (m)	1.55	1.08	0.45	1.00	0.34	-0.76	-
Temperatura (°C)	20.30	19.9	24.1	21.5	23.4	18	17.5
Transparencia (m)	0.14	0.11	0.97	0.21	0.05	0.11	-
Conductividad eléctrica (µS/cm)	3,084.0	3,098.7	8,812.1	1,313.3	1,869	4,100.0	1,977.0
Salinidad	-	-	-	-	-	-	1.1?1
pH	9.3	9.2	-	8.8	8.7	10.4	9.0
Oxígeno Disuelto (mg/L)	6.0	5.1	6.5	6.7	10.6	1.8	5.05
Saturación de Oxígeno (%)	82.9	-	31.6	-	119.0	23.7	-
Alcalinidad CO <sub>2</sub> (mg/L)	9.8	-	-	4.5	-	-	-
Alcalinidad total (mg/L)	855.5	1,095.4	1,406.5	-	-	1,220.0	534.0
CO <sub>3</sub> (mg/L)	208.6	215.5	207.0	-	20.5	340.0	-
HCO <sub>3</sub> (mg/L)	647.0	879.9	1199.6	-	-	880.0	-
Dureza total (mg/L)	64.5	83.1	65.7	110.0	-	102.1	96.0
Sólidos disueltos totales (mg/L)	4,626.0	4,648.1	1,3218.2	1,970.0	-	3,592.0	1,104.5
NO <sub>3</sub> (mg/L)	-	21.6	26.0	0.47	-	0.3	0.4
PO <sub>4</sub> (mg/L)	-	0.28	0.23	0.86	-	938.10	-
Na <sup>+</sup> (mg/L)	-	-	1,048.4	236.0	-	165.5	-
K <sup>+</sup> (mg/L)	-	-	39.3	25.7	-	45.8	-
Ca <sup>++</sup> (mg/L)	31.5	-	-	-	-	22.2	-
Mg <sup>++</sup> (mg/L)	31.1	-	-	-	-	35.5	-
Boro (mg/L)	-	-	-	4.2	-	-	-
NaCl (mg/L)	-	-	-	-	-	-	-
Sólidos totales (mg/L)	-	-	-	-	-	4,216.0	-
DBO (mg/L)	-	-	-	-	-	230.0	32.0
DQO (mg/L)	-	-	-	-	-	782.0	76.0
NH <sub>4</sub> (mg/L)	-	-	-	-	-	2.38	0.54
Fe (mg/L)	-	-	-	-	-	0.95	-
Cl (mg/L)	-	-	-	-	-	-	205.0
Turbidez (UNT)	-	-	-	-	-	-	54.83
NO <sub>2</sub> (mg/L)	-	-	-	-	-	-	0.73
Fósforo total (µg/L)	-	-	-	-	-	-	143.7

1: Mendivil *et al.*, 1980; 2: Chacón, 1980 y Ortega, 1985; 3: Alvarado *et al.*, 1984; 4: Aguilera y Huacuz, 1994; 5: Ortega, 2002; 6: Chacón *et al.*, 2002; 7: Pedraza, 2007.

**Tabla 2. Zooplancton, 1979 y 1981.**

Géneros	1979	1981
<i>Brachionus</i>	X	X
<i>Pedalea</i>	X	X
<i>Filinia</i>	X	
<i>Testudinella</i>	X	
<i>Trichocherca</i>	X	
<i>Lepadella</i>	X	
<i>Polyarthra</i>	X	
<i>Asplanchnopus</i>	X	
<i>Keratella</i>	X	
<i>Lecane</i>	X	
<i>Asplanchna</i>	X	X
<i>Anuereopsis</i>	X	
<i>Monostyla</i>	X	
<i>Diaptronus</i>	X	X
<i>Cypria</i>	X	X
<i>Limnocytheres</i>	X	X
<i>Moina</i>		X
<i>Daphnia</i>	X	
<i>Nauplius</i> (larvas)	X	X

**Tabla 3. Grupos más abundantes de invertebrados.**

Macroinvertebrados	1979	1994
Anélidos	3	15
Platelmintos	3	0
Nemátodos	3	0
Celenterados	13	0
Moluscos	3	0
Artrópodos	76	85

**Tabla 4. Especies más abundantes del fitoplancton, 2005.**

Especies	Org/mL	%
<i>Nitzschia palea</i>	274	50.14
<i>Sellaphora pupula</i>	150	25.8
<i>Staurosira coustrens</i>	40	7.58
<i>Cymbella cystula</i>	32	6.06
<i>Stephanocyclus meneghiniana</i>	30	5.68
<i>Ulnaria ulna</i>	25	4.74

## Dinámica Poblacional Bacteriana

Iris Pedraza Agustin  
Ruth Alfaro Cuevas-Villanueva  
Rodolfo Farías Rodríguez

Raúl Cortés Martínez  
Juan Manuel Sánchez Yáñez

Si bien se han hecho enormes esfuerzos para explorar la diversidad bacteriana, pocos estudios se han llevado a cabo para comprender los factores que dirigen la composición actual de estas comunidades en el agua (Prescott *et al.*, 2004; Lindström *et al.*, 2005), por lo que existe la necesidad de realizar estudios sobre ecología microbiana en los cuerpos de agua del país, como es el caso del lago de Cuitzeo. Este lago es importante, no sólo por las funciones ecológicas que desempeña, como el almacenamiento de agua, la preservación de especies o por las actividades que ahí se realizan como la caza y la pesca, sino porque además de ocupar el segundo lugar de extensión en México, representa un modelo interesante para este tipo de estudios. El agua proporciona un ambiente que favorece la diversidad microbiana que depende de factores bióticos y abióticos, tales como la disponibilidad y concentración de nutrientes, oxígeno, temperatura, pH, así como de las interacciones con otros seres vivos (Prescott *et al.*, 2004; Pelczar, 1997; Ceballos *et al.*, 1994).

Este capítulo presenta un análisis de la dinámica de la población total bacteriana, de coliformes totales y fecales, así como de los géneros *Pseudomonas*, *Salmonella* y *Vibrio* de importancia, dado que han sido encontrados en aguas con características similares a las del lago de Cuitzeo y por su conocida patogenicidad (Hood y Ness, 1982; Beltrán, 1993; McLellan, 2004; Byamukama *et al.*, 2005). Se realizaron cuatro muestreos (noviembre y diciembre de 2006, febrero y marzo del 2007) con el objetivo de cubrir el final de la temporada de precipitación pluvial y el estiaje. El muestreo se realizó en ocho sitios cercanos a las poblaciones más grandes que vierten sus aguas residuales en el lago (Imagen 1). Se tomó una muestra simple por sitio y todas se mantuvieron a 4°C hasta su análisis (por triplicado) en el laboratorio (DOF, 1993).

La dinámica de la población total bacteriana y los géneros *Pseudomonas*, *Vibrio* y *Salmonella* se determinaron en Unidades Formadoras de Colonias mediante la siembra en placa (UFC/100mL). La población de *Escherichia coli* se cuantificó en Número Más Probable por el método Colilert® Kit de IDEXX (NMP/100mL).



Imagen 1. Sitios de muestreo.

### Resultados

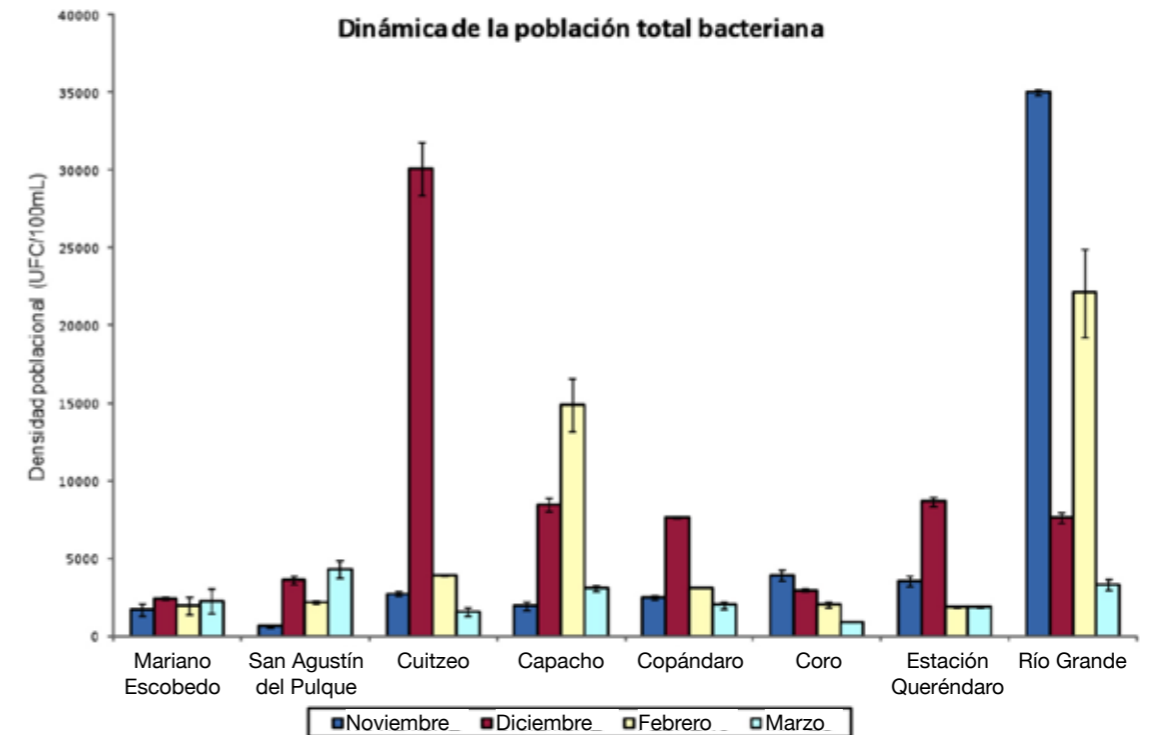
La población total bacteriana varió en los diferentes muestreos, destacando por su alta densidad los sitios de Cuitzeo en diciembre y Río Grande en noviembre (30,700 UFC/100 mL y 35,000 UFC/100 mL, respectivamente). En el resto de las localidades la densidad de población bacteriana total fue  $\approx$ 3,000 UFC/100 mL. No se identificó un patrón de comportamiento durante el tiempo que duró el estudio, a excepción de la estación de Coro, en donde la población fue disminuyendo de 3,700 UFC/100 mL en noviembre hasta 900 UFC/100 mL en marzo (Gráfica 1).

Se observó que la población de coliformes totales se mantuvo constante en todos los sitios (2,400 NMP/100 mL). La normatividad vigente recomienda una concentración inferior a 200 NMP/100 mL de coliformes para pesca y actividades acuáticas y cero NMP/100 mL para agua potable. Respecto a *E. coli*, el sitio que siempre presentó mayor densidad poblacional es el más cercano a la desembocadura de las aguas residuales que provienen de la ciudad de Morelia (Río Grande). En el resto de los puntos de muestreo se presentaron alrededor de 100 NMP/100 mL e incluso hubo sitios en donde no se detectó *E. coli* (Gráfica 2).

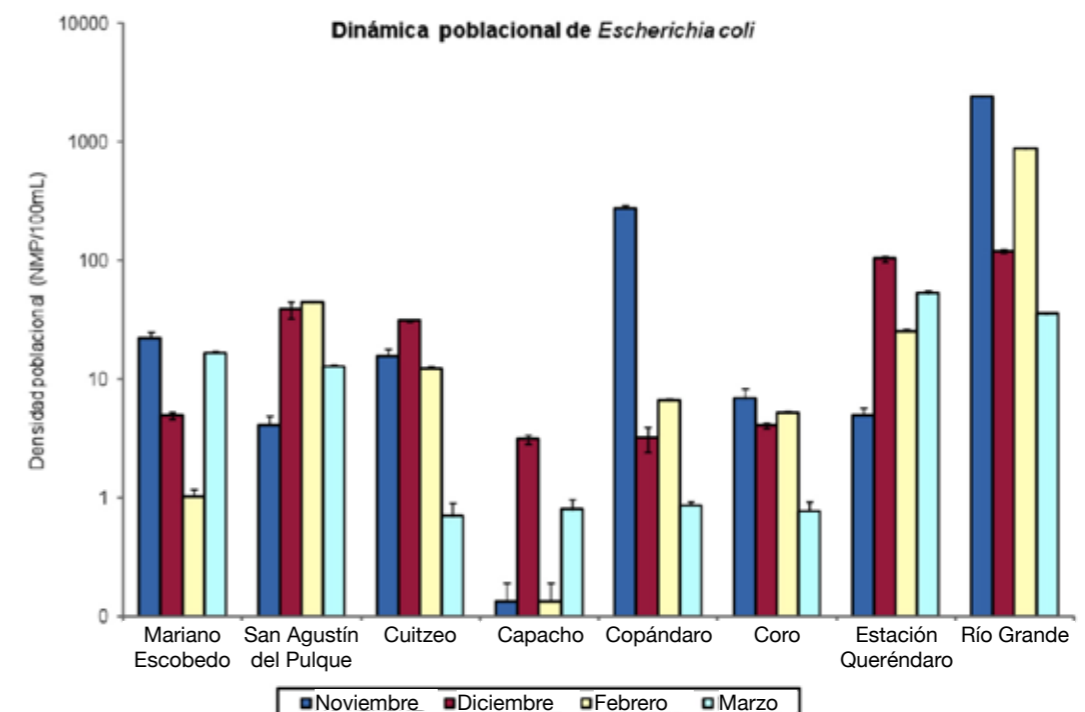
Por otra parte, la población del género *Pseudomonas* fue más alta en seis de los ocho sitios de muestreo en febrero, variando su densidad poblacional de 5 a 1,900 UFC/100 mL durante el periodo de estudio, aunque en la mayoría de los sitios se obtuvo una población de alrededor de 100 UFC/100 mL (Gráfica 3). Para *Vibrio* la mayor densidad se detectó en marzo, el rango de la población fue de 1 a 900 UFC/100 mL; la densidad en la mayoría de los muestreos fue  $\approx$ 15 UFC/100 mL (Gráfica 4). La población de *Salmonella* fue más alta en la colecta de noviembre en cinco de los ocho sitios muestreados, en varios no se detectó este género, mientras que la mayor densidad cuantificada fue de 1,900 UFC/100 mL en Cuitzeo, en noviembre (Gráfica 5).

De lo anterior, se encontró que fue mayor la densidad poblacional del género *Pseudomonas*, le siguió el género *Vibrio* y finalmente *Salmonella*.

Se observó que las poblaciones de coliformes totales se mantuvieron constantes durante todo el periodo de estudio, obteniendo un promedio de 2,400 NMP/100 mL. Respecto a coliformes fecales, se notó una variación en la densidad, pero el



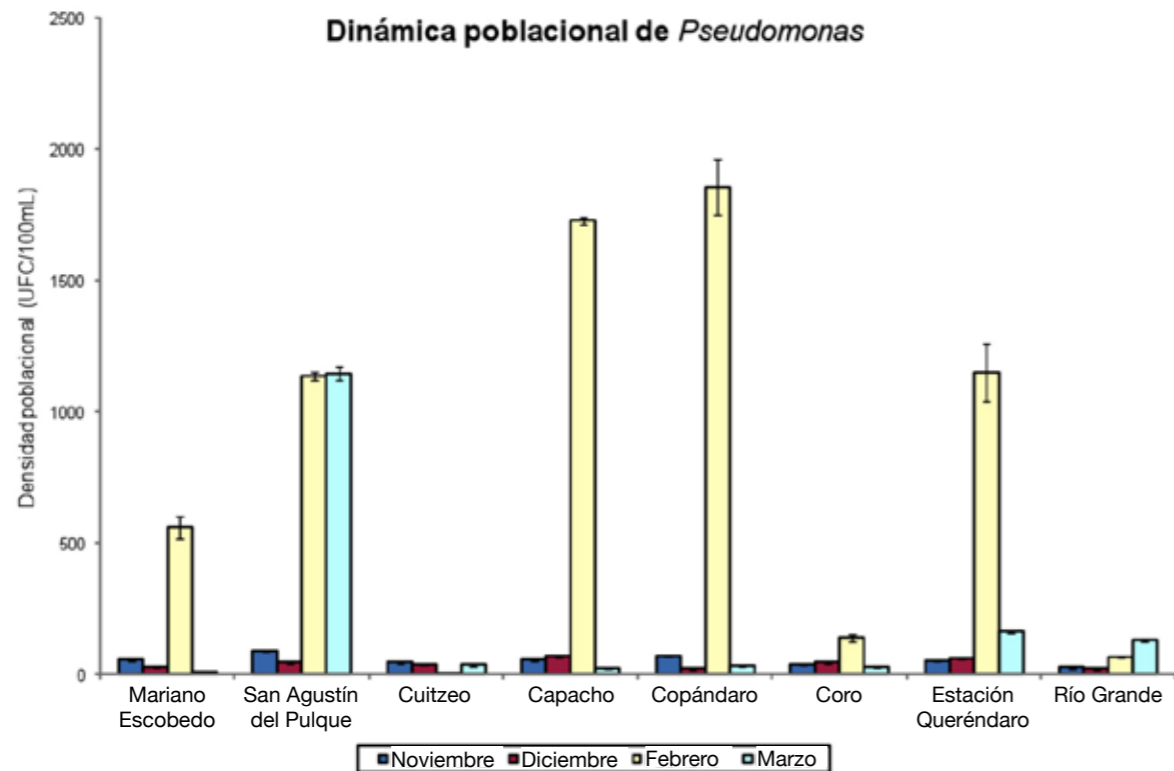
Gráfica 1. Densidad poblacional de bacterias.



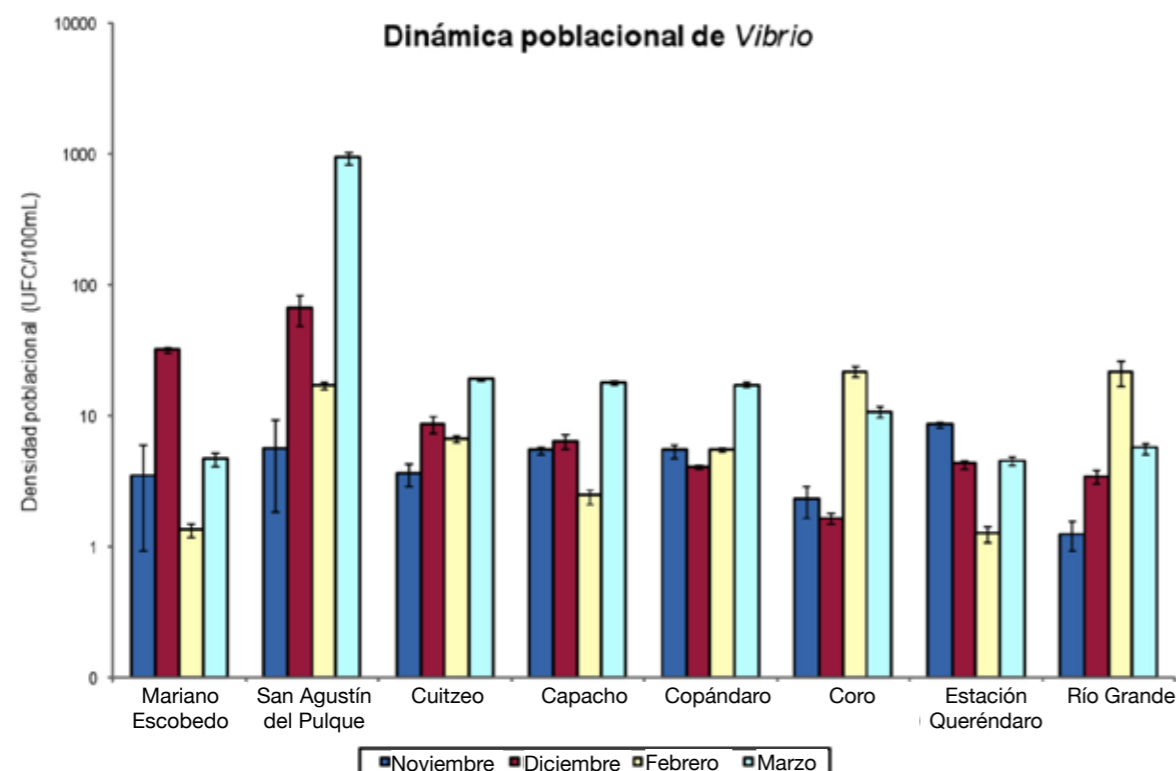
Gráfica 2. Densidad poblacional de *Escherichia coli*.



## 6 EL LAGO DE CUITZEO



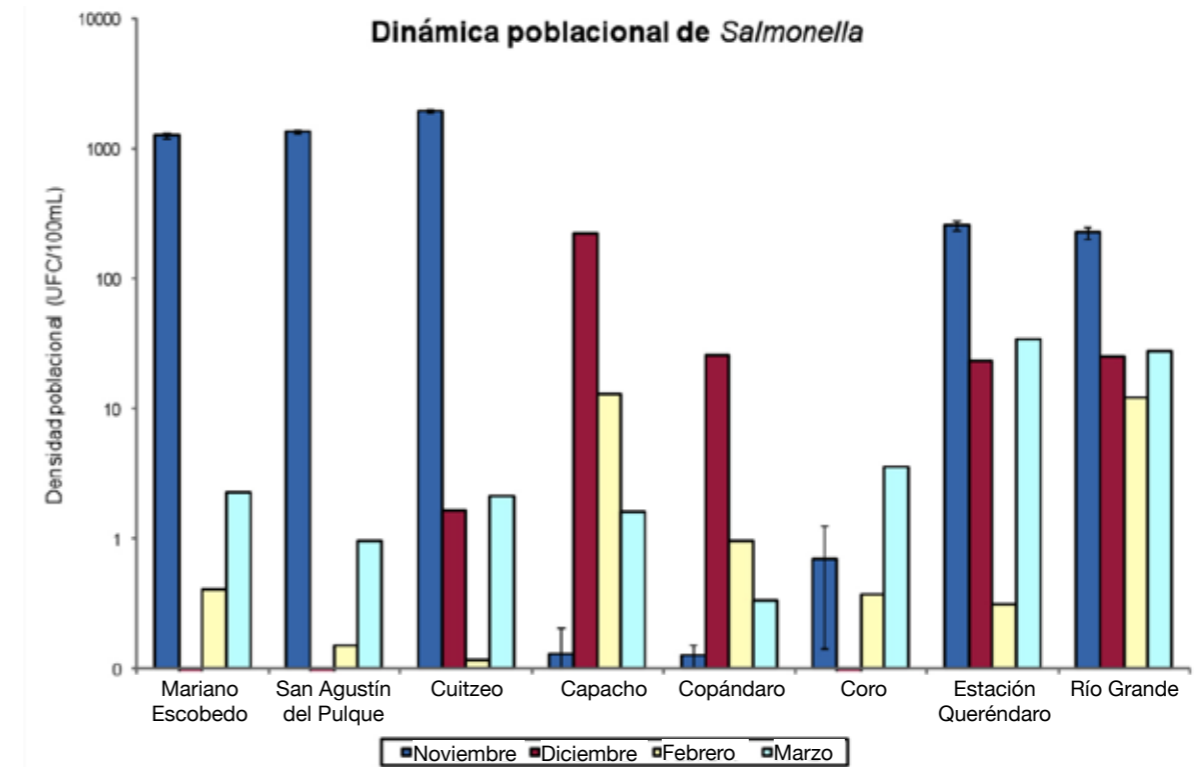
Gráfica 3. Densidad poblacional de *Pseudomonas*.



Gráfica 4. Densidad poblacional de *Vibrio*.

sitio que siempre presentó los valores más altos fue el Río Grande que transporta las aguas residuales de la ciudad de Morelia y la zona industrial, además de que durante su trayecto recibe descargas de pequeños arroyos y canales provenientes de terrenos agrícolas. La mayoría de los estudios que cuantifican coliformes totales y fecales se han realizado para determinar la calidad del agua, ya que estos organismos se usan como indicadores de contaminación fecal reciente (Byamukama *et al.*, 2005; McLellan, 2004; Winfield y Groisman, 2003; Gordon, 2001; Santos, 1995; Beltrán, 1993; Hood y Ness, 1982; Saylor *et al.*, 1975).

Se encontró una relación inversa entre la densidad poblacional de *Pseudomonas* y la de *E. coli*, de la cual otros estudios han informado, específicamente con *Pseudomonas aeruginosa* (Marchand, 2002), posiblemente debida a un efecto bactericida de *Pseudomonas* sobre *E. coli*. Este dominio puede deberse a su gran resistencia en ambientes extremos (temperaturas y altas concentraciones de salinidad). En los sitios en donde se presentó la mayor densidad de población bacteriana total y de *E. coli* y menor de *Pseudomonas* y *Vibrio*, se encontraron los menores valores de conductividad eléctrica (925  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ), pH (8.4) y oxígeno disuelto (3.4 mg/L).



Gráfica 5. Densidad poblacional de *Salmonella*.

## 6.4 DINÁMICA POBLACIONAL BACTERIANA

En el lago de Cuitzeo existe una gran diversidad bacteriana que puede estar influenciada por las diferentes descargas residuales de los pueblos circundantes y las actividades agrícolas existentes, situación que hace importante la implementación de plantas de tratamiento antes de su ingreso al lago, además de que es necesario continuar con estudios durante períodos mayores, con la finalidad de cuantificar la influencia de los diversos factores sobre la densidad poblacional de grupos bacterianos de interés.



Fotografía: Rodrigo Sagardia

## Flora del Lago

Rodrigo Velázquez-Durán

La vegetación acuática y subacuática del lago de Cuitzeo, y en general la de los cuerpos de agua de México, se conocen poco y en algunos casos no se han estudiado en absoluto. Para este lago han sido descritas las asociaciones vegetales, su distribución en el espacio y tiempo (Ceballos *et al.*, 1994; Rojas y Novelo, 1995; Velázquez, 2003; Sempértegui, 2006), así como las características físicas y químicas del lago en el que se desarrollan (Galindo, 2005). En cuanto al tipo de plantas acuáticas se reconocieron 40 familias, 70 géneros y 92 especies. De estas últimas, el 27.2% son estrictamente acuáticas, 32.6% subacuáticas y 40.2% tolerantes (Rojas y Novelo, 1995).

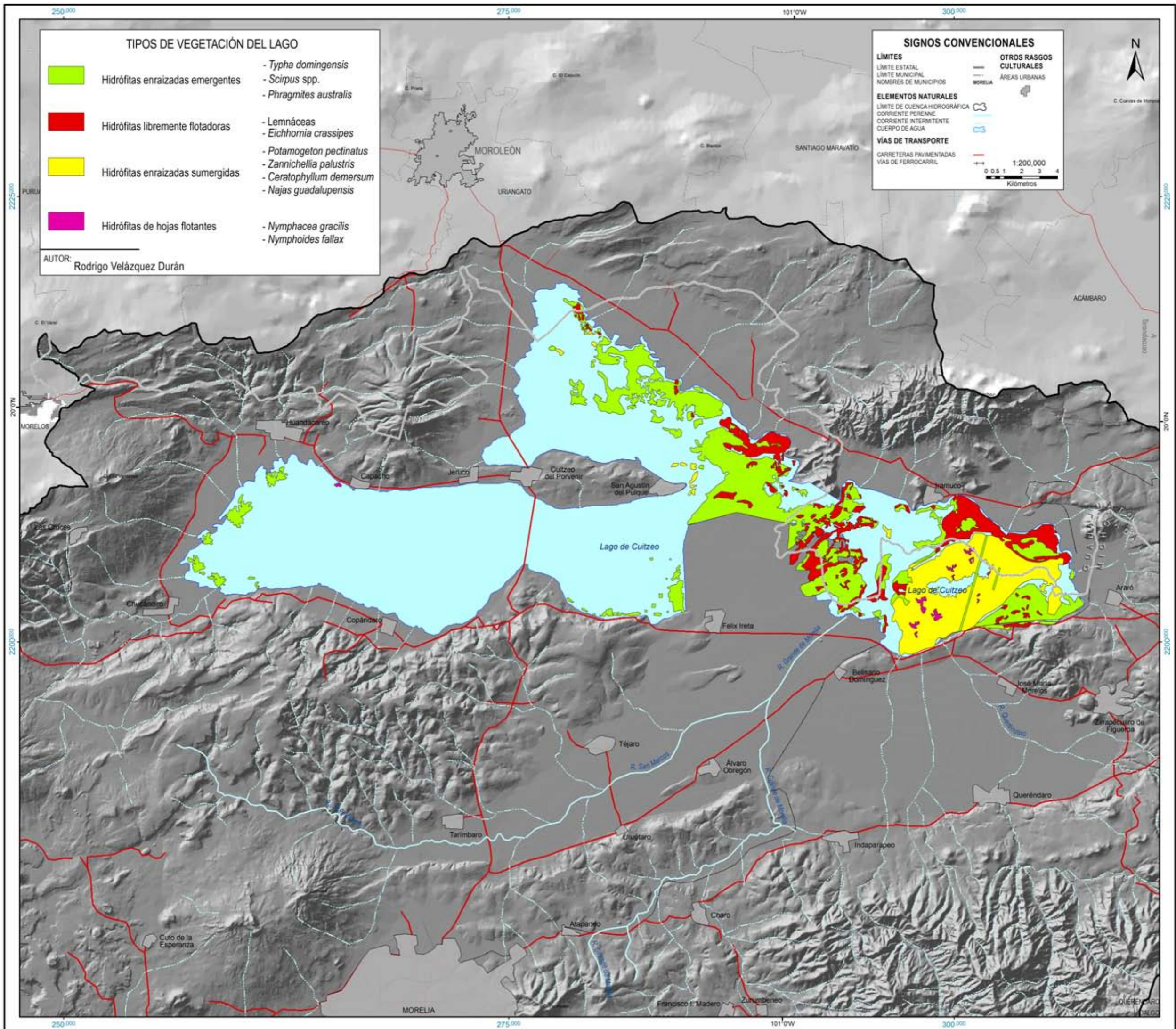
Las especies más abundantes y que ocupan una gran superficie en el lago son: *Typha domingensis* Presl. (Tule); *Potamogeton pectinatus* L. y *Eichhornia crassipes* Solms. & Laub. (lirio acuático); (Imagen 1). Por otro lado, los géneros registrados en el Pleistoceno tardío para el lago de Cuitzeo son 18, de los cuales los más abundantes son: *Typha*, *Potamogeton*, *Polygonum*, *Cyperaceae*, *Myriophyllum* y *Lemna*, plantas que asociadas a otros conjuntos polínicos evidencian lo fluctuante del espejo de agua, así como las condiciones climáticas locales en las que se desarrollaban las comunidades vegetales en tiempos pasados (Velázquez-Durán, 2003).

En el lago, la vegetación presenta una distribución muy heterogénea, definida por su profundidad y disponibilidad de nutrientes. Por ejemplo, en la desembocadura del Río Grande de Morelia se presenta una gran descarga de los mismos, provocando un mayor desarrollo de plantas acuáticas oportunistas.



Fotografía: Zoltan Vekerdy

Imagen 1. Comunidad de *Eichhornia crassipes* (lirio acuático).



El presente capítulo expone las formas de vida de cuatro comunidades de plantas acuáticas y subacuáticas del lago de Cuitzeo:

1. **Hidrófitas enraizadas emergentes.** Plantas ancladas al sustrato. Sobresalen del agua parte del tallo, las hojas y las estructuras reproductoras. En Cuitzeo, esta comunidad tiene una distribución heterogénea, donde los elementos más representativos son *Typha domingensis*, *Scirpus validus*, *Phragmites australis* y un gran número de elementos acompañantes de distintas formas de vida (Rojas y Novelo, 1995).
2. **Hidrófitas enraizadas sumergidas.** Están unidas al sustrato con las estructuras vegetativas dentro del agua, mientras que los órganos reproductores pueden estar sumergidos, emergiendo o flotando en el agua (Martínez y García, 2001). Comunidad representada por sólo cuatro especies: *Potamogeton pectinatus*, *Zannichellia palustres*, *Najas guadalupensis* y *Ceratophyllum demersum*. La especie dominante en esta comunidad es *Potamogeton pectinatus*, con grandes extensiones en el vaso este del lago, poblaciones que fluctúan mucho de acuerdo a la época del año, registrando su mayor superficie durante la época de lluvias (Sempértegui, 2006).
3. **Hidrófitas libremente flotadoras.** Son plantas adheridas o no al sustrato, cuyas hojas flotan sobre la superficie del agua y sus órganos reproductivos emergen por encima de la misma (Madrigal et al., 2004; Rojas y Novelo, 1995). Forma de vida representada en el lago por pocas especies de distribución muy limitada como: *Lemna gibba*, *L. aequinoctiales*, *Spirodela polyrhiza* y *Wolffrella lingulata*, especies que se distribuyen entre las otras comunidades vegetales. *Eichhornia crassipes* forma poblaciones muy extensas, alcanzando su máximo durante la época de lluvias y posterior a éstas, en especial en el vaso este.
4. **Hidrófitas de hojas flotantes.** Plantas enraizadas al sustrato, con sus hojas flotando sobre la superficie, mientras los órganos reproductores pueden ser flotantes o emergentes. Las especies reportadas con esta forma de vida son: *Nymphaea gracilis*, *Nymphoides fallax* y *Marsilea mollis* (Rojas y Novelo, 1995). En el lago de Cuitzeo se presentan, acompañando a otras especies con forma de vida diferente, como *Eichhornia crassipes*.

En la Tabla 1 se muestran las familias mejor representadas actualmente, donde sobresalen las herbáceas como la forma biológica dominante (Rojas y Novelo, 1995).

Entre las especies más utilizadas se encuentran: *Typha domingensis*, utilizada en la fabricación de artesanías y cestería (Imagen 2); *Phragmites australis*, empleada en la fabricación de cestería, muebles, artículos para pesca, etc.; *Eichhornia crassipes* y *Pistia stratiotes*, que se pueden usar como abono verde, especialmente en las riberas donde se lleva a cabo la agricultura; como forrajeras se utilizan: *Eichhornia crassipes* (Imagen 1) y *Polygonum punctatum*, al igual que las Lemnaceae; mientras que para la alimentación humana se utilizan los tubérculos de *Berula erecta*, *Nymphaea gracilis* y *Sagitaria*.



Tabla 1. Familias mejor representadas en la flora del lago de Cuitzeo.

Familia	Géneros	Especies	Forma de Vida
Poaceae	9	13	Tolerantes
Cyperaceae	4	13	Tolerantes
Asteraceae	8	8	Tolerantes
Lemnaceae	3	4	Tolerantes
Apiaceae	3	3	Acuáticas Estrictas
Escrofulariaceae	3	3	Acuáticas Estrictas
Pontederiaceae	2	4	Acuáticas Estrictas
Ranunculaceae	2	2	Acuáticas Estrictas

Fotografía: Brenda Ávila Flores



Imagen 2. Comunidad de *Typha domingensis* (tule).

## Tendencias Espaciales de la Contaminación

### Introducción

La disponibilidad de agua dulce de buena calidad disminuye a pasos acelerados, por lo que resulta apremiante establecer estrategias para prevenir y reducir los procesos de degradación y seleccionar los mejores tratamientos para limpiarla. Todo esto aplica de manera particular a las reservas naturales, como los lagos, por lo que el entendimiento de los procesos de contaminación se vuelve fundamental para la conservación de este recurso imprescindible.

Los mapas presentados forman parte de un trabajo encaminado a caracterizar el estado actual de contaminación (2005) por elementos potencialmente tóxicos (EPT) detectados a través de un muestreo de sedimentos superficiales en la parte central del vaso y en sedimentos de los ríos que desembocan en el lago de Cuitzeo. El panorama que se desprende de este estudio, permitirá conocer la magnitud de la problemática y ubicar los sitios que requieren mayor atención, lo que a su vez servirá de fundamento para el diseño de programas de monitoreo y soluciones apropiadas, integrales y de bajo costo. Se abordó el problema desde tres objetivos particulares a partir de la elaboración de mapas: a) de distribución de elementos geogéneos para delinear patrones naturales (Mapas Capítulo 6.6a); b) de distribución de elementos contaminantes en el lago y los principales ríos que lo alimentan (Mapas Capítulo 6.6b); y c) de distribución de elementos contaminantes en el cuerpo del lago (parte central); (Mapas Capítulo 6.6c).

Los resultados se obtuvieron a partir de un muestreo sistemático intensivo en la parte más accesible del lago (parte central), siguiendo un patrón de cuadrícula (1,000x1,000 m), abarcando un área aproximada de 56 km<sup>2</sup>. Se colectaron un total de 47 muestras de sedimentos superficiales (0-10cm). Como complemento se tomaron 14 más del mismo tipo (0-5 cm) alrededor de todo el lago y otras 20 de los ríos que drenan al vaso para “rastrear” las rutas de acceso de contaminantes al lago.

En los laboratorios del Instituto de Geografía y de la facultad de Ciencias (Unidad de Análisis Ambientales) de la Universidad Nacional Autónoma de México las muestras se digirieron con una mezcla de ácido nítrico-fluorhídrico para cuantificar contenidos de metales totales. Se empleó la cromatografía de gases con detector de captura de electrones para cuantificar epóxidos. La textura, pH, Conductividad Eléctrica (CE), Carbono orgánico (Corg) y Fósforo (P) se analizaron por métodos convencionales (SSSA, 1996). Se corrieron un duplicado, un material de referencia certificado (NIST San Joaquín o NIST Buffalo River), además de un blanco cada 10 muestras aproximadamente. Los resultados se sometieron a un análisis geoestadístico con *kriging* ordinario, utilizando el programa “R”, para obtener las coordenadas de isolíneas para cada variable, información que sirvió para la posterior elaboración de los mapas.

Para cumplir con el objetivo de discernir entre elementos geogéneos u originados por procesos naturales y elementos contaminantes o derivados de la actividad humana (Baize y Sterckeman, 2001; Folkes *et al.*, 2001; Siegel, 2002) se utilizaron técnicas geoestadísticas de análisis, mismas que permiten definir los patrones de distribución propios de cada elemento (Oliver y Kharyat, 1999; Sommer *et al.*, 2000; Webster, 1990) y a través de comparaciones entre ellos se establece la magnitud y localización de las áreas con probable contaminación.

En este contexto, se entiende por patrón de distribución una representación espacial del comportamiento o cambios en los valores de concentración medidos de cada uno de los elementos seleccionados o característica de interés. Estos patrones permiten ubicar áreas de máximos y mínimos, así como el grado de intensidad del cambio en función del espacio de separación. Estas técnicas son utilizadas como herramienta exploratoria en el análisis espacial de los datos obtenidos; así los resultados, si bien preliminares, permiten construir una panorámica general de la problemática de contaminación del lago.



## 6.6a Distribución de Elementos Geogéneos al Interior del Lago

Irene Sommer Cervantes  
Pilar Fernández Lomelín  
Carlos Díaz Ávalos

Claudia Ponce de León Hill  
Verónica Becerra  
Silke Gram Heydrich

Se consideran elementos geogéneos (Gasparon y Matschullat, 2006) aquellos que suelen ser muy abundantes en el medio, por lo general no se les atribuyen efectos tóxicos y sus concentraciones o cantidades se ven muy poco afectadas por contribuciones antrópicas. Debido a estas características se considera que su patrón de distribución se asocia a los procesos naturales que les dieron origen. El modelado de una distribución espacial de una variable supone que los valores que ésta adopta en puntos de muestreo alineados, son más parecidos entre más cercanos estén los sitios de muestreo y se incrementan sus diferencias gradualmente conforme aumenta la distancia de separación entre sitios. Esta característica es valiosa para su aplicación al estudio de fenómenos naturales que operan progresivamente y a lo largo de grandes periodos de tiempo, definiendo un prototipo de patrón espacial de distribución. En contraste, los procesos asociados a actividades antrópicas operan durante periodos más cortos, manifestándose en áreas más restringidas con una distribución agregada. El objetivo particular en este estudio fue utilizar los elementos Hierro (Fe), Aluminio (Al), Titanio (Ti), Manganeso (Mn) y Estroncio (Sr) para ilustrar patrones de distribución geogéneos a través de una serie de mapas que servirán posteriormente como patrón de comparación de las distribuciones de elementos contaminantes.

Se procesaron los datos de 47 muestras de sedimentos superficiales provenientes de la rejilla en el análisis geoestadístico. Las concentraciones obtenidas de estos elementos se ajustan a la secuencia  $Al > Fe > Ti > Mn > Sr$ ; las estadísticas descriptivas por elemento se muestran en la Tabla 1. Se consideraron también el pH, la textura, la profundidad y la conductividad eléctrica (CE) como variables complementarias de caracterización del medio. Los resultados de éstas indican que se trata de un lago somero, de aguas alcalinas y ligeramente salino, cuyos sedimentos poseen estas mismas características.



Fotografía: Marcela Galindo



El pH de los sedimentos se encuentra en un intervalo entre 8.8 y 9.8, registrándose los más altos en la zona noroeste y disminuyendo gradualmente hacia el sureste. Hay un área muy localizada en la orilla sureste donde desciende abruptamente a valores menores a 8.8 (Mapa 6.6a1). La CE de los sedimentos indica una salinidad media, los valores más altos se observan en el sureste con 911  $\mu\text{Scm}^{-1}$  y los más bajos de alrededor de 320  $\text{mScm}^{-1}$  hacia la zona noroeste; la CE tiende a aumentar hacia el centro del lago en donde se rebasan los 700

**Tabla 1. Estadística descriptiva de las variables analizadas.**

Variable	N	Media	Mínimo	Máximo	Desviación estándar
Profundidad cm	47	146.53	60.00	175	21.95
pH	47	9.49	8.82	9.82	0.20
Conductividad eléctrica $\mu\text{Scm}^{-1}$	47	546	247	936	151
Arcillas %	47	51.234	20.5	70.0	12.75
Arenas %	47	21.24	9.5	40.0	7.63
Hierro %	47	16.45	7.35	40.54	7.05
Aluminio %	47	5.38	3.74	7.09	0.79
Titanio $\text{mgkg}^{-1}$	47	3,710.46	704.44	5,666.29	1,103.86
Manganeso $\text{mgkg}^{-1}$	47	687.51	515.05	837.78	57.91
Estroncio $\text{mgkg}^{-1}$	47	667.10	495.80	881.77	94.18

**Tabla 2. Parámetros de los variogramas ajustados para las variables analizadas.**

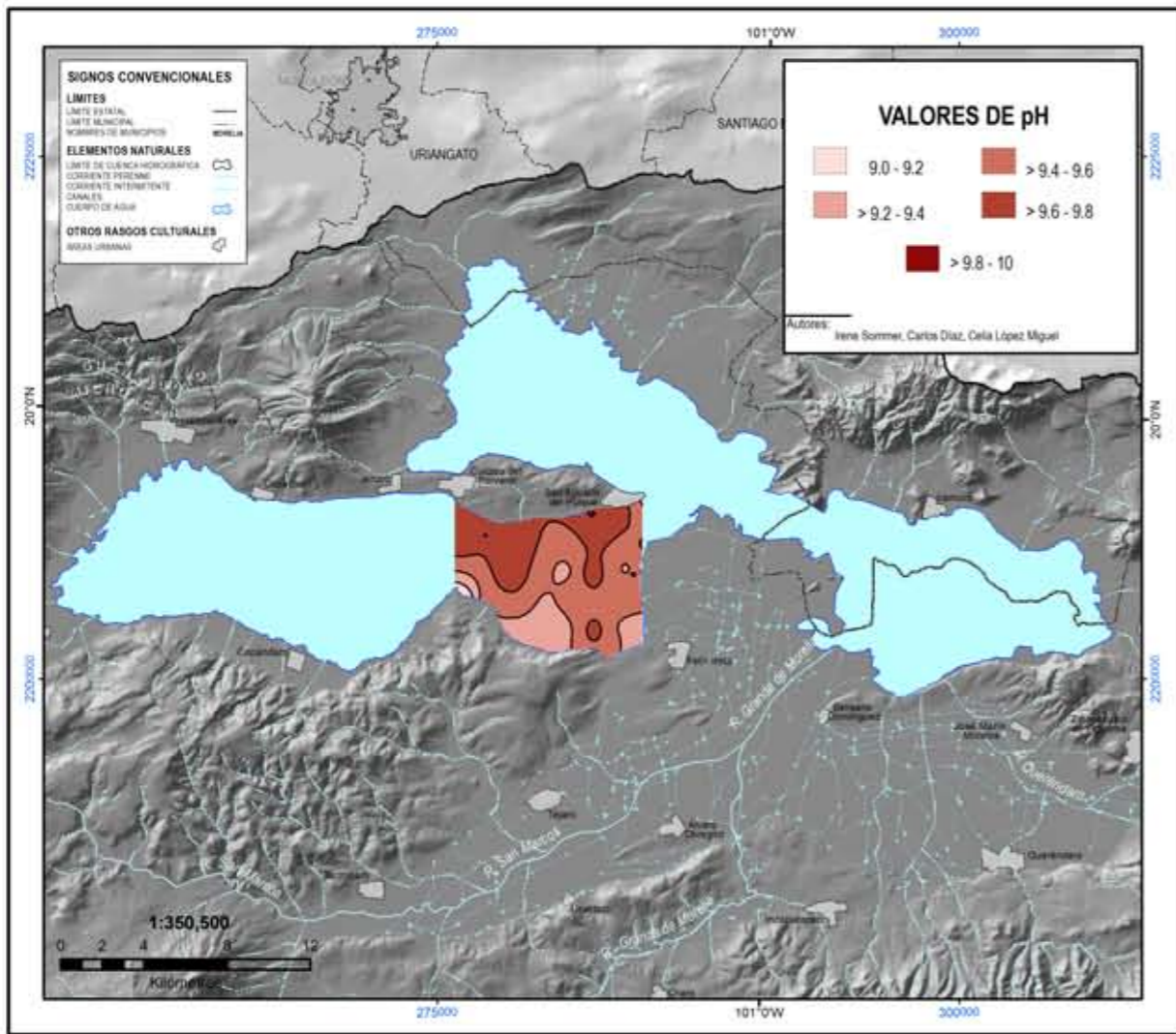
Variable	Modelo ajustado	Pepita Co (nugget)	Meseta Co+C (sill)	Rango Ao (range)	Rango efectivo	Proporción (C/Co+C)	r <sup>2</sup>
Hierro	Esférico Isotrópico	1.0	8.55	4,070	4,070	0.999	0.974
Aluminio	Esférico Isotrópico	0.00907	0.02114	10,340	10,340	0.571	0.775
Titanio	Exponencial Isotrópico	0.00001	0.01382	2,280	6,840	0.999	0.949
Manganeso	Exponencial Isotrópico	0.00233	0.00986	3,640	10,920	0.764	0.915
Estroncio	Exponencial Isotrópico	0.00001	0.02342	1,480	4,440	1.0	0.943
pH	Esférico Isotrópico	0.00014	0.00077	15,490	15,490	0.815	0.909
Arcillas	Esférico Isotrópico	0.0266	0.01012	7,450	7,450	0.737	0.969
Arenas	Exponencial Isotrópico	0.0001	0.1552	2,450	7,350	0.999	0.970

$\text{mScm}^{-1}$ . Las texturas de los sedimentos van de franco arcillosas a arcillosas, conteniendo entre 20 y 60% de arcilla, donde los que tienen más cantidad se localizan al noroeste y los más arenosos hacia el sureste. Las arcillas provienen del intemperismo de los materiales volcánicos que rodean al lago y parecen acumularse, siguiendo un patrón a partir de la orilla noroeste y aumentando hacia el centro del lago, que es la parte más profunda (Mapa 6.6a2).

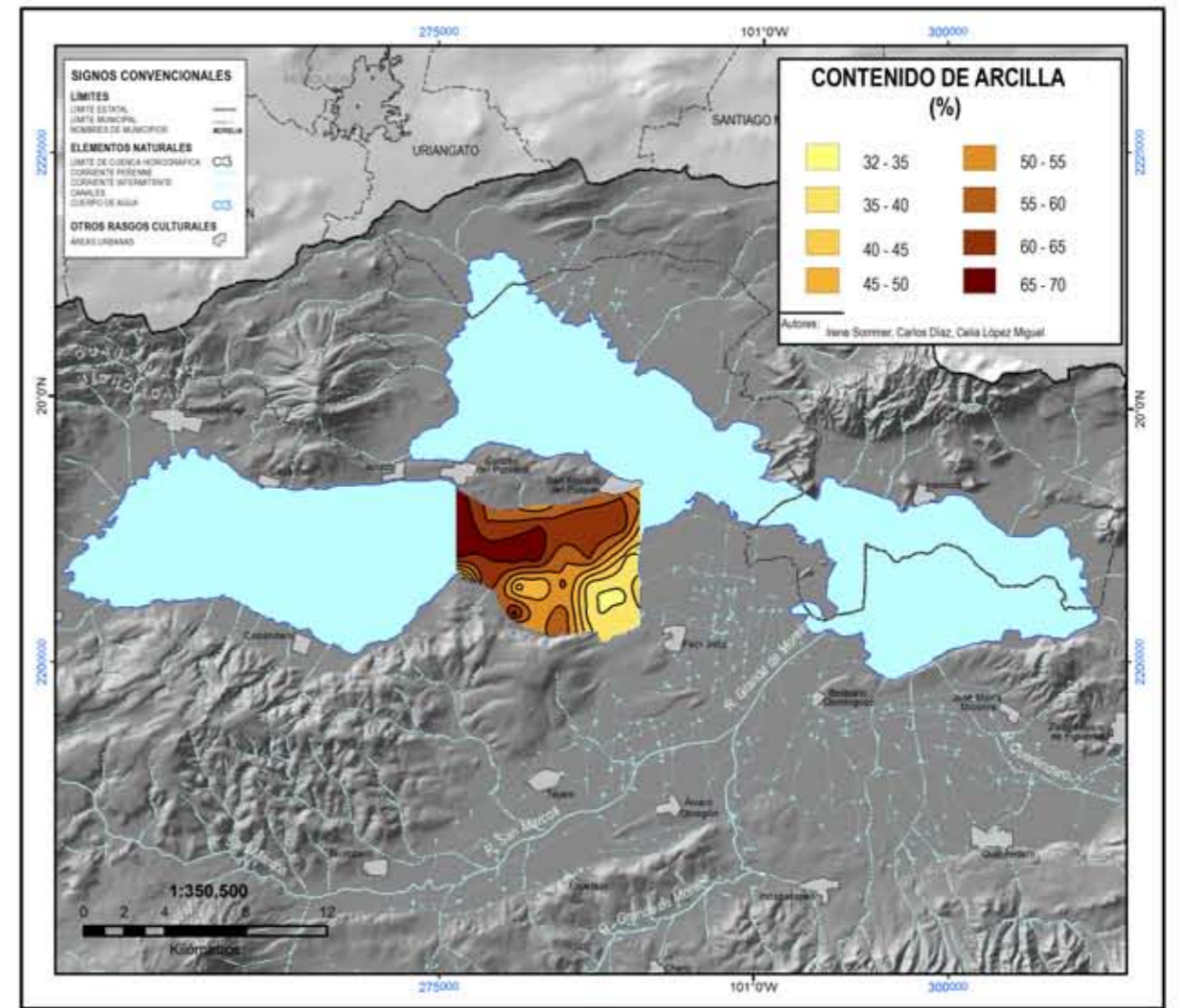
Se ajustó un modelo geoestadístico a la distribución de cada uno de los elementos cuantificados ( $p=0.05$ ) cuyos parámetros se muestran en la Tabla 2. Estos resultados describen un patrón de distribución generalizado para ellos, que consiste en que los valores de mayores concentraciones se sitúan al centro del lago y disminuyen gradualmente hacia las riberas del mismo. Esto es particularmente claro para el Fe y el Al que son componentes propios de las arcillas y son producto del intemperismo de basaltos, andesitas y dacitas, característicos de la región (Ver Capítulo 1.3, Geología; Mapas 6.6a3 y 6.6a4). El Mn y Sr presentan un patrón diferente, con concentraciones máximas ubicadas en la ribera norte, aunque el patrón seguido por Al y Fe es reconocible pero más atenuado. El Ti, a pesar de presentarse en altas concentraciones, no se comporta conforme a lo esperado, su distribución se ve afectada por un punto de máxima acumulación y totalmente atípico cercano a la ribera oeste de la porción de lago analizada, lo que pone en duda el considerarlo solamente como elemento de origen geogéneo.

Los mapas obtenidos con sus correspondientes patrones de distribución, permiten ser usados como “esquemas de distribución naturales” contra los cuales se pueden comparar distribuciones de elementos de los que se supone son de origen antrópico (ver Capítulos 6.6 b y c), función para la que la distribución del Fe y Al parece ser la más apropiada, en tanto que el Mn, Sr y Ti presentan una distribución más compleja que parece representar efectos combinados, ya sea de dos procesos geogéneos de diferente origen o un efecto geogéneo y alguna actividad antrópica.

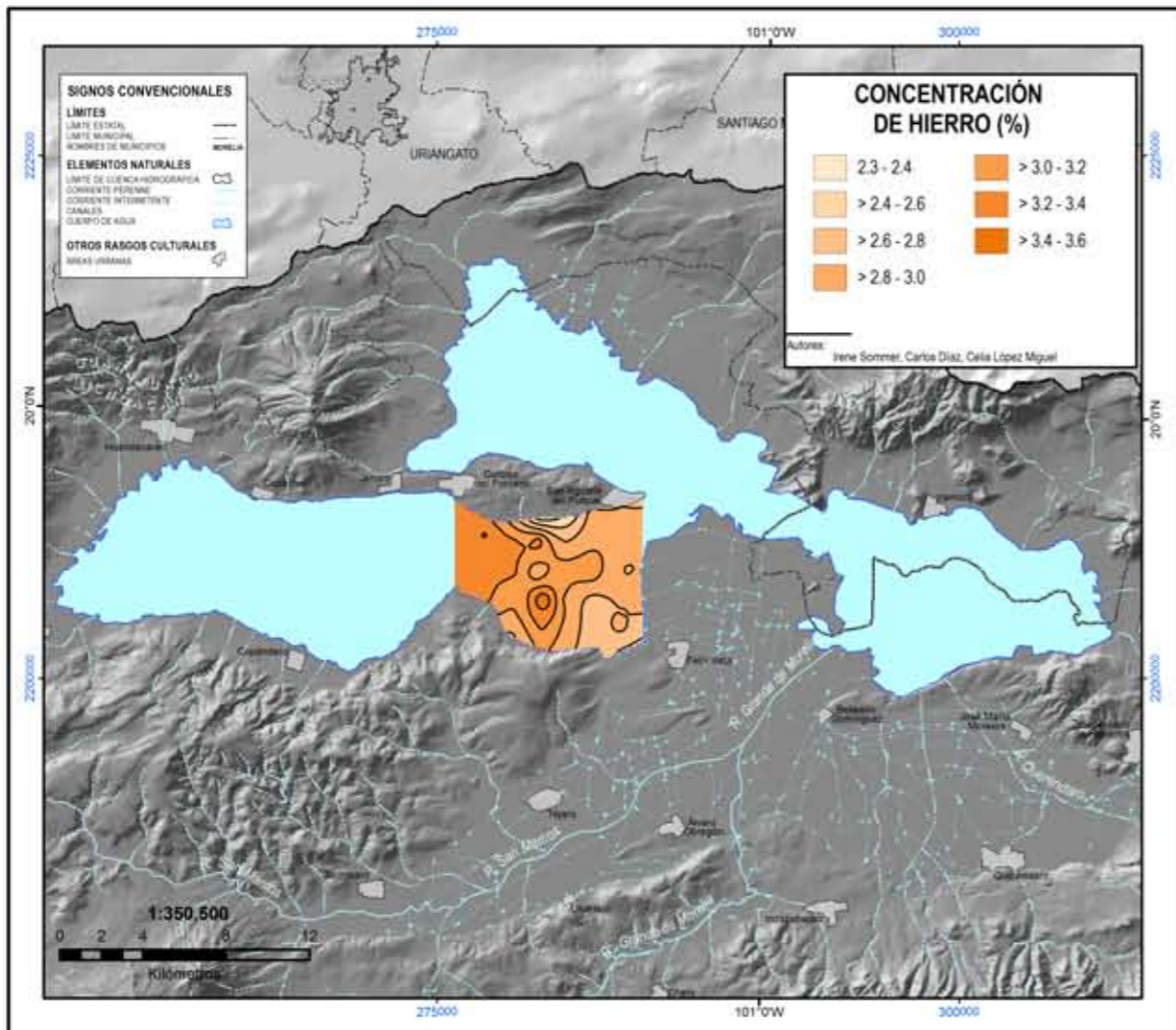




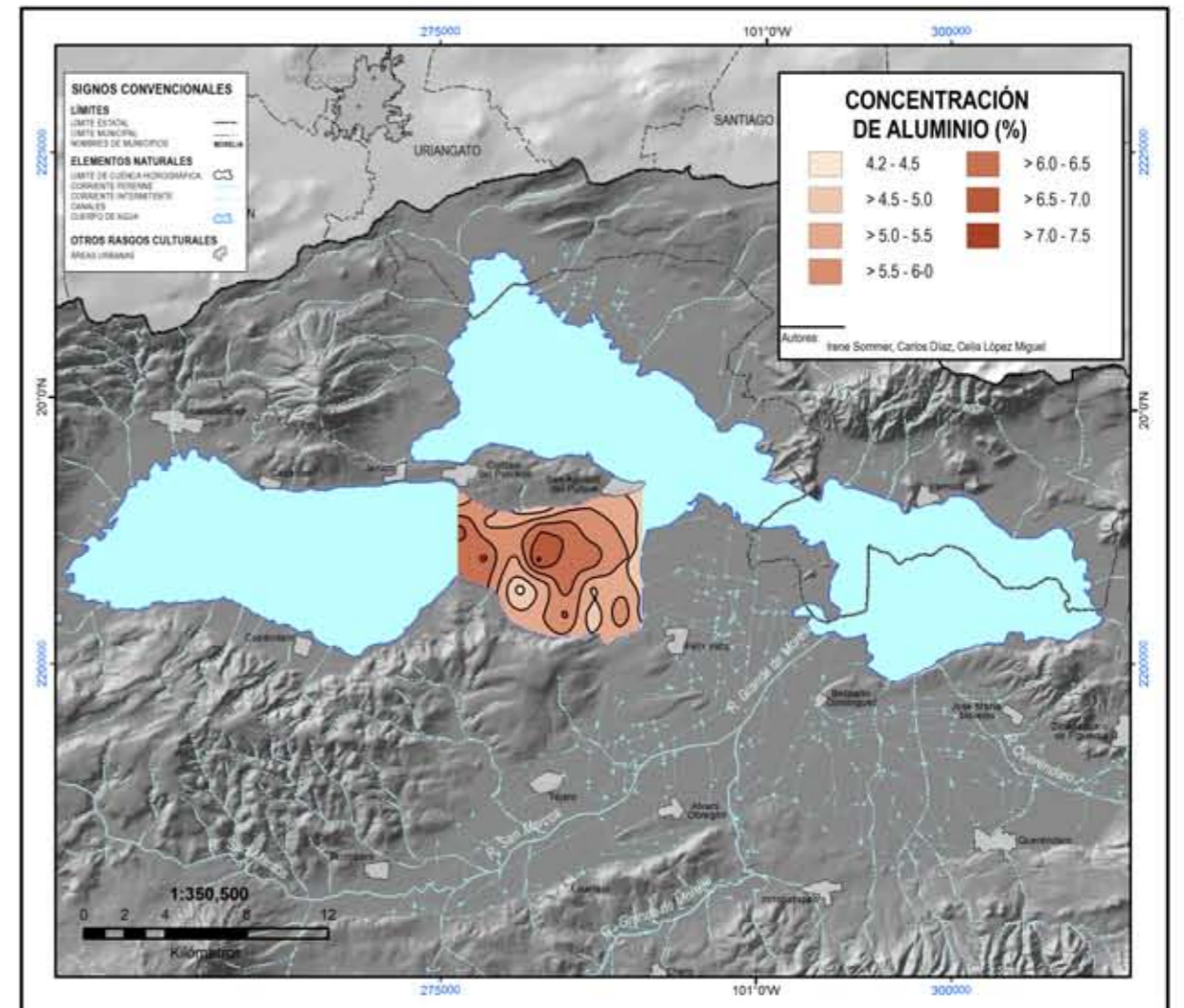
Mapa 6.6a1 - Valores de pH



Mapa 6.6a2 - Contenidos de arcilla



Mapa 6.6a3 - Concentración de hierro



Mapa 6.6a4 - Concentración de aluminio

## 6.6b Elementos Contaminantes a Nivel Cuenca

Silke Cram Heydrich  
Irene Sommer Cervantes  
Claudia Ponce de León Hill  
Pilar Fernández Lomelín

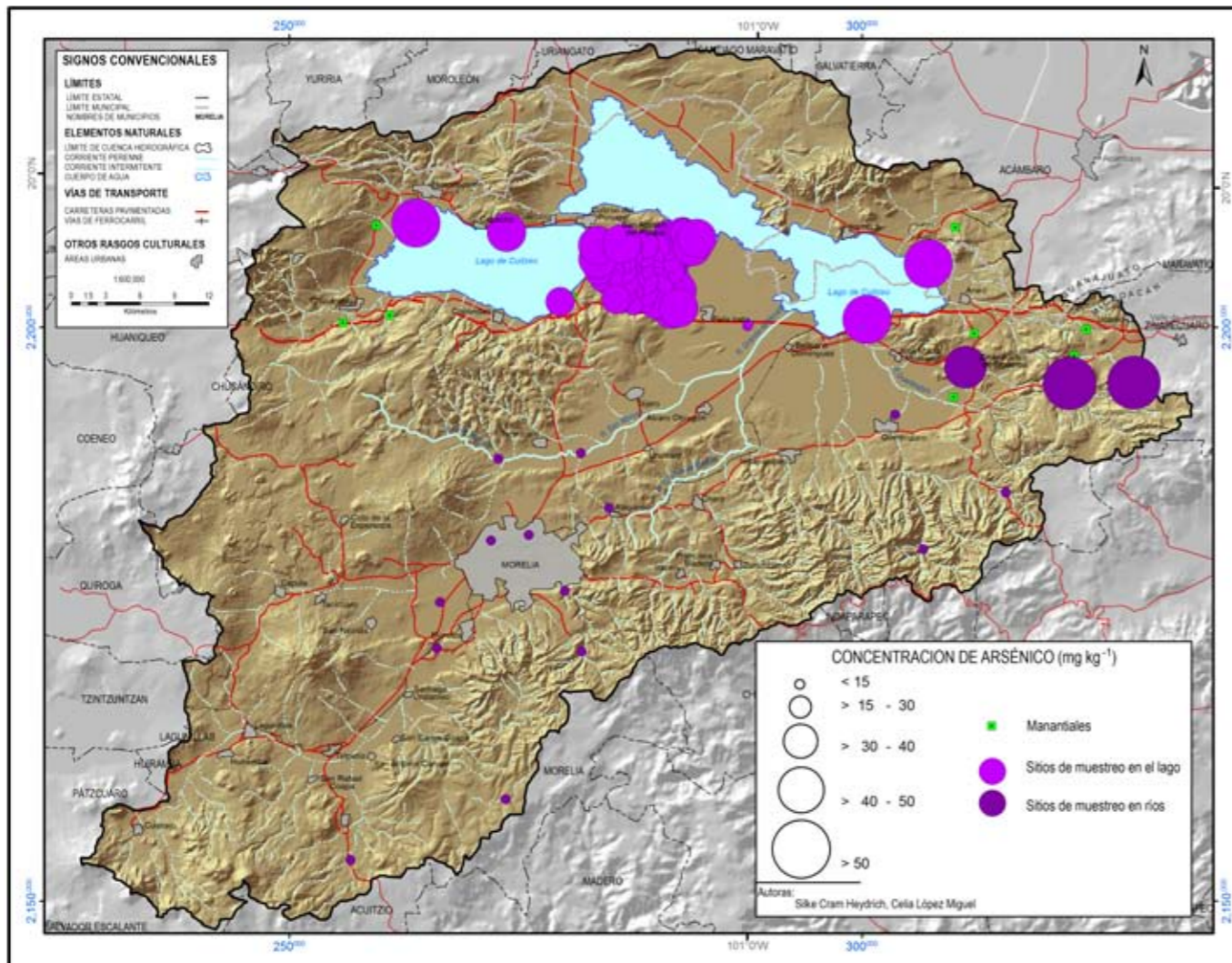
Catherine Mathuriau  
Isabel Israde-Alcántara  
Verónica Becerra

Un contaminante es toda sustancia o elemento químico de origen natural o antrópico que se acumula en el medio y puede producir efectos adversos sobre los organismos, el funcionamiento del ecosistema y la salud del hombre (Wayne *et al.*, 1999). Los contaminantes, a diferencia de los elementos geogéneos, suelen ser menos abundantes en el medio, presentan una distribución que parece señalar puntos o zonas locales de altas concentraciones o enriquecimiento. Están asociados a actividades antrópicas y se reconocen por sus efectos tóxicos en mayor o menor grado. Los umbrales de los contaminantes están regulados por valores límite máximos en normas o criterios internacionales o locales, por debajo de los cuales no se considera que se manifieste toxicidad.

Para evaluar la magnitud y distribución de los contaminantes en la cuenca de Cuitzeo y proponer en su caso algunas medidas de monitoreo y mitigación, un primer paso consiste en estimar sus concentraciones en la matriz ambiental en cuestión (agua, suelo, aire o sedimento); estos valores pueden ser comparados con los que representan el umbral de riesgo o daño (Wayne, *et al.*, 1999). Uno de los criterios más reconocidos para este objetivo es el límite de efecto probable o PEL (por sus siglas en inglés); (Buchman, 1999). En este estudio se seleccionaron los PEL para sedimentos de agua dulce que indican los probables efectos adversos sobre los organismos acuáticos (Tabla 3; Capítulo 6.6c). Un segundo paso fue identificar la dinámica del transporte y distribución de los contaminantes; en el caso de los lagos, los ríos son vías importantes de aporte. En los vasos lacustres de México está poco estudiada la magnitud y distribución de los contaminantes, por lo que el objetivo de esta sección es ilustrar la distribución de algunos elementos o compuestos potencialmente tóxicos (EPT) en la cuenca del lago de Cuitzeo.

En este estudio se midieron los elementos Arsénico (As), Plomo (Pb), Níquel (Ni), Cadmio (Cd), Cobre (Cu), Zinc (Zn) y Cromo (Cr). La distribución de éstos al interior del lago se estableció a partir de una serie de muestras de sedimento superficial colectadas

Mapa 6.6b1 - Concentración de arsénico



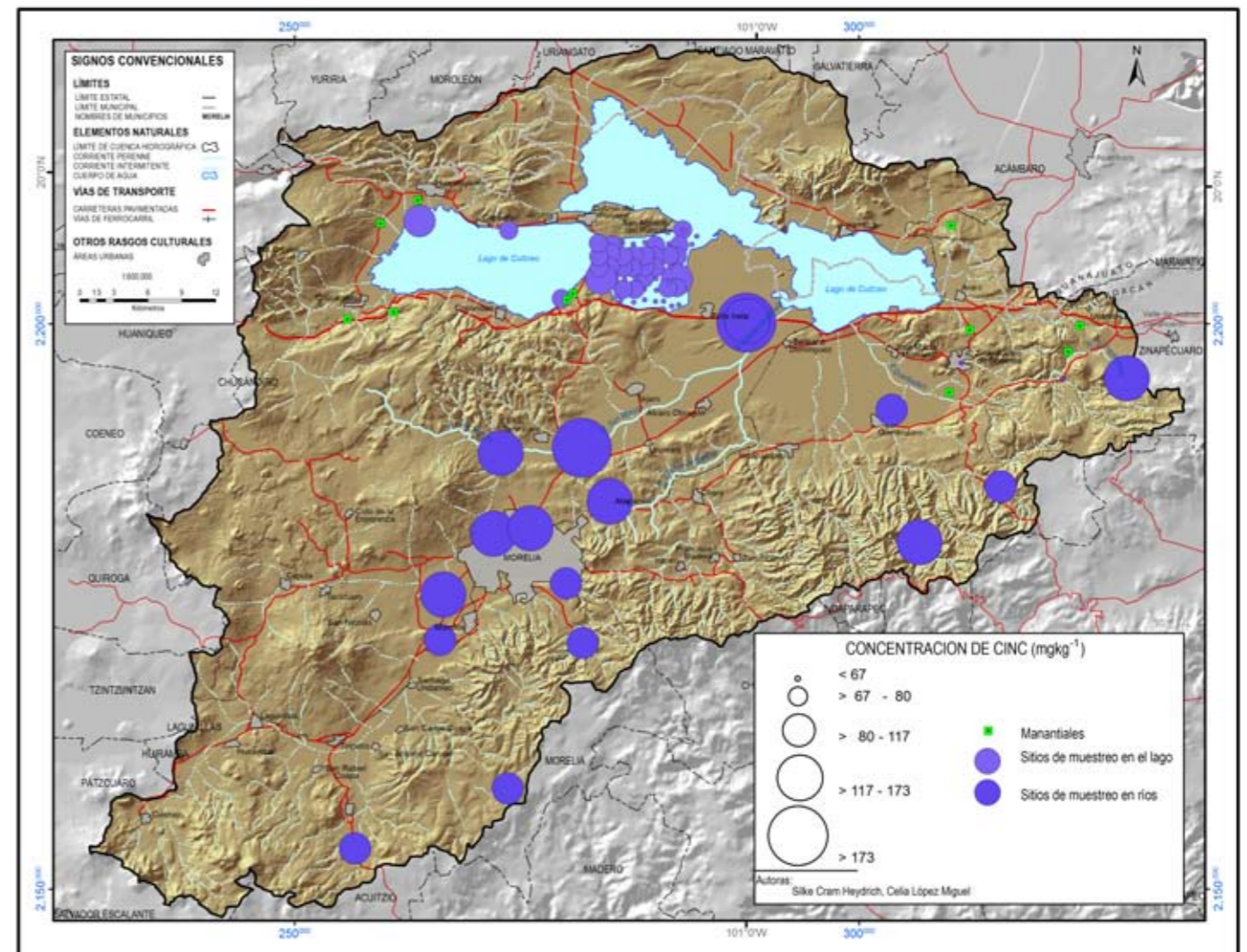
## 6.6 TENDENCIAS ESPACIALES DE LA CONTAMINACIÓN

en rejilla en el centro del mismo y su tratamiento geoestadístico. La visualización de las posibles rutas de acceso de estos elementos al vaso se infirió a partir de muestras de sedimentos superficiales del perímetro del lago y de sedimentos fluviales. Para tener una referencia de los EPT que se presentan de forma natural se cuantificaron dichos elementos en muestras de diatomita, salitre y caliza de la zona, materiales reconocidos como origen de los sedimentos de este lago.

Con los resultados de distribución obtenidos para As y Zn, se pudieron ajustar un par de modelos geoestadísticos ( $r^2= 0.88$ ) lo que indica que el gradiente espacial que muestran los valores de estas características adopta una variación predecible a esta escala, no así para Pb, Ni, Cd y Cu ( $p=0.05$ ), cuyo patrón espacial de distribución no es modelable, es decir, las muestras cambian de concentración abruptamente de un punto de muestreo a otro (1 Km).

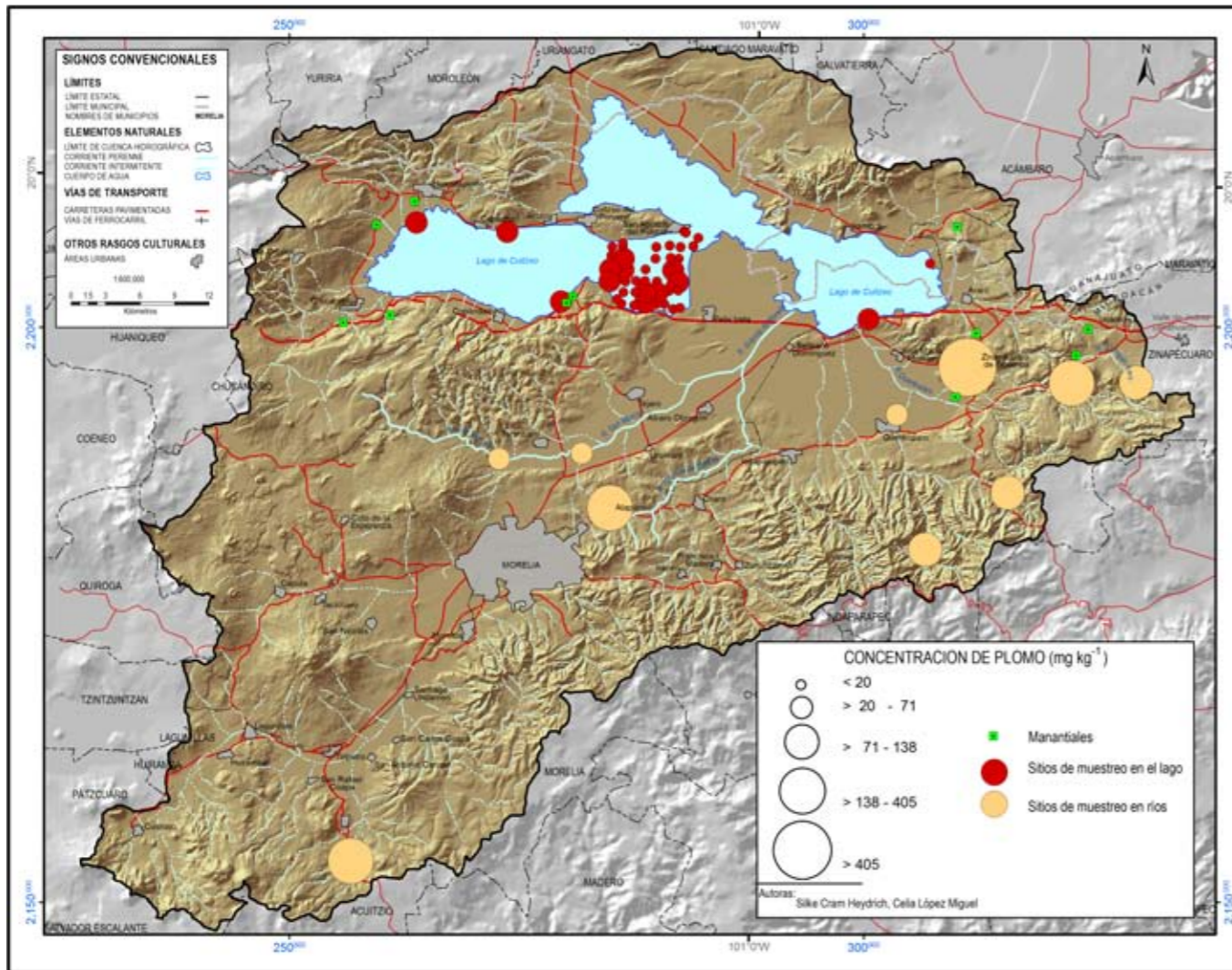
La distribución de los metales presentes en los sedimentos de los ríos y del lago se muestra en los mapas. Para el As (Mapa 6.6b1) se identificó una distribución “natural de fondo”, indicando que se trata de un elemento cuyas altas concentraciones pueden derivar de una cámara magmática subterránea que enriquece los manantiales con As y otros elementos, o de la lixiviación de materiales ricos de este elemento como lavas, ignimbritas y cenizas del entorno del lago (Gráfica 1). La ruta de acceso de este elemento al lago coincide con la dirección en la que se encuentran las fuentes de aguas termales de la zona (Zinapécuaro y Los Azufres) y de los manantiales que están alrededor (Araró-Zimirao, Huandacareo, Coro, San Agustín del Maíz, San Agustín del Pulque, San Juan Tameo, El Hervidero y Chucándiro) del lado este, y probablemente también dentro del mismo (Galindo, 2005), comprobando los reportes de que las concentraciones de As tienden a aumentar en asociación con procesos hidrotermales (Tello, 1983; Bhattacharya *et al.*, 2002; Alfaro *et al.*, 2002; Birkle y Merkel, 2002).

Para el Zn (Mapa 6.6b2) también se identificó una distribución “natural de fondo”, aunque su distribución no sigue patrones tan claros como la del As, lo que hace suponer que es afectada por aportes antrópicos. Por lo anterior, se analizará su distribución en la cuenca junto con el resto de los elementos contaminantes. En la Gráfica 2 se aprecia que particularmente para el Pb (Mapa 6.6b3) y para el Cu (Mapa 6.6b4) se presentaron concentraciones más altas en los sedimentos de ríos que en los del lago; probablemente debido a que los impactos en ríos son más intensos, puntuales o frecuentes que en el lago. Por otro lado, los valores obtenidos para Cd (Mapa 6.6b5), As y Zn en el material parental analizado fueron menores a los de los sedimentos, indicando un leve aporte externo. Finalmente, en relación a los valores PEL, el Zn y el Cd tanto en ríos como en el lago observan valores menores al límite, en tanto que el Ni, Cu, Pb y Cr presentan en promedio, valores en sedimentos fluviales por encima, mientras que el promedio de As rebasa el límite tanto en los fluviales como en los lacustres, por lo que puede representar un problema de toxicidad ecológica.

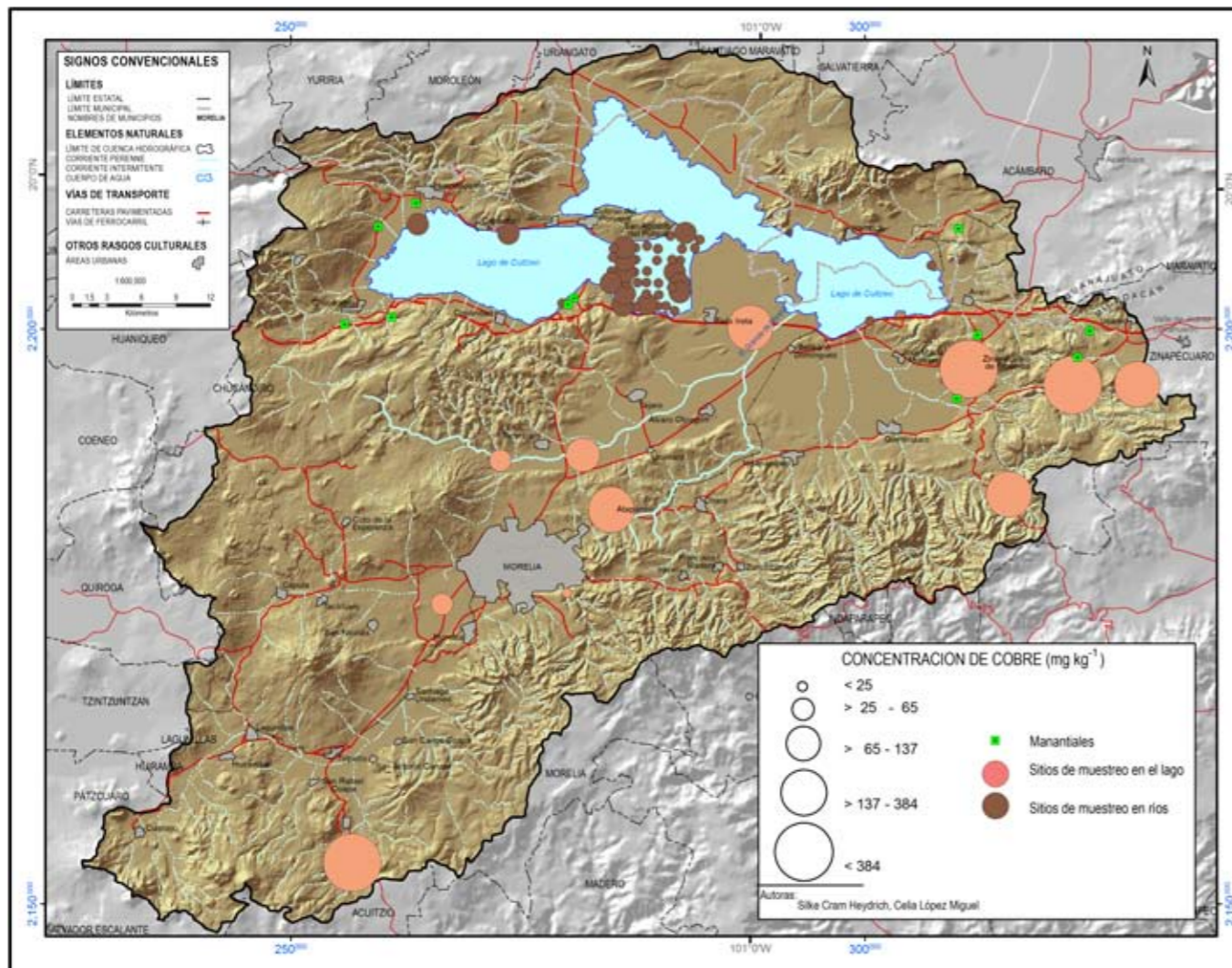


Mapa 6.6b2 - Concentración de cinc

Mapa 6.6b3 - Concentración de plomo

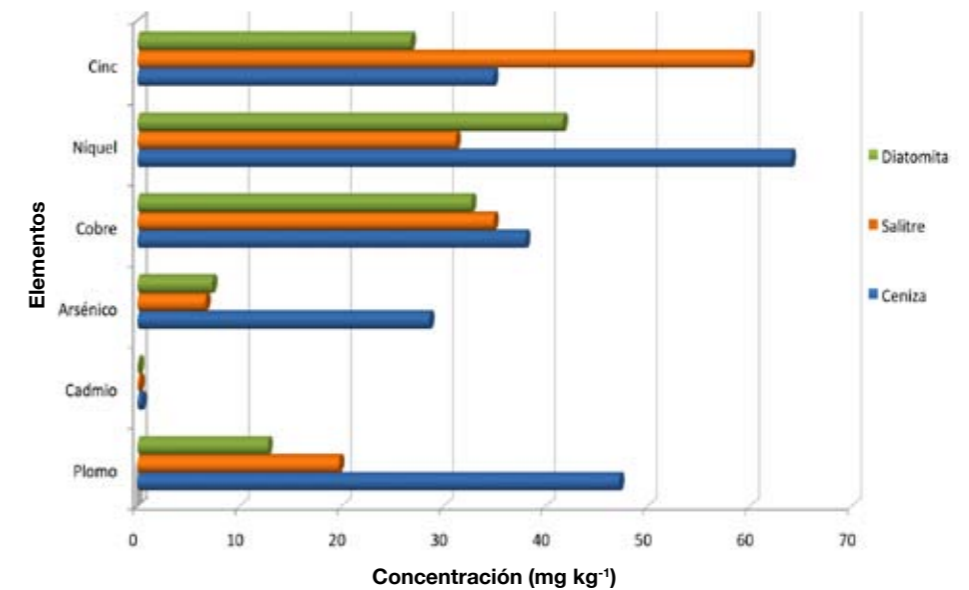


Mapa 6.6b4 - Concentración de cobre



Los Mapas 6.6b2 al b6 muestran de forma detallada la distribución de estos EPT en la cuenca, se observa que algunos sitios localizados en partes elevadas presentan concentraciones más altas que río abajo, lo que parece indicar que no existe un proceso acumulativo de EPT a lo largo de los ríos. Esto a su vez sugiere que los EPT provienen de vertimientos locales y pueden quedar atrapados en los sedimentos o verse sujetos a un proceso de dilución río abajo. Tal es el caso del sitio al extremo suroeste de la cuenca, cuyos altos valores de Ni, Cd y Cu se ajustan a esta situación, por lo que se sugiere un monitoreo del mismo.

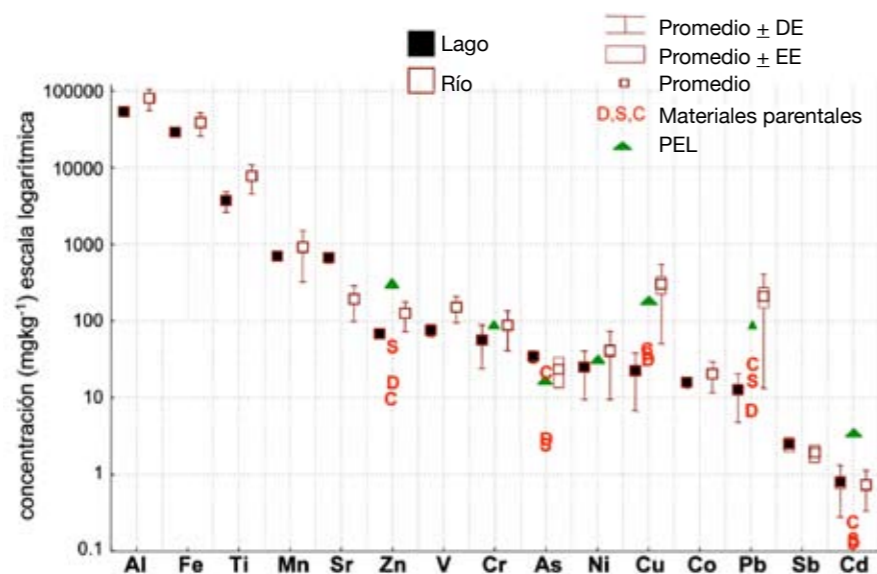
La distribución del Ni en sedimentos (Mapa 6.6b6) de ríos sugiere su ingreso al lago principalmente por el oeste, transportado tanto por el Río Grande de Morelia como por el Río Chiquito. En tanto que el río Zinapécuaro al este presenta concentraciones relativamente bajas en todo su curso. En cambio, la distribución de Cu en los sedimentos del río apunta a que este elemento ingresa al lago preferentemente por el este, a través del río Zinapécuaro. Las razones de tal comportamiento rebasan los alcances de este estudio.



Gráfica 1. Contenidos de elementos potencialmente tóxicos en materiales naturales del lago de Cuitzeo (diatomita, salitre y ceniza).

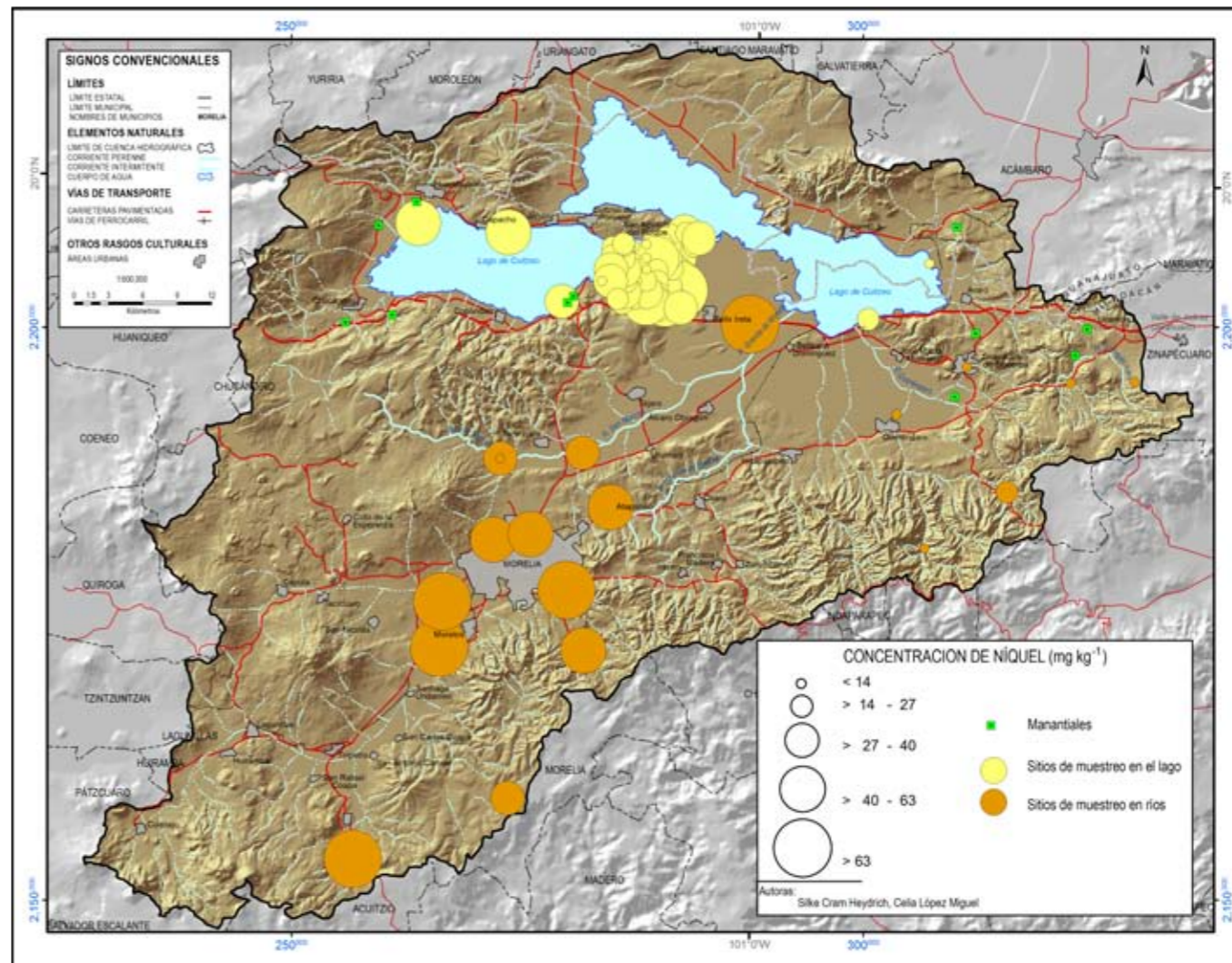
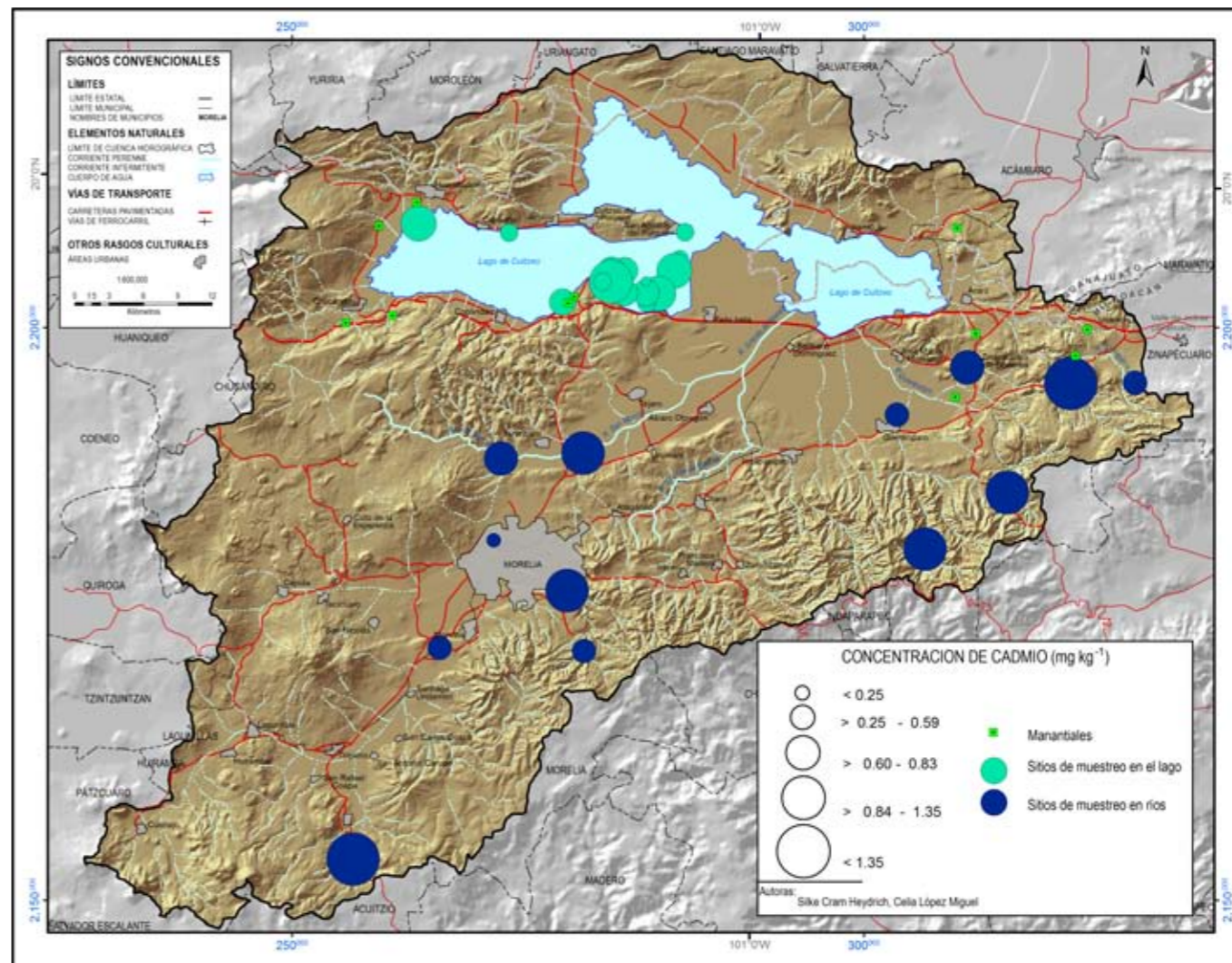
En resumen, los sitios que rebasaron los PEL para el As corresponden a los tres sitios donde se tomaron muestras en el río Zinapécuaro al este del área, y en varios puntos dentro del lago. El Cu y el Pb rebasan sus respectivos PEL en siete sitios correspondientes a los ríos ubicados principalmente al este y algunos al sur del vaso del lago. El Ni rebasó el límite aceptable en algunas muestras del lago, del Río Grande y del Río Chiquito al oeste del lago (Gráfica 2; Mapas 6.6b1 al b6).

El muestreo llevado a cabo en ríos permitió identificar rutas de acceso de algunos EPT al lago, pero es necesario complementarlo para identificar las fuentes de contaminantes y establecer un programa de monitoreo en sitios que representan un riesgo.



DE - Desviación Estándar, EE - Error Estándar, PEL - Límite de Efecto Probable

Gráfica 2. Contenido de metales en sedimento superficial del lago de Cuitzeo (rejilla) y ríos de la cuenca. La concentración está en mgkg<sup>-1</sup> en escala logarítmica. Se muestran también los contenidos de metales en materiales naturales del lago (D - diatomita, S - salitre, y C - ceniza) y los valores del PEL (Δ Buchman, 1999).



## 6.6c Elementos Contaminantes al Interior del Lago

**Pilar Fernández Lomelín**  
**Irene Sommer Cervantes**  
**Claudia Ponce de León Hill**

**Carlos Díaz Ávalos**  
**Verónica Becerra**  
**Silke Gram Heydrich**

Las actividades humanas como la agricultura, la ganadería, la industria y las relacionadas con la estructura urbana (el transporte y la disposición de residuos sólidos y líquidos) son en gran medida las causas directas o indirectas del deterioro de los lagos (De la Lanza y García, 1995). En la cuenca del lago de Cuitzeo la industria se encuentra poco desarrollada, por lo que se identifican diversas fuentes potenciales de contaminantes, como las derivadas del tránsito vehicular (emisiones, desgaste de neumáticos y de asfalto) en las carreteras cercanas al lago que podrían aportarle elementos potencialmente tóxicos (EPT) como Plomo (Pb), Vanadio (V), Níquel (Ni), Zinc (Zn) e hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAPs). También son importantes fuentes de contaminación las actividades agrícolas y pecuarias en el área, ya que utilizan abonos y fertilizantes (precursores de eutrofización) e insumos para el control de plagas y prevención de enfermedades (Folke, 2002). En esta zona se aprovecha la madera, cuyo tratamiento puede aportar Arsénico (As), Cromo (Cr), Cobre (Cu), Estaño (Sn), Zn y HAPs. Por otro lado, las actividades urbanas generan aguas municipales y residuales que aportan materia orgánica, sales y fósforo al lago. Otras fuentes cuya contribución de EPT es difícil de establecer son las gasolineras, imprentas, talleres mecánicos, industria fotográfica y otras como la elaboración de cerámica, cemento y asfalto con aportes potenciales de hidrocarburos, tricloroetano, tetracloroetano, tetracloruro de carbono, Aluminio (Al), Cu, Pb, Platino (Pt), Cadmio (Cd), Cr, Mercurio (Hg), Zn, As, Selenio (Se), PCBs, Azufre (S) y Asbesto (ISO, 1995).

Estos EPT pueden entrar al lago por diversas rutas, ya sea por vía aérea o fluvial, ya que sus afluentes pueden contener residuos o contaminantes que se han incorporado durante su trayecto a través de la cuenca. A este respecto, al lago de Cuitzeo se vierten las aguas residuales de las poblaciones aledañas, así como aquéllas provenientes de la capital del estado conducidas por el Río Grande de Morelia (Izurieta *et al.*, 2002). Esta agua se aprovecha en el regadío del valle en los municipios de Charo, Álvaro Obregón y Tarímbaro, por lo que el cauce original ha sido modificado, dando origen a una serie de canales de riego que cruzan la zona conocida como El Bordo y alcanzan el lago al sur y al oeste en zonas con vegetación acuática, principalmente tule. Este capítulo ilustra la distribución espacial de los elementos considerados como contaminantes al interior del lago.

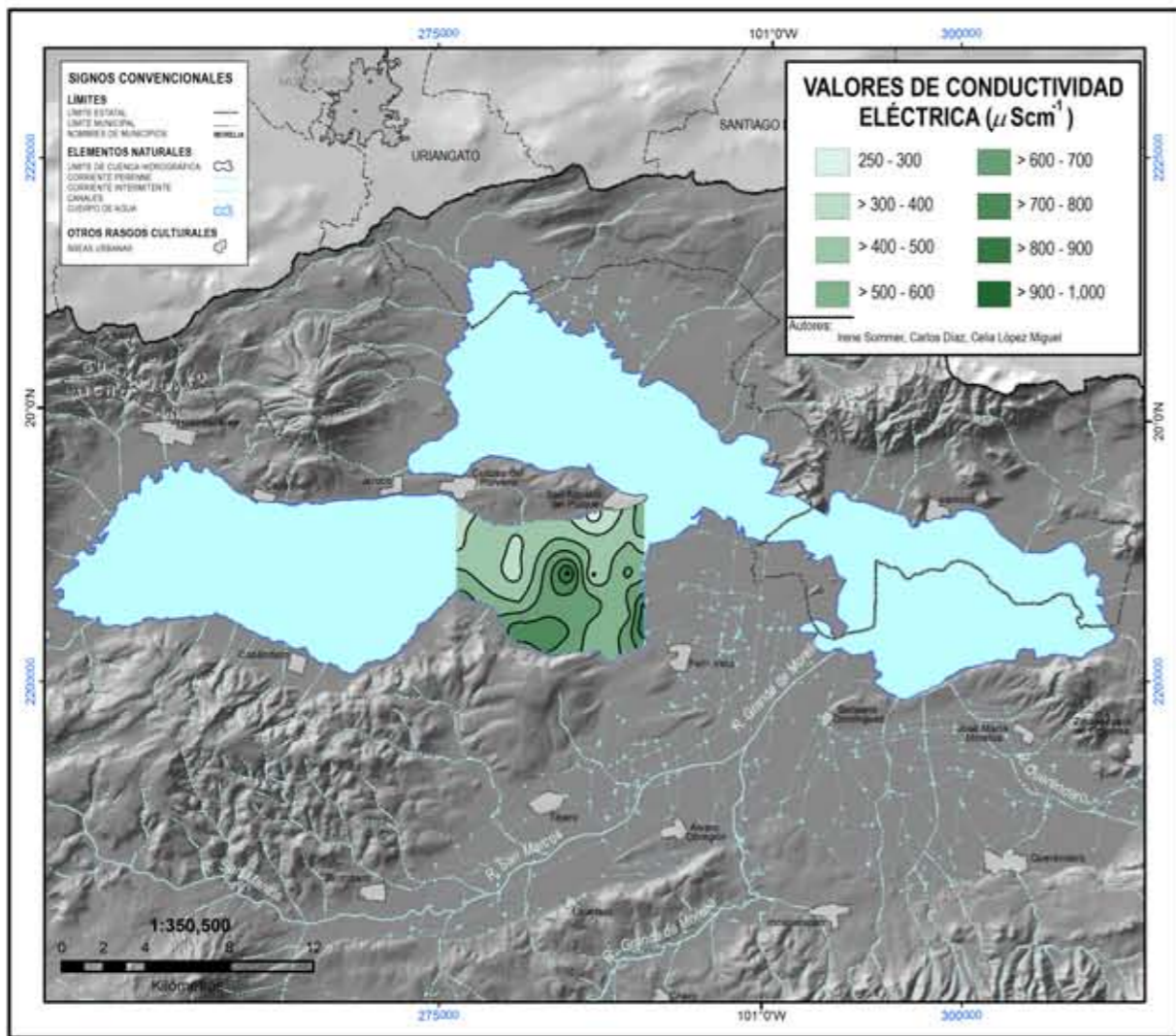
Para ello, se midió la conductividad eléctrica (CE) y las concentraciones de fósforo (P), carbono orgánico (Corg), epóxidos (subproducto de plaguicidas) y los elementos V, Zn, Ni, Cu, As, Pb, Antimonio (Sb) y Cd en 47 muestras de sedimento superficial muestreadas en rejilla (1,000x1,000 m). Los análisis de laboratorio y estadísticos se ajustan a lo señalado en la introducción.

Las variables CE, Corg, P, epóxidos, As y Zn mostraron una distribución que permitió el ajuste de un modelo geoestadístico ( $p=0.05$ ), considerando el área del lago incluida en la rejilla de muestreo (Tabla 1). En los Mapas 6.6c1 al c4 se

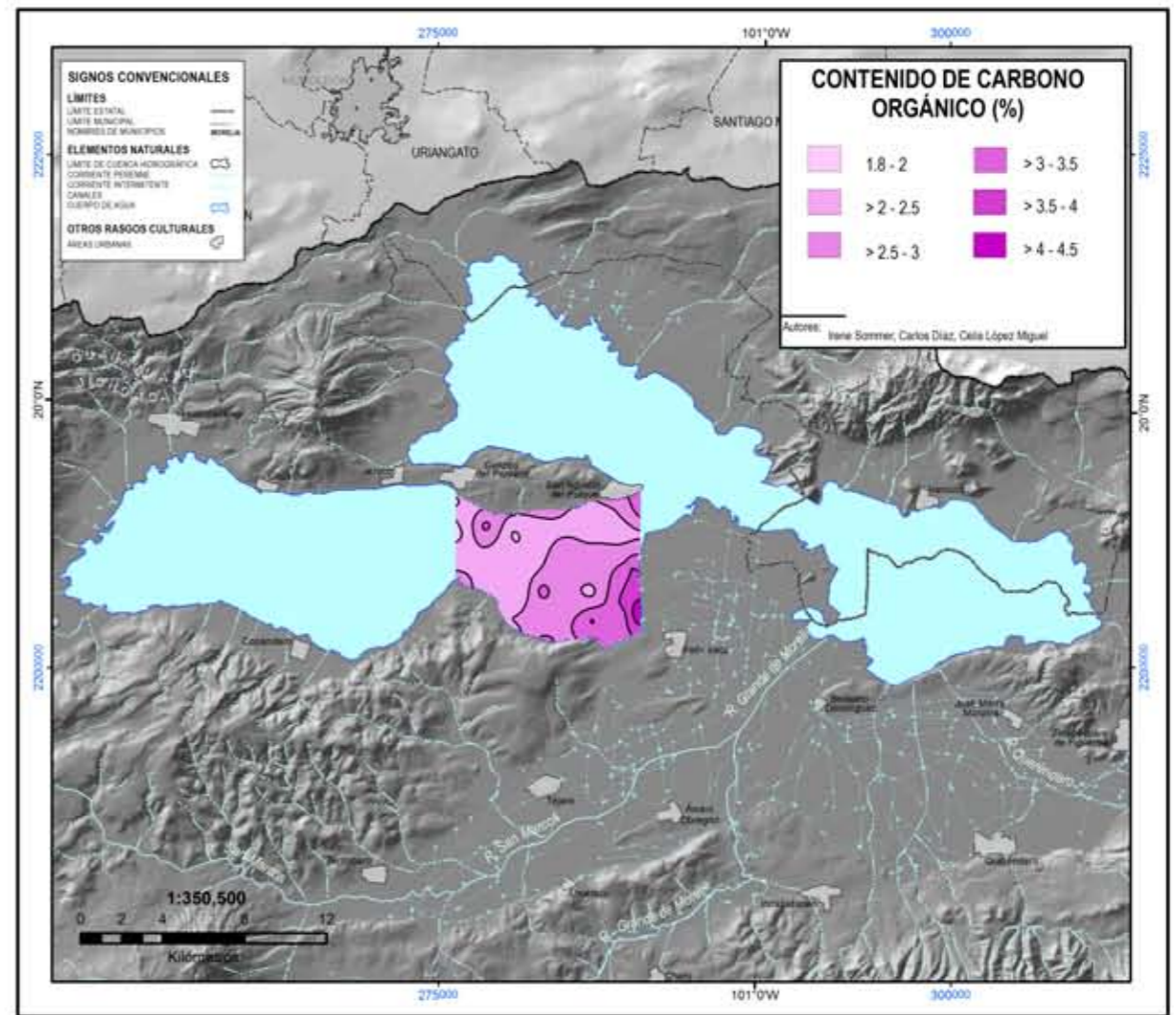
observa una zona con influencia de actividades agropecuarias al sureste, ya que registra un aumento en la CE ( $911 \text{ mS cm}^{-1}$ ) y concentraciones mayores de Corg (3.9%), P ( $27 \text{ mgkg}^{-1}$ ), epóxidos de heptacloro ( $840 \text{ ngg}^{-1}$ ), de Zn ( $90 \text{ mgkg}^{-1}$ ) y de As ( $51 \text{ mgkg}^{-1}$ ) con respecto a los valores de estas mismas variables en el resto del área. Este sitio coincide con el desagüe de la zona agrícola de El Bordo (Distrito de Riego Queréndaro) que es irrigada con agua del Río Grande de Morelia.

Para el As y el Zn se pudo ajustar un modelo de distribución que representa una “distribución geogénea de fondo”. Con respecto al As, se trata de un elemento cuyas altas concentraciones derivan de los procesos naturales en la zona (Mapa 6.6c3), lo que se sustenta por las altas concentraciones ( $70$  a  $750 \text{ mgkg}^{-1}$ ) encontradas en un núcleo extraído del centro del lago (Israde-Alcántara *et al.*, 2007) y las concentraciones también elevadas en los ríos (ver Capítulo 6.6b), que proviene muy probablemente de la actividad hidrotermal propia de esta zona. Para el Zn, los valores presentan poca variabilidad (coeficiente de variación  $<10\%$ ), con valores más altos en el área sureste influenciada por actividades agropecuarias y en un sitio al suroeste (Mapa 6.6c4).

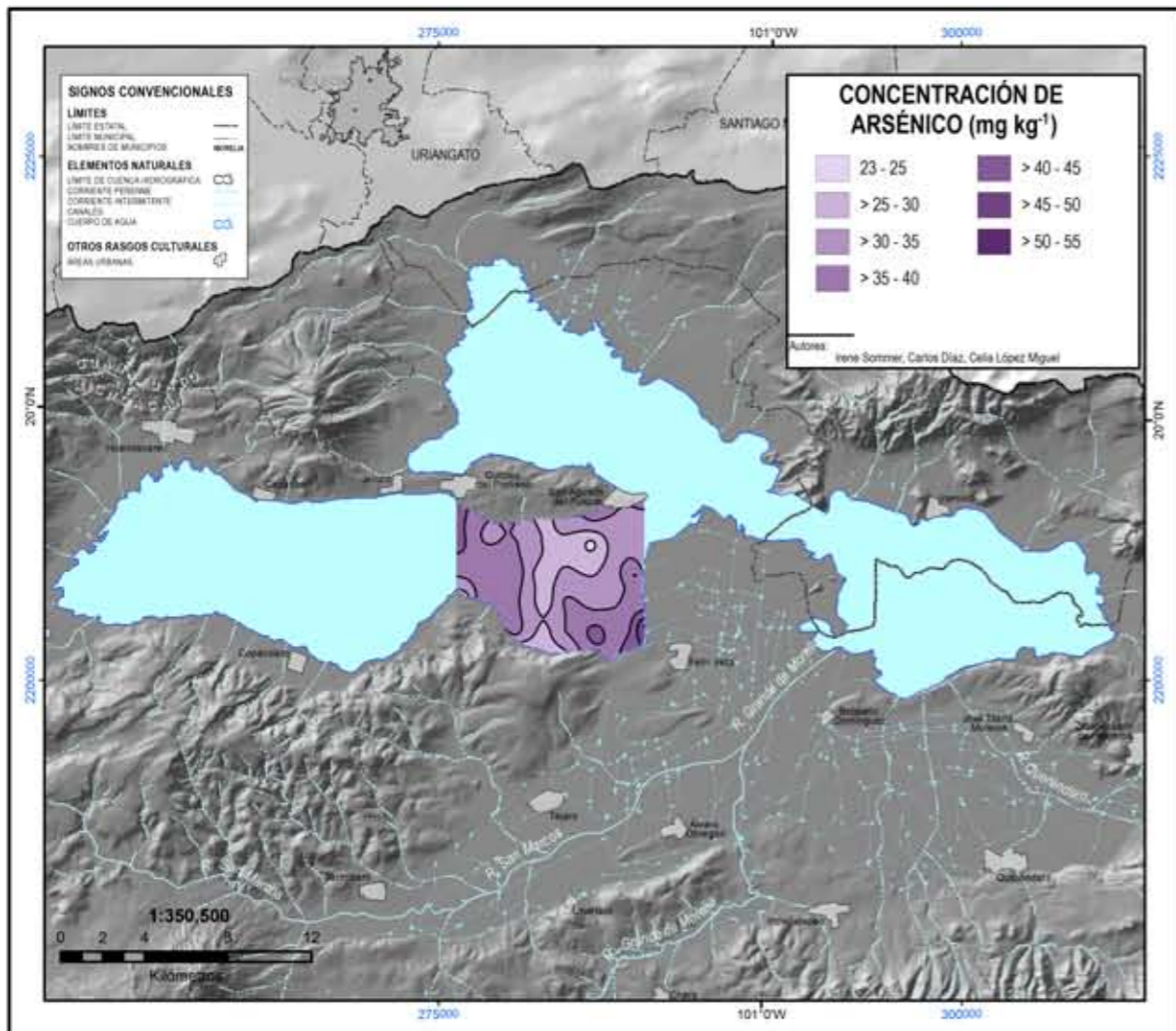
Las concentraciones de Pb, Ni, Cd, Cu y Sb no fueron susceptibles de modelación geoestadística, debido a la gran cantidad de muestras que tuvieron valores por debajo de los límites de detección del método analítico, o sea que



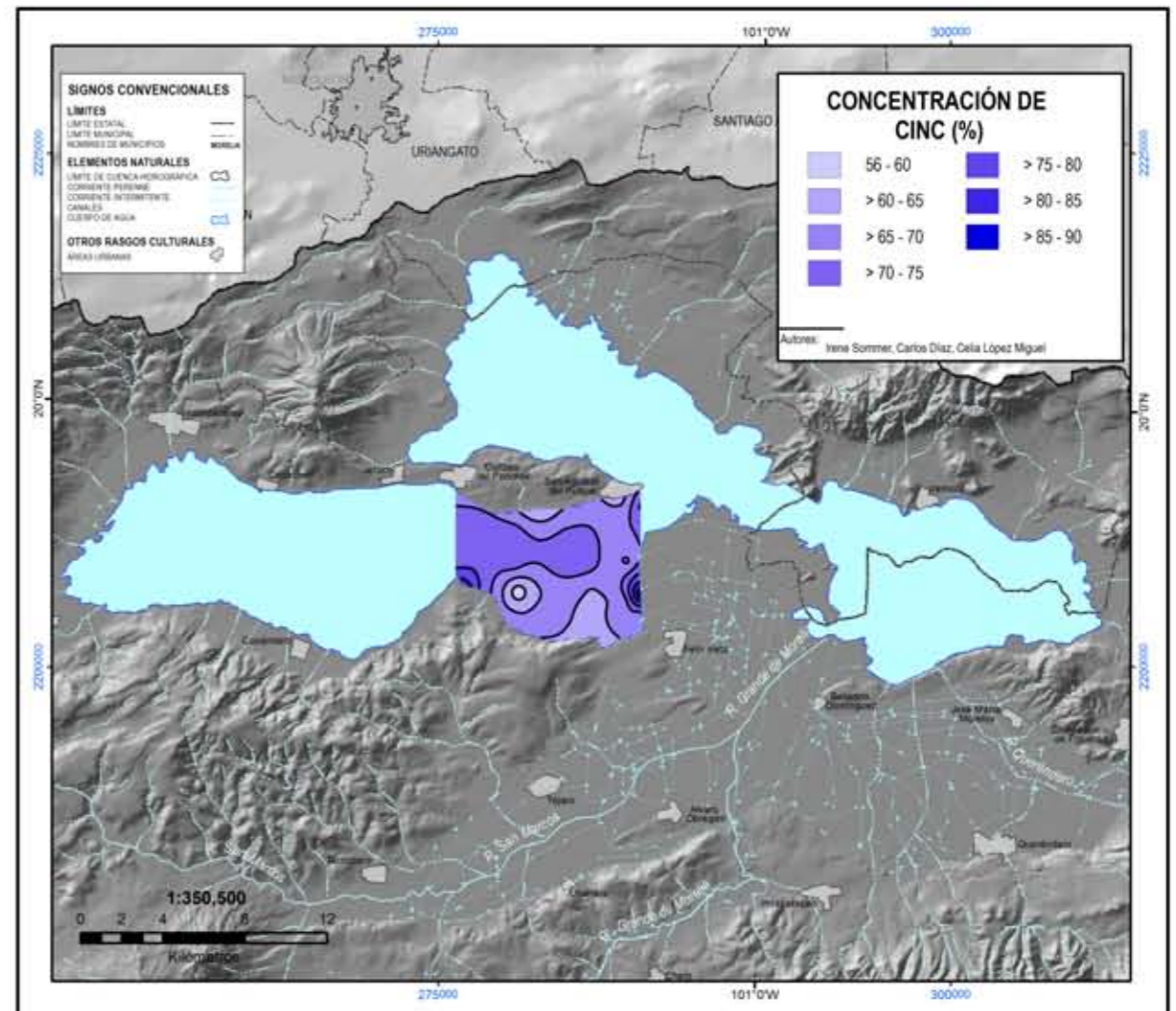
Mapa 6.6c1 - Conductividad eléctrica



Mapa 6.6c2 - Contenido de carbono orgánico



Mapa 6.6c3 - Concentración de arsénico



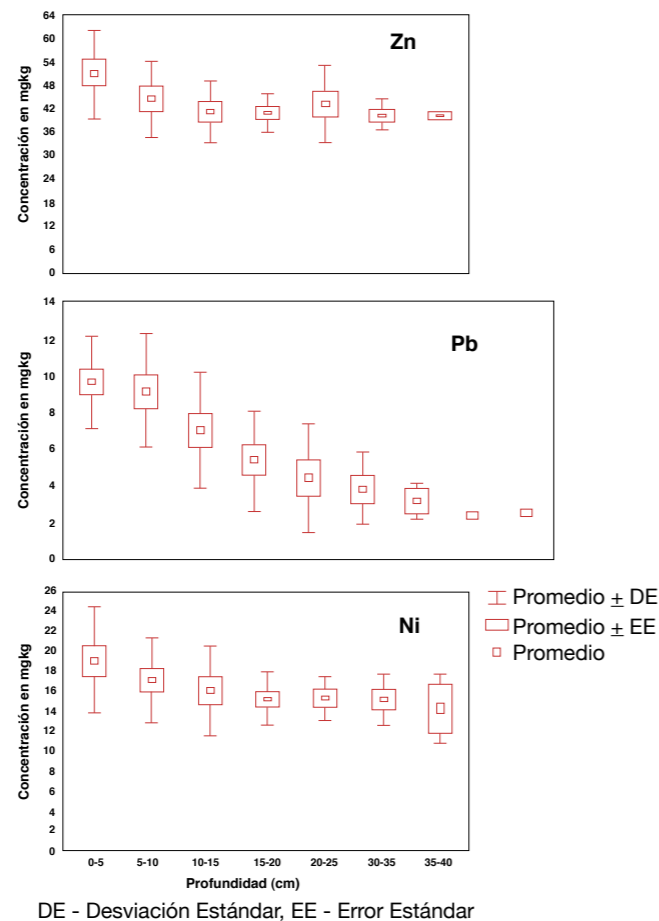
Mapa 6.6c4 - Concentración de cinc



## 6 EL LAGO DE CUITZEO

en la mayor parte del área presentan valores no detectados con este método. No obstante a lo anterior, la distribución espacial al interior del lago de estos contaminantes señala puntos o zonas de “enriquecimiento” locales, que sugieren que estos elementos se han incorporado por actividades antrópicas que por causas naturales. Una evidencia de esto es que las magnitudes siempre fueron mayores en sedimentos superficiales que en capas más profundas (Gráfica 1), lo que señala que este enriquecimiento se llevó a cabo en época reciente (Martínez, 2004). Una de las probables fuentes de emisión de Pb, Ni, Zn y V es el transporte (ISO, 1995), lo cual se corrobora por la distribución espacial del Pb, en donde se observan concentraciones más altas al sur, cerca de la autopista, y al oeste, donde la carretera cruza el lago (Gráfica 2), mientras que esto no es tan evidente para Ni, Zn y V.

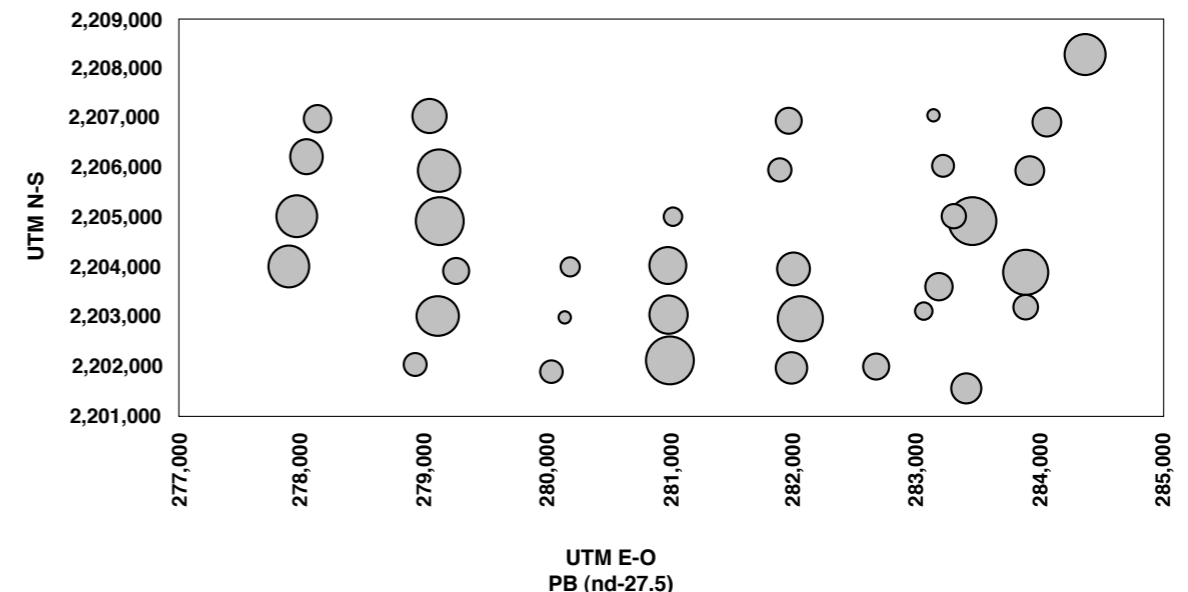
Un caso particular, localizado en la ribera suroeste, mostró concentraciones totalmente atípicas (diferentes al común de los valores encontrados), exhibiendo valores máximos del área muestreada en las variables: Cr (208 mgkg<sup>-1</sup>), Ti (5666



Gráfica 1. Variaciones con respecto a la profundidad de Zn, Pb y Ni en núcleos de sedimentos de la periferia del lago de Cuitzeo.

mgkg<sup>-1</sup>), Sb (24 mgkg<sup>-1</sup>), V (117 mgkg<sup>-1</sup>), Epóxidos (5150 ngg<sup>-1</sup>), Co (22 mgkg<sup>-1</sup>) y Zn (87 mgkg<sup>-1</sup>) y una CE de 680 mS cm<sup>-1</sup>. Este sitio coincide también con los valores de pH más bajos y una profundidad anormalmente somera (60 cm con respecto a una media de 147 cm) delimitando una acumulación no sólo de EPT, sino de otros materiales. Sin embargo, esta información no nos permite identificar su origen.

La concentración promedio de los metales en orden descendente fueron: V>Zn>Ni>Cu>As>Pb>Sb>Cd (Tabla 2). Esta secuencia no implica un ordenamiento en peligrosidad, puesto que se refiere a concentración total y no a su toxicidad. Para ello se utilizan límites máximos establecidos en diversas normatividades, por ejemplo, el propuesto por Buchman (1999) para el nivel de efecto probable sobre los organismos (PEL, por sus siglas en inglés); (Tabla 3). A este respecto, la concentración de As en todas las muestras analizadas del área de estudio es superior a los valores reportados como PEL para sedimentos de agua dulce (Tabla 3). Debe recordarse que en el área hay fuentes de As no atribuibles a actividades humanas. Los niveles de Ni son mayores al PEL, específicamente en el área de desagüe (sureste), influenciada por actividades agrícolas. También se encontró que la concentración de epóxido de heptacloro rebasa los niveles mencionados, lo que refleja una acumulación de plaguicidas y sus derivados en el lago, tanto en el sureste como en el área atípica al suroeste.



Gráfica 2. Distribución espacial del plomo en sedimentos del lago de Cuitzeo.

**Tabla 1. Parámetros de los variogramas ajustados.**

Variable	Modelo ajustado	Pepita Co (nugget)	Meseta Co+C (sill)	Rango Ao (range)	Rango efectivo	Proporción (C/Co+C)	r <sup>2</sup>
Arsénico mgkg <sup>-1</sup>	Esférico isotrópico	0.0004	0.0369	3,470	3,470	0.989	0.879
Conductividad Eléctrica (CE) mS cm <sup>-1</sup>	Esférico Isotrópico	0.0044	0.0809	3,220	3,220	0.946	0.828
Epóxidos de heptacloro mgkg <sup>-1</sup>	Esférico Isotrópico	1.699	4.356	10,380	10,380	0.610	0.684
Carbono orgánico (Corg) %	Esférico Isotrópico	0.00756	0.0366	8,730	8,730	0.794	0.946
Fósforo (P) mgkg <sup>-1</sup>	Esférico Isotrópico	0.0001	0.1942	6,370	6,370	0.999	0.951
Cinc (Zn) mgkg <sup>-1</sup>	Esférico Isotrópico	0.69x10 <sup>-3</sup>	8.83x10 <sup>-3</sup>	2,570	7,710	0.922	0.877

**Tabla 2. Estadística descriptiva de las muestras obtenidas en el lago de Cuitzeo.**

Variable	N	Media	Mínimo	Máximo	Desviación estándar
Arsénico (As) mgkg <sup>-1</sup>	47	34.6	17.4	51.0	6.1
Plomo (Pb) mgkg <sup>-1</sup>	35	12.6	<LD (1.1)	27.6	7.8
Níquel (Ni) mgkg <sup>-1</sup>	43	25.1	<LD (2.2)	78.0	15.6
Cadmio (Cd) mgkg <sup>-1</sup>	13	0.8	<LD (0.2)	2.3	0.5
Cobre (Cu) mgkg <sup>-1</sup>	36	22.5	<LD (2.1)	58.0	15.8
Cinc (Zn) mgkg <sup>-1</sup>	47	68.4	56.1	89.7	6.6
Vanadio (V) mgkg <sup>-1</sup>	47	76.1	46.0	117.2	13.2
Antimonio (Sb) mgkg <sup>-1</sup>	46	2.5	<LD (0.1)	23.7	3.3
Carbono orgánico (Corg) %	47	2.8	1.6	4.5	0.6
Fósforo (P) mgkg <sup>-1</sup>	47	16.5	7.4	40.5	7.1
Conductividad eléctrica (CE) mS cm <sup>-1</sup>	47	546	247	936	151
Epóxidos de heptacloro mgkg <sup>-1</sup>	47	192	1	840	797

LD: límite de detección.

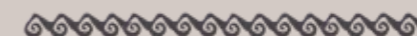
**Tabla 3. Valores de Nivel de Efecto Probable (PEL) para varios elementos.**

PEL	As	Cd	Cr	Cu	Pb	Ni	Zn	Epóxidos
mgkg <sup>-1</sup>	17	3.53	90	197	91.3	35.9	315	0.00274

Fuente: Buchman, 1999.

### Conclusiones

- En términos generales se observan tres áreas diferenciales en la concentración de elementos: a) la sureste, con aportes del Distrito de Riego y aguas municipales; b) la ribera noroeste del área estudiada es la que parece estar menos influenciada por actividades humanas en la zona, c) el suroeste, un sitio con concentraciones atípicamente altas de EPT cuyo origen es desconocido.
- El Fe y Al presentaron una distribución que podría considerarse de origen geogéneo. El Ti, Zn y As presentan una distribución que parece involucrar efectos geogéneos, dado que pudieron modelarse significativamente sin dificultad; pero mostrando ciertos sitios con concentraciones más altas que el resto del área (contaminación probable). La distribución de Pb, Cu, Ni y Cd se apega a lo esperado para elementos contaminantes (no hubo posibilidad de ajustar un modelo geoestadístico a esta escala), sin que esto signifique que su origen sea necesaria y/o únicamente antrópico. Es recomendable continuar este tipo de estudios para definir más los niveles de fondo para esta zona.
- El carbono orgánico y la conductividad eléctrica resultaron buenos indicadores de áreas probablemente contaminadas, en tanto que el pH no resultó adecuado para ello debido a la alta capacidad amortiguadora de los sedimentos lacustres.
- Es necesario evaluar los efectos ecotoxicológicos que representan estas concentraciones para los organismos del lago, ya que los contenidos totales no necesariamente reflejan el riesgo al que están expuestos. Por otro lado, falta establecer si la actividad humana tiene una influencia en el aumento de la disponibilidad de estos elementos. Es importante analizar los efectos de la incorporación de aguas residuales con altos contenidos de materia orgánica sobre las formas químicas del As.
- Los mapas geoestadísticos son una herramienta útil que permite comparar patrones geogéneos vs. patrones debidos a las actividades humanas, para así identificar la presencia de contaminantes aun en áreas con una mineralogía muy variada.



## Características Socioeconómicas de las Zonas Ribereñas

### 6.7a Manejo del Tule

**Celia Franco Gaona**  
**Silke Cram Heydrich**  
**Leopoldo Galicia**

Después de la pesca, el tule es la actividad de mayor relevancia en el lago de Cuitzeo; tiene importancia tanto cultural y económica como ecológica. Culturalmente, ha sido utilizado y manejado por los pobladores establecidos en la ribera del lago, por lo que han desarrollado una serie de técnicas que permiten procesarlo para la comercialización. Económicamente, algunos pobladores obtienen ingresos de su venta; además, con el tule se elaboran petates y una gran variedad de artesanías que al venderse complementan el ingreso de varias familias. Ecológicamente, el tule es considerado un filtro natural de las aguas residuales que llegan al lago provenientes de la ciudad de Morelia.

La información sobre el manejo del tule fue obtenida por medio de un estudio de participación social. Las herramientas utilizadas fueron entrevistas abiertas a personas que se dedican a esta actividad y a quienes elaboran petates y artesanías; se destacaron aspectos del manejo a lo largo del año (calendarios estacionales) y se realizó su recopilación histórica.



Fotografía: Celia Franco

En el lago de Cuitzeo existe una gran variedad de plantas acuáticas. El tule (*Typha dominguensis* y *T. angustifolia*) crece particularmente en la zona centro norte y centro sur. La población reconoce el tule amarillo, que es más ancho y muy escaso, y al tule delgado o chuspata, que es más abundante y se utiliza para la elaboración de diversos objetos.

El manejo del tule es realizado principalmente en San Agustín del Pulque y la elaboración de petates en este mismo lugar y en Mariano Escobedo, municipio de Cuitzeo. Esta actividad consiste en extraer el tule durante los meses de marzo a noviembre, cuando es de mayor calidad, pues de diciembre a febrero se mancha por el frío, por lo que se quema en estos meses para que crezca tule nuevo. Para su extracción se utilizan lanchas de madera debido a que pueden cargar un mayor peso.

El recorrido hasta los lugares donde está el tule es de dos a tres horas. Después de haberse cortado, se extiende, se limpia y se dejar secar al sol durante siete u ocho días en época de estiaje y de ocho a quince días en temporada de lluvias. Finalmente se hacen los manojos para su venta. El tule se vende en la comunidad, en la región y en diferentes partes del país; su costo en el 2006 era de 70 pesos por manajo, del cual se elaboran de 12 a 14 petates.

Un artesano puede elaborar con el tule hasta 40 figuras diferentes, como abanicos, cristos, jirafas, canastas, entre otras. Una persona puede tejer de tres a ocho petates en una semana; en el 2006 el costo era de 15 pesos cada uno. Los ingresos obtenidos semanalmente por la venta del tule eran de 350 a 500 pesos, mientras que por la elaboración de los petates de 45 a 180 pesos. Tanto la extracción de tule como la elaboración de petates son actividades que se están abandonando debido a los bajos precios. En la década de 1970 se formó una organización para buscar mejores precios a los productos, pero diversos problemas administrativos provocaron que se desintegrara. A partir de 1975, en las localidades de San Agustín del Pulque y Mariano Escobedo, aproximadamente 50% de la población empezó a trabajar en fábricas ubicadas en Moroleón, Uriangato, Morelia y 20% emigró a Estados Unidos de Norteamérica, por ello, actualmente sólo de 15 a 20 personas extraen tule, alrededor de 100 elaboran petates y 20 hacen artesanías.

En cuanto a la problemática relacionada con el manejo del tule y la elaboración de petates se ha señalado que son actividades que requieren mucho tiempo, son cansadas y el precio que se paga por los productos es muy bajo. Asimismo, las instituciones gubernamentales brindan escasos apoyos para estas actividades.

El manejo del tule y la elaboración de petates son parte del conocimiento local para el manejo de los recursos naturales del lago de Cuitzeo, adquirido a través de generaciones, por lo que sería necesario buscar mecanismos económicos, sociales y políticos que favorezcan esta tradición. Por otro lado, es importante destacar que el manejo del tule, lejos de favorecer su deterioro, contribuye a su incremento, aspecto favorable en términos ecológicos.



Fotografía: Leticia Gómez

### 6.7b Actividad Pesquera

**Celia Franco Gaona**  
**Silke Cram Heydrich**  
**Leopoldo Galicia**

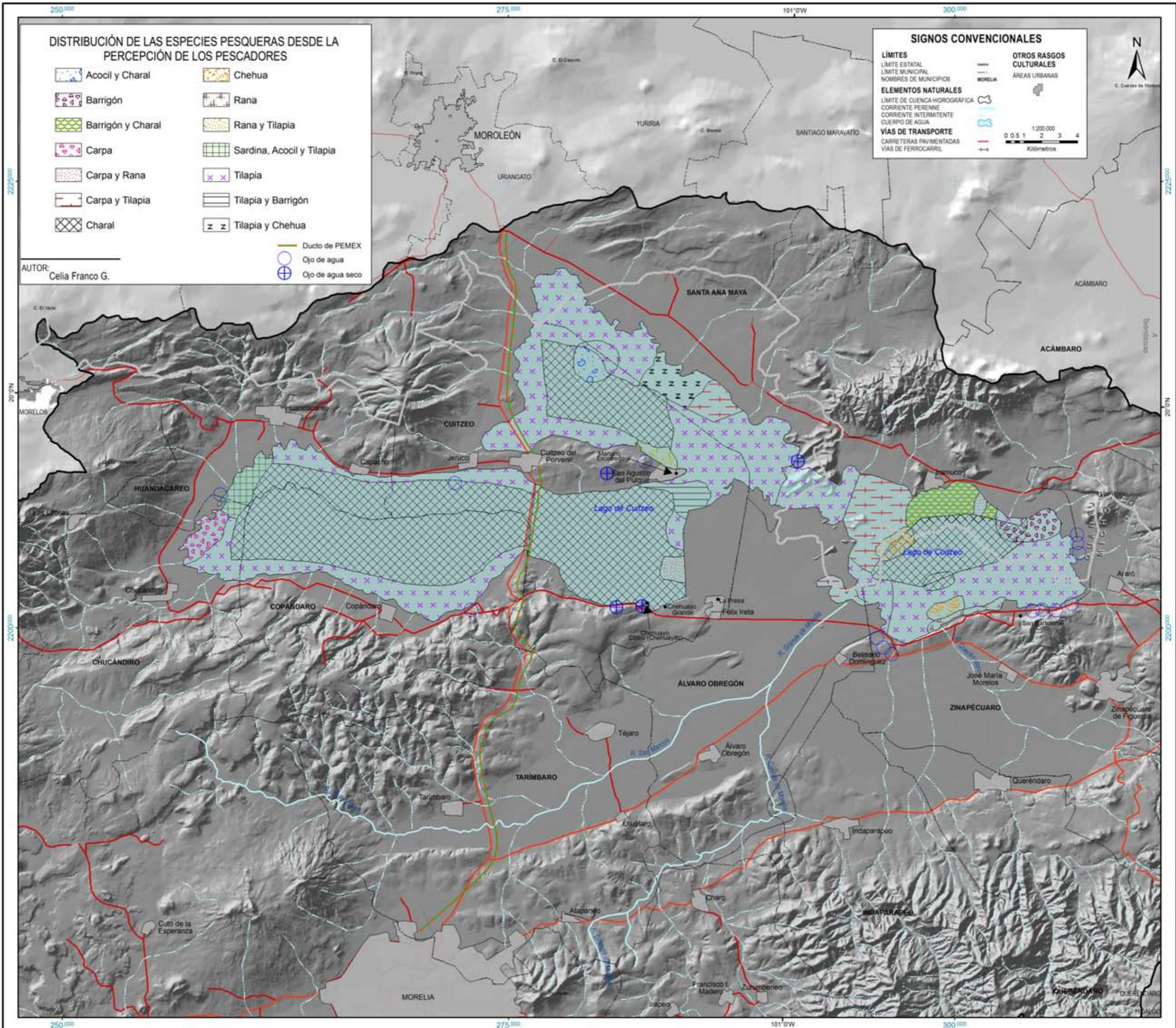
**E**n el lago de Cuitzeo, históricamente, la pesca es la actividad económica más importante. Las principales especies comerciales son el charal (*Chirostoma jordani*), la mojarra o tilapia (*Oreochromis niloticus* y *O. aureus*), la carpa (*Cyprinus carpio* y *Carasius auratus*), el acocil (*Cambarellus montezumae*) y la rana (*Rana montezumae*). Sin embargo, eventualmente en la temporada de sequía se extraen otros recursos, como el mosco (*Buena sp.* y *Noctonecta sp.*) y la conchilla (*Pisidium abditum*). Actualmente, esta actividad es realizada por alrededor de 1,500 pescadores de los municipios ribereños de Michoacán (Huandacareo, Chucándiro, Copándaro, Cuitzeo, Álvaro Obregón, Santa Ana Maya y Zinapécuaro) y de Guanajuato (Acámbaro); (Compesca, 2004).

Para recopilar los conocimientos que poseen los pescadores del lago de Cuitzeo sobre la pesca, se realizaron cuatro talleres en las localidades de Mariano Escobedo y San Agustín del Pulque (municipio de Cuitzeo), La Presa y Chehuayo (municipio de Álvaro Obregón). Se aplicaron herramientas de la metodología de Evaluación Rural Participativa. En primer lugar, los pescadores elaboraron dos mapas de la distribución de las especies pesqueras, los cuales se complementaron. Posteriormente, se realizaron entrevistas individuales y grupales para abordar el manejo pesquero. Finalmente, se llevó a cabo un recorrido por el lago para precisar la información, que se procesó en el programa *Arc view* para la realización del mapa final (Mapa 6.7b).



Fotografía: Silke Cram Heydrich

Imagen: Uso de una red agallera o tumbo para la pesca.



## 6 EL LAGO DE CUITZEO

Para la extracción pesquera se requiere de permisos de pesca, los cuales se tramitan en la SAGARPA, y son de tres tipos: 1) charal, 2) especies con escama (tilapia y carpa) y 3) rana. El mosco y la conchilla no requieren de permiso, al igual que el acocil.

En la extracción de charal se utiliza la red de chinchorro, que es de arrastre y tiene forma rectangular, y luz de malla de 0.5 a 1.5 cm, pero está prohibida por la Ley de Pesca debido a que atrapa peces pequeños y huevecillos; aunque en el lago se ha mantenido su uso debido al bajo volumen de pesca. El charal se localiza en el área llamada “abra”, ubicada en la parte central del lago. En su extracción se utiliza generalmente lancha de fibra de vidrio con motor y participan cuatro pescadores, ambos aspectos permiten la manipulación de la red. El ingreso del producto es dividido entre los cuatro participantes y el dueño de la lancha, por lo que las ganancias se reducen considerablemente.



Fotografía: Brenda Ávila Flores

El acocil se distribuye en el centro del lago, aunque también se ubica en áreas llamadas “bancos”, que se caracterizan por presentar suelo de tepetate y localizarse en las orillas del lago. Esta especie es extraída con el charal en las redes de chinchorro.

Para la extracción del mosco y la conchilla se emplea una red similar a la del charal, pero con luz de malla más cerrada. Estos recursos son muy importantes económicamente cuando disminuye el nivel de agua de 0-50 cm en algunas áreas del lago. En este caso la manipulación de la red también se realiza entre cuatro personas, pero no se utiliza lancha.

En la pesca de mojarra y carpa se emplea una red fija, llamada agallera. Los pescadores que se dedican a esta actividad trabajan de manera individual, poseen una lancha de madera que les permite desplazarse en un área relativamente pequeña donde tienen instaladas sus 25 o más redes, las cuales son alargadas con una longitud de 10-50 m, tres de ancho y luz de malla de 3½ a 3¼ cm. Estas especies se localizan hacia las orillas del lago, por lo que las redes son colocadas en forma perpendicular en esas zonas, siguiendo el movimiento de la corriente, pero fuera de las áreas de tular.

La extracción de la rana es una actividad reciente, alrededor de 20 años, que ha incrementado los ingresos de los pescadores en forma considerable por su alto precio en el mercado. Esta especie es atrapada de noche, con ayuda de una lámpara y una fisga (palo largo con una punta de acero). Las ranas se localizan en las orillas del lago, en áreas específicas donde hay vegetación, como coture.

La problemática pesquera es muy amplia. Entre los conflictos más señalados por los pescadores están los bajos precios de los productos, la ausencia de coordinación para vender, la falta de respeto por las reglas entre pescadores organizados y libres, la contaminación del agua que afecta la calidad del pescado y los periodos de desecación del lago, los cuales generan conflictos por los espacios de pesca y por el agua entre pescadores y pobladores y/o agricultores. Asimismo, el problema que preocupa a investigadores y representantes de instituciones pesqueras es la pérdida de especies nativas del lago, probablemente por la introducción de clases exóticas como la tilapia y la rana.



## 6.7 CARACTERÍSTICAS SOCIOECONÓMICAS DE LAS ZONAS RIBEREÑAS



Fotografía: Brenda Ávila Flores



### 6.7c Prácticas Agrícolas en Áreas Ejidales

**Celia Franco Gaona**  
**Silke Cram Heydrich**  
**Leopoldo Galicia**

**A**ctualmente la cuenca del lago de Cuitzeo se encuentra repartida en tres formas de propiedad: ejidal (68.2%), comunal (19.7%) y pequeña propiedad (12.1%), reportándose 22,765 campesinos (45%) que no poseen tierra (SAGARPA, 2006). Del total de superficie de la región, el 24% es de temporal y el 10% es área de riego, en esta última se encuentra comprendido el Distrito de Riego 020 Morelia-Queréndaro con una extensión de 31,724 ha (alrededor del 7%) (SAGARPA, 2006; Ávila, 2002).

La información sobre las actividades agrícolas se recabó a través de la participación social. Las herramientas aplicadas fueron entrevistas semiabiertas a agricultores de los municipios de Álvaro Obregón y Tarímbaro, los cuales poseen áreas ejidales que se encuentran muy cerca del lago. Los temas de mayor interés comprendieron las prácticas agrícolas y los productos químicos que se utilizan en la producción. La identificación de estos últimos se considera básica en la comprensión de la contaminación y deterioro del lago.



Fotografía: Rodrigo Sagardia

Los principales productos agrícolas de la región son: maíz, sorgo, trigo, alfalfa, avena y hortalizas. Las prácticas agrícolas en general son: rastrear, barbechar, surcar o hacer la melga (el último para la alfalfa), sembrar, aplicar primera y segunda dosis de fertilizante en el momento requerido, escardar, emplear plaguicidas y herbicidas, hacer dos rayas y tablón, y cosechar. Las actividades inician en febrero-marzo y terminan en septiembre-octubre; sin embargo, estas fechas varían de acuerdo a la siembra, en particular para la producción de hortalizas que se cultivan en periodos de dos a cuatro meses.

El cultivo de maíz es de temporal o de riego. En este último, la producción varía entre 2 y 10 ton/ha, que depende de la calidad de la tierra, el acceso al agua y el tipo de semilla, la cual puede ser criolla (charqueña o pinta) o certificada (Pioner, Cal o Novasen). La aplicación de fertilizante se realiza de dos a tres veces durante su desarrollo: en la siembra, cuando la planta es mediana (cerca de 40 cm) y cuando alcanza su tamaño final. Los tipos usados y la dosis son variables (Tabla 1). La siembra se alterna anualmente con alfalfa o avena para mejorar la producción de maíz. Durante el crecimiento del maíz se presentan diferentes plagas, como: trip, gallina ciega, gusano de alambre, gusano cogollero, grillo y diabrotica, las cuales se combaten con insecticidas específicos (Tabla 2). Las malezas son eliminadas con herbicidas para hoja delgada (Tabla 3). El valor del maíz para el año 2007 era de 1,300 pesos/ton para la semilla criolla y de 2,200 pesos/ton para la híbrida.

En el cultivo de sorgo, la siembra se realiza con sembradora. La semilla que se utiliza es certificada y el fertilizante es el mismo que en el maíz. Generalmente

## 6.7 CARACTERÍSTICAS SOCIOECONÓMICAS DE LAS ZONAS RIBEREÑAS

se adquiere un paquete tecnológico que incluye ambos. El sorgo tiene un rendimiento de cinco a 12 ton/ha; la variación depende en gran parte del uso del paquete tecnológico. Se realizan dos aplicaciones de fertilizante (Tabla 1). En este cultivo se produce gran cantidad de hierba por lo que se utilizan abundantes tipos de herbicidas (Tabla 3). No se utiliza insecticida porque se presentan pocas plagas. La semilla de sorgo costaba 1,600 pesos/ton en el 2007. Es usado principalmente como alimento para el ganado porcino.

La avena es de riego y su semilla se siembra a puños. Tarda cuatro meses en crecer (abril a noviembre) y se utiliza también paquete tecnológico. El fertilizante se aplica tres veces: durante la siembra, cuando la planta es de tamaño mediano

(30 cm) y en la fase de adulto (Tabla 1). Su uso es para forraje, por lo que no se utiliza insecticida. Los herbicidas se usan poco (Tabla 3). La producción varía entre seis y siete ton/ha, haciéndose sólo un corte; se obtienen de 150 a 200 pacas/ha. En el 2007 cada una tenía un valor comercial de 25 a 27 pesos.

En el cultivo de la alfalfa primero se siembra y después se riega, si tiene mucha hierba se hace un segundo barbecho y segundo rastreo. Generalmente tiene mucha maleza por lo que se aplican varios herbicidas (Tabla 3). La semilla que se utiliza es nativa, regularmente no se utilizan fertilizantes, aunque los agricultores recomiendan aplicar nitrógeno con fósforo al inicio de la temporada de lluvias o en el primer riego (Tabla 1). Se utilizan insecticidas para plagas como el grupo

**Tabla 1. Algunos fertilizantes utilizados en los cultivos en los municipios de Álvaro Obregón y Tarimbaro.**

Cultivos	Fertilizantes	Cantidad aplicada
Maíz	Fertilizante orgánico (Azospirillum brasilense y Gomus intraradices) 50% y triple con fosfato 50%	200-600 kg/ha
	Sulfato de amonio	
	Nitrato	
	Sulfato de urea	
	Cloruro de potasio	
	Camac (calcio y magnesio)	
	Supercalcio triple	
	Supersimple	
Sorgo	Triple + fosfato	200-600 kg/ha
	Sulfato de amonio	
	Cloruro de potasio	
	Calcio triple	
	Camac	
	Supercalcio triple y sulfato de amonio	
	Supersimple	
	Sulfato granulado	
	Nitrógeno y urea	
Avena	Nitrógeno	250-300 kg/ha
	Urea	
	Fosfonitrato	
	Sulfato de amonio	
Alfalfa	Nitrógeno con fósforo	350-600 kg/ha
	Fertilizante orgánico	



y la puerquilla. Los insecticidas empleados en la alfalfa se reconocen como los más peligrosos, entre los cuales están el Paratión metílico, el Malatión, entre otros (Tabla 2). La producción es de 250 pacas/ha en cada corte, se realizan de cinco a nueve cortes/año durante un máximo de cuatro a seis años. En una hectárea se obtienen 16 a 40 pacas, las cuales valían de 15 a 40 pesos en el 2007. La alfalfa se alterna con maíz o avena debido a que se produce mucha hierba.

La SAGARPA beneficia a los agricultores con diversos programas de apoyo. En el caso de los que cuentan con tractor se les ayuda con diesel; por ejemplo, se les otorgaron 400 L/ha en el 2003. Asimismo, se les daba una bonificación de 350 pesos/ton y se favorecían los canales de comercialización. Otro ejemplo es la introducción de fertilizante orgánico en el 2007, del cual el campesino sólo paga el 50%.

Algunos problemas señalados por los agricultores son los bajos ingresos obtenidos por los productos agrícolas y la falta de asesoría en los paquetes tecnológicos, de los cuales se percibe que tienen ventajas y desventajas; por ejemplo, incrementan la producción pero favorecen la salinización del suelo y no es posible sembrar policultivos (maíz-calabaza-fríjol). Otro problema, es una nueva modalidad para la obtención de recursos de las instituciones, que consiste en la elaboración de proyectos, los cuales tienen un costo y se tiene que pagar un porcentaje. El papel de las instituciones es determinante en el mejoramiento de la productividad agrícola; sin embargo, existe un acercamiento escaso a los agricultores para conocer la problemática y realizar una evaluación que permita buscar alternativas viables.

Por otro lado, el uso de la gran cantidad de productos químicos en la agricultura hace necesaria una investigación sobre la cantidad de residuos que llegan al lago y las alteraciones en la calidad del agua (eutroficación y contaminación), de tal manera es necesario un plan de manejo que lleve a un uso adecuado de las sustancias químicas agrícolas.

**Tabla 2. Algunos insecticidas utilizados en los cultivos de los municipios de Álvaro Obregón y Tarímbaro.**

Cultivos	Insectos	Insecticidas	Cantidad
Alfalfa	Puerquilla, trip, gorupo, diabrotica y plagas del suelo	Monoupel	1 L/ha
		Novacrom	
		Paratión metílico	
Maíz	Gusano cogollero, grillo y gallina ciega, Gusano de alambre y diabrotica, palomilla amarilla y trip	Tirano	1 L/ha
		Furadan	1 L/ha
		Lorzban	25 kg/ha
		Dragón	1 L/ha
		Dimetoato	1 L/ha

**Tabla 3. Algunos herbicidas aplicados a los cultivos de los municipios de Álvaro Obregón y Tarímbaro.**

Cultivos	Hierbas o malezas	Herbicidas	Dosis
Maíz	Hoja ancha	Hierbamina	2 L/ha
Sorgo	Hoja ancha	Hierbamina	1-2 L/ha
		Esterón	
Avena	Camalote	Sanzón	1-2 L/ha
	Hoja ancha	Hierbamina (2-4 amina)	
		Fulmina	
		Yerbester	
		Marcel	
	Hierba difícil	Extractur	
Banvel 12-24			
Alfalfa	Hoja delgada	Poas	1-2 L/ha (según maleza)
	Lengua de vaca y Grama		



## 6.7 CARACTERÍSTICAS SOCIOECONÓMICAS DE LAS ZONAS RIBEREÑAS



Fotografía: Brenda Ávila Flores

### 6.7d Prácticas Ganaderas

**Celia Franco Gaona**  
**Silke Cram Heydrich**  
**Leopoldo Galicia**

La ganadería en la cuenca del lago de Cuitzeo es una actividad que se incrementa debido a la facilidad para comercializar el producto. La información sobre el manejo de ganado bovino se obtuvo a través de un estudio de participación social. El trabajo se realizó con ejidatarios de los municipios de Álvaro Obregón y Tarímbaro. Los datos recaudados comprendieron los tipos de manejo del ganado y el uso de sustancias químicas para el cuidado del mismo, cuyos residuos pueden llegar al lago y afectar la calidad del agua.

El ganado bovino en esta región está representado por las razas cebú y charolai, actualmente se prefiere más este último. Su manejo depende de la condición bajo la cual se encuentre: estabulado (en establos) o libre. En estabulado se alimenta con rastrojo, sorgo molido y maíz. El costo es más elevado pero se tiene más control de los animales y se asegura la producción; esta forma de manejo se percibió más en Tarímbaro. En el manejo libre se alimenta básicamente de pasto llamado checame (*Distichys spicata*); el área aproximada por cabeza de ganado es de una hectárea de pastizal, pero cuando el pasto está seco se les da alfalfa o rastrojo. El ganado libre se localiza en áreas de terreno común en la propiedad ejidal, por ejemplo para las localidades de Las Trojes (municipio de Álvaro Obregón) y Téjaro (municipio de Tarímbaro) que se encuentran sobre la ribera del lago.

En general, se aplican pocas sustancias químicas al ganado en ambas formas de manejo. Para la eliminación de las garrapatas se les dan baños cada seis meses con un líquido llamado Asuntol, para desparasitar se les administra Vermetina y se vacunan para la fiebre carbonosa.

Un semental de ganado charolai tenía un costo de 30 mil pesos en el 2007. Las crías se venden a partir de los seis meses a tres años de edad; el costo variaba de 2,500 a 6,000 pesos. Por ejemplo, cuando se tienen 800 cabezas pueden llegar a venderse de 25 a 100 becerros al año. El dinero de la venta, en el caso de que éste sea común, se utiliza para diversos proyectos que benefician a la comunidad; por ejemplo, la reparación de una bomba de agua, la realización de canales de desagüe, la construcción de caminos, la compra de tractores y de bombas para extraer agua, etc. Los representantes del ejido o la comunidad son los responsables de hacer las asambleas en las que se decide el número de becerros que se venden cada año y el uso que se le dará al dinero.

La SAGARPA es la institución responsable de apoyar a los ganaderos. En general, el mecanismo para recibir la ayuda es a través de la elaboración de proyectos realizados por investigadores o estudiosos del tema. Por ejemplo, entre los apoyos que han recibido está la compra de sementales de la raza charolai, donde los ganaderos pagan el 30% del costo total y SAGARPA el 70%; otros son la construcción de establos, canales, caminos, etc.

Entre los problemas que surgen por el manejo del ganado libre, señalados por los ejidatarios, están la inadecuada administración y la falta de asesoría. Sin embargo, destacan que generalmente no tienen pérdidas a diferencia de la agricultura, que cada vez es menos rentable, además de contar con varios apoyos de las instituciones gubernamentales para mejorar el manejo y la producción ganadera.

En relación a la problemática ambiental se encontró que el uso de sustancias químicas es escaso; sin embargo, no existe un uso de los excrementos del ganado en el manejo libre, de tal manera que los residuos llegan al lago, incrementando la eutroficación. Asimismo, los terrenos que anteriormente pertenecían al lago, actualmente son utilizados para el ganado y la actividad agrícola, esta situación, además de favorecer la pérdida de bienes y servicios ambientales, genera conflictos entre diversos actores sociales.



## 6.7 CARACTERÍSTICAS SOCIOECONÓMICAS DE LAS ZONAS RIBEREÑAS

Fotografía: Marcela Galindo





# CONSIDERACIONES FINALES



Fotografía: Laura E. Villaseñor Gómez



**E**n la cuenca del lago de Cuitzeo, como en todo territorio, sus componentes natural, social, económico y político (normativo-institucional) son contexto en el que se inscriben las relaciones entre el ser humano y su entorno. La sociedad convierte los elementos naturales en recursos y se establece conforme a patrones de distribución que obedecen tanto a características del medio ambiente como a procesos histórico-económicos; la población es el motor y la razón de ser de las actividades económicas y es resultado de sus intereses, valores, avances tecnológicos y su inserción en el contexto global, nacional y/o regional.

Los efectos ambientales de los asentamientos y actividades humanas se entienden y prevén en la medida en que se desarrolla una comprensión clara de la naturaleza, sus características, distribución y procesos implicados; éste es el caso del lago de Cuitzeo, reflejo de la dinámica que ocurre en su cuenca. El conocimiento de la misma podría hacer viable un desarrollo sostenible que permita el aprovechamiento adecuado de sus recursos, por lo que este atlas integra y divulga datos espaciales existentes.

La información se presenta por capítulos: medio físico, biológico y socioeconómico, que conjuntan 49 contribuciones, las cuales suman 81 mapas a diferentes escalas, desde sinópticas (1:5,000,000) hasta de reconocimiento y de semidetalle (1:200,000). Se incorporan los trabajos de 82 autores provenientes de 21 entidades. Las escalas de representación permiten un acercamiento a nivel de cuenca, subcuenca y municipio, que es útil para la planeación regional, el inventario de recursos, la visualización de las tendencias de desarrollo urbano y los cambios de uso de suelo; así como para analizar el potencial de desarrollo agrícola y pecuario, la identificación de ecosistemas vulnerables a amenazas específicas y/o la de áreas de protección, considerando la extensión y complejidad de los ecosistemas presentes, además de la identificación de lugares dónde centrar esfuerzos de investigación, manejo, desarrollo, rehabilitación y protección.

La información mostrada en este atlas incluye aspectos sobre la biodiversidad en la cuenca. Así, se reportan 65 especies de mamíferos, siendo los murciélagos y los roedores los grupos mejor representados a la fecha. De aves, se registran 296 especies pertenecientes a 54 familias, 54% de la riqueza avifaunística del estado y el 27.9% de México. Asimismo, la cuenca alberga 4.2% de la herpetofauna del país, entre ellas, 37 especies endémicas; para la ictiofauna actualmente se reportan 6 especies introducidas y 17 nativas, de las cuales 41% se encuentra ya en alguna categoría de protección por los cambios sufridos en los cuerpos de agua, tanto por modificaciones hidráulicas como por contaminación. En cuanto a invertebrados, la información se centra en insectos y arácnidos, y refleja que aún hay mucho por hacer para completar un inventario, así como para establecer el potencial que representan. Se destacan los pocos datos acerca de la biodiversidad bajo el suelo, tema sin duda interesante y prioritario por la enorme reserva genética que alberga y el papel que juega en los ciclos biogeoquímicos.

Respecto a la flora se registran 2,200 especies, la tercera parte de la que se calcula para todo el estado; entre ellas ocho especies de distribución muy restringida, escasas o raras, por lo que los autores de los capítulos relacionados hacen un llamado para la atención y protección a las mismas.

Los temas del capítulo sobre el medio biológico son los que presentan menos mapas, debido a la dificultad intrínseca de traducir esta información en forma cartográfica, lo que denota lagunas de conocimiento por llenar; por ejemplo, describir patrones geográficos de distribución, riqueza y abundancia en relación al medio físico y socioeconómico para identificar patrones específicos, como se hace en el caso de las aves.

Respecto a los avances en términos de la protección de los ecosistemas, son evidentes los esfuerzos a nivel federal y estatal; sin embargo, la mayoría de las áreas naturales protegidas se localizan en zonas de importancia forestal del Sistema Volcánico Transversal. Falta considerar

las áreas que se recomiendan para la protección ecológica en los diferentes capítulos sobre biodiversidad.

Por su parte, los mapas sobre características socioeconómicas abordan, además de los aspectos demográficos, la naturaleza y resultados derivados de las actividades económicas primarias, secundarias y terciarias que imprimen su sello particular a esta región. Esto es imperativo para establecer su relación con el estado actual de los recursos naturales y los nichos por desarrollar, lo que redundará en una previsión más acertada de su posible evolución y en el diseño de políticas ambientales, basadas en el análisis del comportamiento de los componentes involucrados y del papel que desempeñan en el conjunto del sistema territorial.

Por otra parte, el territorio atiende a dos límites que no coinciden: el hidrográfico que responde a la planeación territorial y manejo de los recursos, y el administrativo; situación que dificulta la gestión y protección de los recursos naturales con miras a la sustentabilidad, por ello es necesario integrarlos en una forma sencilla y comparable.

Dada la naturaleza del atlas la vigencia y actualización de la información puede ser un obstáculo en la toma de decisiones. Si bien, se recurre a los datos más actualizados para realizar las investigaciones, al momento de su presentación gráfica pueden parecer obsoletos. Sin embargo, para el monitoreo ambiental y los controles de calidad que evalúan la eficacia de las acciones de planeación y las políticas ambientales, es necesaria la comparación entre diferentes periodos, de tal manera que permitan identificar tendencias y relaciones entre componentes para dirigir los esfuerzos de manejo de acuerdo a los resultados. Por lo anterior,

debe pensarse en la recopilación y actualización constante de datos y en una concepción dinámica de los atlas, utilizando los sistemas de información geográfica, sensores remotos, cartografía computarizada y en el seguimiento y procesamiento continuo de datos en tiempo real.

En este sentido, los datos utilizados para hacer los mapas del medio físico provienen, de acuerdo al tema, de imágenes de satélite, cartografía y trabajo de campo de los años 1991 a 2005. Esto limita el conocimiento de procesos que son muy dinámicos en el tiempo, como son el uso del terreno, las cárcavas y los recursos forestales. Por ejemplo, los mapas no presentan la nueva supercarretera de Morelia a la autopista México-Guadalajara, que sin duda detonará cambios importantes en el uso de terreno a corto plazo; en tanto que las referencias al medio socioeconómico provienen de los censos y bases de datos de los años 2004 a 2006 y se consideran un reflejo de lo que sucede actualmente, aunque la información tendrá que actualizarse con los datos del censo de 2010.

Es así como el *Atlas de la Cuenca del Lago de Cuitzeo* representa un primer acercamiento a la dinámica que acontece en la cuenca la cual tiene implicaciones, no sólo ambientales, sino en la sociedad y sus diferentes ámbitos de acción. Contiene información cartográfica, estadística y descriptiva, resultado de investigaciones y estudios específicos encaminados hacia entender nuestro entorno para evitar su deterioro y promover su conservación.

Dra. Silke Cram, Dr. Leopoldo Galicia  
**Compiladores**  
**Instituto de Geografía, UNAM**

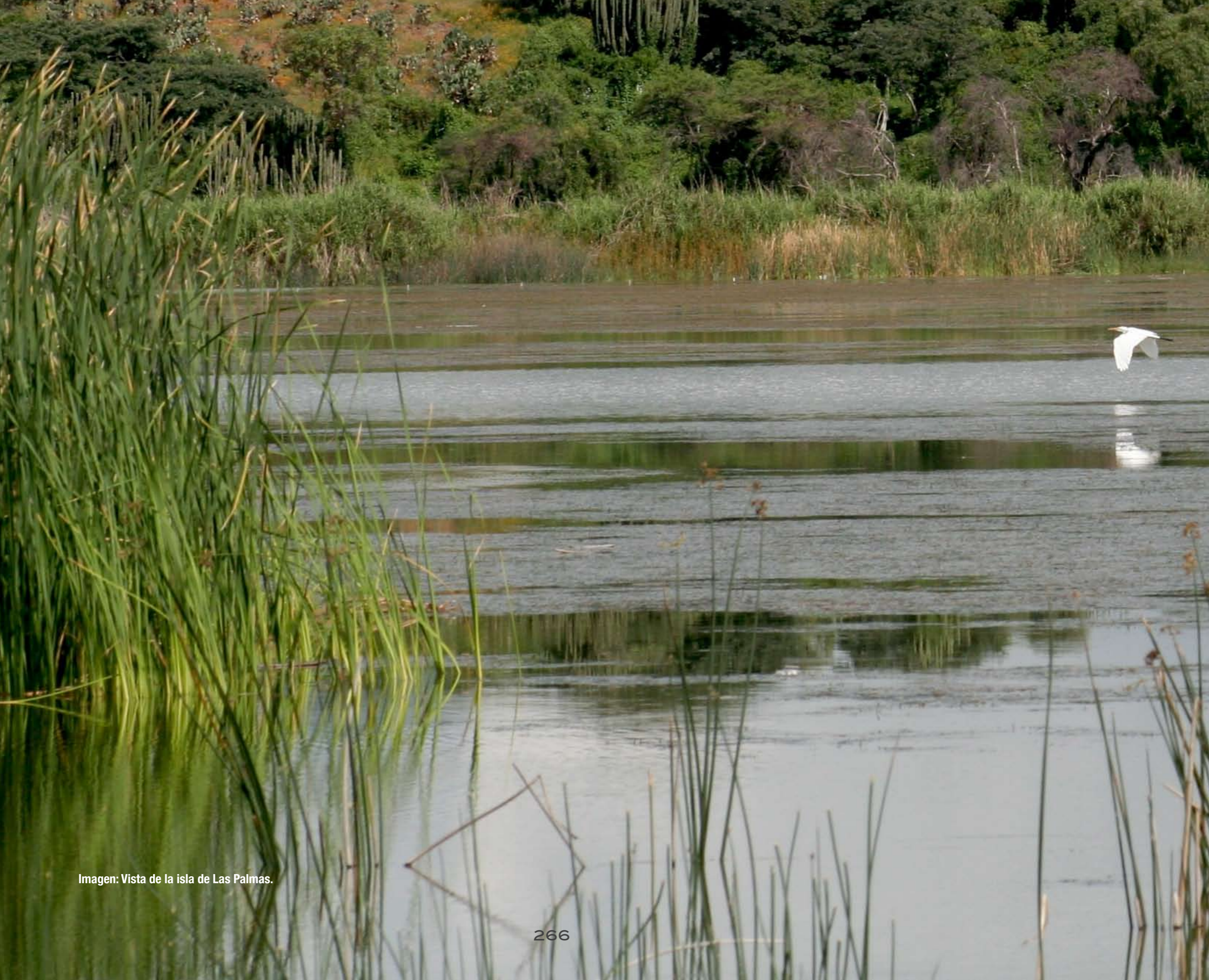
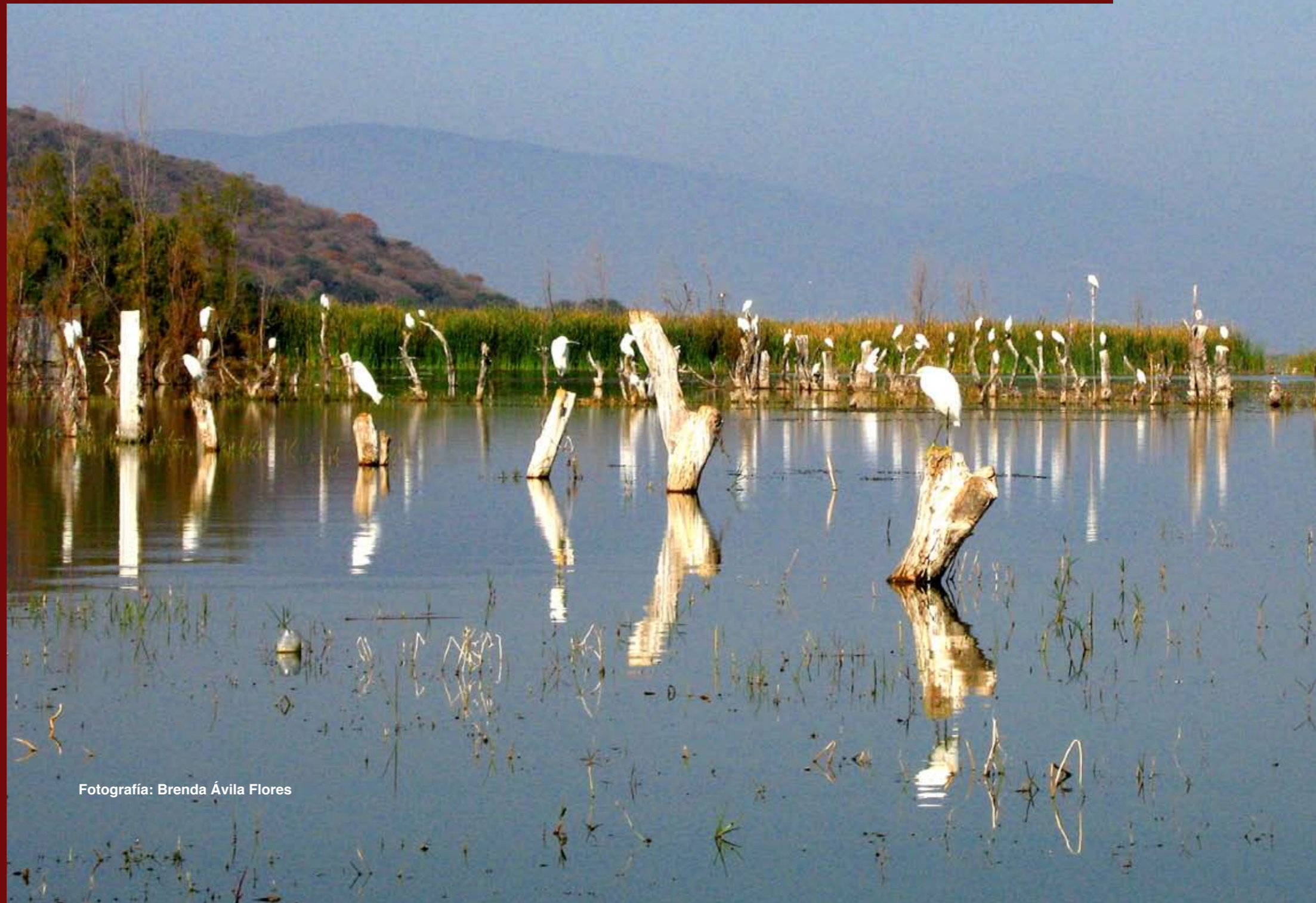


Imagen: Vista de la isla de Las Palmas.





# BIBLIOGRAFÍA



Fotografía: Brenda Ávila Flores

## Capítulo 1. Características Físicas

### 1.1 Área de Estudio

Bravo Espinosa, M., F. García Oliva, E. Ríos Patrón, M. Mendoza Cantú, G. Barrera Camacho, E. López Granados, B. E. Serrato Barajas y T. Sánchez Reyes (2008). *La Cuenca del Lago de Cuitzeo: Problemática, Perspectivas y Retos Hacia su Desarrollo Sostenible*. Consejo Estatal de Ciencia y Tecnología, Michoacán. 32 p.

CONABIO (2008). *Regiones Hidrológicas Prioritarias*. Página electrónica de la descripción de la región hidrológica prioritaria No. 62, Pátzcuaro y cuencas endorreicas cercanas. En: [http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/regionalizacion/doctos/rhp\\_062.html](http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/regionalizacion/doctos/rhp_062.html)

Galindo de Obarrio, M. (2005). *Water Quality and its Spatial Variability in Lake Cuitzeo, Mexico*. Tesis Maestría, International Institute for Geo-Information Science and Earth Observation. Enschede, The Netherlands. 87 p.

Google Maps (2008). Página electrónica de visualización de la zona del lago de Cuitzeo. En: <http://maps.google.com/maps?f=q&hl=en&geocode=&q=17.3034,-96.2086&ie=UTF8&z=12&om=1>

Izurieta Dávila, J. L., R. I. Huero Delgadillo y M. A. Mijangos Carro (2002). *Aporte de Nutrientes por Fuentes No Puntuales en la Cuenca del Lago de Cuitzeo, México*. XXVIII Congreso Interamericano de Ingeniería Sanitaria y Ambiental. Cancún, México, 27-31 de Octubre de 2002. 5 p.

Martínez López, D. (2002). *Análisis de los Patrones Espaciales de la Contaminación por Metales y de la Materia Orgánica en los Sedimentos del Lago de Cuitzeo del Estado de Michoacán de Ocampo*. Tesis Licenciatura. Universidad Autónoma Metropolitana Atzacapatzalco, Div. Ciencias Básicas e Ingeniería. 104 p.

Rojas Moreno, J. y A. Novelo Retana (1995). *Flora y Vegetación Acuáticas del Lago de Cuitzeo, Michoacán, México*. Acta Botánica Mexicana 31:1-17.

Valdivia Carreón, E., I. Y. Pompa López y J. Romero Peñaloza (1996). *Estrategias Organizativas de los Productores de la Ribera del Lago de Cuitzeo*. En I Foro de análisis de la problemática ambiental del Estado de Michoacán. Cuenca del Lago de Cuitzeo. pp. 161-167.

### 1.2 Clima

CONABIO (1998). *Cartas de Climas*. Escala 1:1,000,000. México, D.F.

*Diccionario Porrúa de Historia, Biografía y Geografía de México* (1995). México, D.F. 6º Edición. Editorial Porrúa. pp. 1033-1034.

García, E. (2004). *Modificaciones al Sistema de Clasificación de Copen*. Serie Libros Núm. 6. Instituto de Geografía, UNAM. México, D.F.

Vidal, R. (2005). *Las Regiones Climáticas de México*. Temas selectos de Geografía de México. México, D.F. Instituto de Geografía, UNAM.

### 1.3 Geología

Carranza Castañeda (1976). *Rhincotherium Falconeri del Rancho La Goleta, Michoacán, México*. Instituto de Geología, UNAM. Congreso latinoamericano de Geología, México. 3. 28 p.

Ferrari, L., V. H. Garduño, G. Pasquaré y A. Tibaldi (1994). *Volcanic and Tectonic Evolution of the Central Mexico: Oligocene to Present*. Geofísica Internacional, Vol. 33, Núm. 1. pp. 91-105.

García-Palomo, A., L. L. Macías y V. H. Garduño (2000). *Miocene to Recent Structural Evolution of the Nevado de Toluca Volcano Region, Central Mexico*. Tectonophysics, Vol. 318, Núm. 1-4.

Garduño, V. H. y A. Gutiérrez (1992). *Magmatismo, Hiatus y Tectonismo de la Sierra Madre Occidental y del Cinturón Volcánico Mexicano*. Geofísica Internacional 31. pp. 417-429.

Israde-Alcantara, I. (1995). *Bacini Lacustri del Settore Centrale dell'Arco Vulcanico Messicano: Stratigrafia ed Evoluzione Sedimentaria Basata sulle Diatomee*. PhD Thesis, Università degli Studi di Milano, Italia. 254 p.

Israde-Alcántara I. y V. H. Garduño-Monroy (1999). *Lacustrine Record in a Volcanic Intra-Arc Setting. The Evolution of the Late Neogene Cuitzeo Basin System (Central western Michoacan, Mexico)*. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, Vol. 15, Núm. 1-3. pp. 209-227.

Israde, I., V. H. Garduño y M. Ferrari (1992). *El Origen Transtensivo de la Depresión del Lago de Cuitzeo, México*. Actas de las Sesiones Científicas, Congreso Latinoamericano de Geología, Salamanca, España. Vol. 4. pp.127-131.

Israde Alcántara I., V. H. Garduño Monroy y R. Ortega Murillo (2002). *Paleoambiente Lacustre del Cuaternario Tardío en el Centro del Lago de Cuitzeo*. Hidrobiológicas. Vol. 12 (1): 61-78.

Pasquaré G., L. Ferrari, V.H. Garduño, A. Tibaldi y L. Vezzoli (1991). *Geologic Map of the Central Mexican Volcanic Belt, States of Guanajuato and Michoacan, Mexico*. University of Milano. Editado por Geological Society of America, Map and Chart, Series MCH072.

Pradal, E. y C. Robin (1994). *Long-Lived Magmatic Phases at Los Azufres Volcanic Center, Mexico*. Journal of Volcanology and Geothermal Research. Vol. 63. pp. 201-215.

Suter, M., O. Quintero-Legorreta, M. López-Martínez, G. Aguirre-Díaz y E. Farrar (1995). *The Acambay Graben: Active Intraarc Extension in the Trans-Mexican Volcanic Belt, Mexico*. Tectonics. Vol. 14. Núm. 5. pp. 1245-1262.

Suter, M., M. López-Martínez, O. Quintero-Legorreta y M. Carrillo-Martínez (2001). *Quaternary Intra-Arc Extension in the Central Trans-Mexican Volcanic Belt*. GSA Bull. Vol. 113. Núm. 6. pp. 693-703.

### 1.4 Susceptibilidad de la Inestabilidad de Laderas

Brabb, E. E., E. H. Pampeyan y M. G. Bonilla (1972). *Landslide Susceptibility in San Mateo County, California*. US. Geological Survey Miscellaneous Field Studies, Map MF-360, scale 1:62,500.

Brabb, E. E. (1993). *Priorities for Landslide Mapping During the International Decade of Hazard Reduction*. En: Wagner P., S. Novosad (eds.) Landslides: Seventh International Conference and Field Workshop. pp. 7-14.

- Chacón, J., C. Irigaray, T. Fernández y R. El Hamdouni (2006). *Engineering Geology Maps: Landslides and Geographical Information Systems*. Bulletin of Engineering Geology and the Environment. Vol. 65, Núm. 4, pp. 341-411.
- Hernández-Madrugal, V. M. (2001). *Caracterización y Estudio de las Arcillas y Estudio Geomorfológico del Movimiento en Masa de San Miguel del Monte, Michoacán, México*. Tesis de maestría, Instituto de Investigaciones Metalúrgicas, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. 95 p.
- Hernández-Madrugal, V. M. (2005). *Caracterización de los Procesos de Remoción en Masa en la Región de Zacapoaxtla, Sierra Norte de Puebla, México*. Facultad de Filosofía y Letras, UNAM. Tesis de posgrado para obtener el grado de Doctor en Geografía. 120 p.
- Spiker, E. C. y P. L. Gori (2003). *National Landslide Hazard Mitigation Strategy: a Framework for Loss Reduction*. USGS Circular 1244. US Department of Interior. 56p.
- 1.5 Distribución de Cárcavas**
- Casali, J., J. J. López y J. V. Giraldez (1999). *Ephemeral Gully Erosion in Southern Navarra (Spain)*. Catena 36. pp. 65-84.
- CETENAL (1973a). *Carta Edafológica F14C82, Moroleón*. in. CETENAL (Comisión de Estudios del Territorio Nacional), México, D.F.
- CETENAL (1973b). *Carta Edafológica F14C84, Acámbaro*. in. CETENAL (Comisión de Estudios del Territorio Nacional), México, D.F.
- CETENAL (1973c). *Carta Geológica E14C83, Moroleón*. in. CETENAL (Comisión de Estudios del Territorio Nacional), México, D.F.
- CETENAL (1973d). *Carta Geológica F14C84, Acámbaro*. in. CETENAL (Comisión de Estudios del Territorio Nacional), México, D.F.
- CETENAL (1974a). *Carta Edafológica F14C83, Puruándiro*. in. CETENAL (Comisión de Estudios del Territorio Nacional), México, D.F.
- CETENAL (1974b). *Carta Geológica E14C82, Puruándiro*. in. CETENAL (Comisión de Estudios del Territorio Nacional), México, D.F.
- Clark Labs (1998). *CartaLinx the Spatial Data Builder*. Versión 1.2.
- DETENAL (1976). *Carta Geológica E14A12, Coeneo de la Libertad*. in. DETENAL (Dirección de Estudios del Territorio Nacional, México, D.F.
- DETENAL (1978). *Carta Geológica E14A13, Cuitzeo*. in. DETENAL (Dirección Nacional de Estudios del Territorio Nacional), México, D.F.
- DETENAL (1979a). *Carta Edafológica E14A13, Cuitzeo*. in. DETENAL (Dirección de Estudios del Territorio Nacional), Dirección Nacional de Geografía, México, D.F.
- DETENAL (1979b). *Carta Edafológica E14A14, Zinapécuaro*. in. DETENAL (Dirección de Estudios del Territorio Nacional), Dirección Nacional de Geografía, México, D.F.
- DETENAL (1979c). *Carta Edafológica E14A22, Pátzcuaro*. in. DETENAL (Dirección de Estudios del Territorio Nacional), Dirección Nacional de Geografía, México, D.F.
- DETENAL (1979d). *Carta Edafológica E14A24, Tzitzio*. in. DETENAL (Dirección de Estudios del Territorio Nacional), Dirección Nacional de Geografía, México, D.F.
- DETENAL (1979e). *Carta Edafológica E14A32, Villa Escalante*. in. DETENAL (Dirección de Estudios del Territorio Nacional), Dirección Nacional de Geografía, México, D.F.
- DETENAL (1983). *Carta Edafológica E14A15, Maravatío*. in. DETENAL (Dirección de Estudios del Territorio Nacional), Dirección Nacional de Geografía, México, D.F.
- Evans, R. (1993). *On Assessing Accelerated Erosion of Arable Land by Water. Soils and Fertilizers*. Vol. 56 (11). pp. 1285-1293.
- Grissinger, E.H. y J. B. Murphey (1989). *Ephemeral Gully Erosion in the Loess Uplands, Goodwin Creek Watershed Northern Mississippi, USA*. Proceedings of the Fourth International Symposium on River Sedimentation, Beijing Symp., Junio 1989. pp. 51-58.
- Hughes A.O. y I. P. Prosser (2003). *Gully and Riverbank Erosion Mapping for the Murray-Darling Basin*. CSIRO Land and Water, Canberra. Technical Report 3/03.
- INEGI (1978a). *Carta Geológica E14A14, Zinapécuaro*. in. INEGI, Dirección General de Geografía, Aguascalientes, Ags., México.
- INEGI (1978b). *Carta Geológica E14A15, Maravatío*. in. INEGI, Dirección General de Geografía, Aguascalientes, Ags., México.
- INEGI (1978c). *Carta Geológica E14A22, Pátzcuaro*. in. INEGI, Dirección General de Geografía, Aguascalientes, Ags., México.
- INEGI (1978d). *Carta Geológica E14A23, Morelia*. in. INEGI, Dirección General de Geografía, Aguascalientes, Ags., México.
- INEGI (1978e). *Carta Geológica E14A24, Tzitzio*. in. INEGI, Dirección General de Geografía, Aguascalientes, Ags., México.
- INEGI (1978f). *Carta Geológica E14A32, Villa Escalante*. in. INEGI, Dirección General de Geografía, Aguascalientes, Ags., México.
- INEGI (1979a). *Carta Edafológica E14A23, Morelia*. in. INEGI, Dirección General de Geografía, Aguascalientes, Ags., México.
- INEGI (1979b). *Carta Geológica E14A33, Villa Madero*. in. INEGI, Dirección General de Geografía, Aguascalientes, Ags., México.
- INEGI (1982a). *Carta Edafológica E14A12, Coeneo de la Libertad*. in. INEGI, Dirección General de Geografía, Aguascalientes, Ags., México.
- INEGI (1982b). *Carta Edafológica E14A33, Villa Madero*. in. INEGI, Dirección General de Geografía, Aguascalientes, Ags. México.
- Ireland, H. A., C. F. S. Sharpe y D. H. Eargle (1939). *Principles of Gully Erosion in the Piedmont of South Carolina*. USDA Technological Bulletin 633. 142 p.
- Laflen, J. M. (1985). *Effect of Tillage Systems on Concentrated Flow Erosion*. In: Pla, I.S. (Ed.), Soil Conservation and Productivity. Vol. 2. Universidad Central de Venezuela, Maracay. pp. 798-809.



## BIBLIOGRAFÍA

- López, E., G. Bocco, M. Mendoza, A. Velásquez y J. R. Aguirre-Rivera (2006). *Peasant Emigration and Land-Use Change at the Watershed Level: A GIS-Based Approach in Central Mexico*. *Agricultural Systems* 90:62-78.
- Menéndez-Duarte R., J. Marquínez, S. Fernández-Menéndez y R. Santos (2007). *Incised Channels and Gully Erosion in Northern Iberian Peninsula: Controls and Geomorphic Setting*. *CATENA Soil Water Erosion in Rural Areas* 71(2): 267-278.
- Nachtergaele, J. (2001). *A Spatial and Temporal Analysis of the Characteristics, Importance and Prediction of Ephemeral Gully Erosion*. PhD Thesis, Department of Geography– Geology, K.U. Leuven. 255 pp.
- Nachtergaele, J. y J. Poesen (2002). *Spatial and Temporal Variations in Resistance of Loess-Derived Soils to Ephemeral Gully Erosion*. *European Journal of Soil Science* 53 (3). pp. 449-463.
- Plata Bedmar, A., R. Cobo Rayan, E. Sanz Montero, J. L. Gómez Montaña y C. Avendaño Salas (1997). *Influence of the Puentes Reservoir Operation Procedure on the Sediment Accumulation Rate Between 1954-1994*. Commission Internationale des Grands Barrages, Proc. 19th Congress Grands Barrages, Florence, Italy, 1997. Q.74, R.52. pp. 835-847.
- Poesen, J., K. Vandaele y B. Van Wesemael (1996). *Contribution of Gully Erosion to Sediment Production on Cultivated Lands and Rangelands*. En: D. E. Walling, B. W. Webb (Eds.), *Erosion and Sediment Yield: Global and Regional Perspectives*. IAHS Publ. Núm. 236. pp. 251-266.
- Poesen, J. (1993). *Gully Typology and Gully Control Measures in the European Loess Belt*. En: S. Wicherek (Ed.), *Farm Land Erosion in Temperate Plains Environment and Hills*. Elsevier, Amsterdam. pp. 221-239.
- Poesen, J., J. Nachtergaele, G. Verstraeten y C. Valentin (2003). *Gully Erosion and Environmental Change: Importance and Research Needs*. *Catena* 50: 91-133.
- Prosser, I. P. (1996). *Thresholds of Channel Initiation in Historical and Holocene Times, Southeastern Australia*. En: M.G. Anderson, S. M. Brooks (Eds.), *Advances in Hillslope Process*. Vol. 2. Wiley, Chichester, UK. pp. 687-708.
- Schumm, S. A., M. D. Harvey y C. C. Watson (1984). *Incised Channels*. Water Resources Publications, Littleton, Colorado.
- Sedov, S., E. Solleiro-Rebolledo, P. Morales-Puente, A. Arias-Herreia, E. Vallejo-Gomez y C. Jasso-Castaneda (2003a). *Mineral and Organic Components of the Buried Paleosols of the Nevado de Toluca, Central Mexico as Indicators of Paleoenvironments and Soil Evolution*. *Quaternary International; Paleopedology: V International Symposium and Field workshop, Suzdal, Russia*. pp. 106-107:169-184.
- Sedov, S. N., E. Solleiro-Rebolledo y J. E. Gama-Castro (2003b). *Andosol to Luvisol Evolution in Central Mexico: Timing, Mechanisms and Environmental Setting*. *CATENA; Achievements in Micromorphology* 54:495-513.
- Servenay, A. y C. Prat (2003). *Erosion Extension of Indurated Volcanic Soils of Mexico by Aerial Photographs and Remote Sensing Analysis*. *Geoderma; Volcanic soils: properties and processes as a function of soil genesis and land use* 117:367-375.
- Smith, L. M. (1993). *Investigation of Ephemeral Gullies in Loessial Soils in Mississippi*. US Army Corps of Engineers. Technical Report GL-93-11.
- Sneddon, J., B. G. Williams, J. V. Savage y C. T. Newman (1988). *Erosion of a Gully in Duplex Soils*. Results of a long-term photogrammetric monitoring program. *Australian Journal of Soil Research* 26. pp. 401-408.
- Spomer, R. G. y A. T. Hjelmfelt (1986). *Concentrated Flow Erosion on Conventional and Conservation Tilled Watersheds*. *Transactions of the ASAE* 29 (1): 124-127. 134 p.
- Thomas, A.W., R. Welch y T. R. Jordan (1986). *Quantifying Concentrated-Flow Erosion on Cropland with Aerial Photogrammetry*. *J. Soil Water Conserv.* 41, pp. 249.252.
- Vandaele, K. (1993). *Assesment of Factors Affecting Ephemeral Gully Erosion in Cultivated Catchments of the Belgian Loam Belt*. En: Wicherek, S. Ed., *Farm Land Erosion in Temperate Plains Environment and Hills*. Elsevier, Amsterdam. pp. 125-136.
- Vandaele, K., J. Poesen, J. R. Marques da Silva y P. Desmet (1996). *Rates and Predictability of Ephemeral Gully Erosion in Two Contrasting Environments*. *Geomorphologie: Relief, Processus, Environnement* 2, pp. 83-96.
- Webb, R. H. y R. Hereford (2001). *Floods and Geomorphic Change in the Southwestern United States: An Historical Perspective*. Proc. Seventh Federal Interagency Sedimentation Conf. March 25-29. Reno, Nevada, USA. IV30–IV37.

### 1.6 Suelos

Cabrera, G. A., M. Bustos Z., M. Romero y S. Rosas (1992). *Manual de Prácticas de Campo y Laboratorio para el Curso de Edafología*. Facultad de Biología. UMSNH. México.

Cuanalo de la C., H. (1990). *Manual para la Descripción de Perfiles de Suelo en el Campo*. C.P. Escuela Nacional de Agricultura. México.

Madrigal, X. (1981). *Instructivo para el Estudio Fitoecológico del Eje Neovolcánico*. Boletín divulgativo Núm. 45. INIF. México.

### 1.7 Geomorfología

Bocco, G. y M. A. Ortiz (1994). *Definición de Unidades Espaciales para el Ordenamiento Ecológico*. *Jaina* 5 (1):8-9.

Bocco, G., M. E. Mendoza y A. Velázquez (2001). *Remote Sensing and GIS-based Regional Geomorphological Mapping - A Tool for Land Use Planning in Developing Countries*. *Geomorphology* 39: 211-219.

Gallant, A. L., T. R. Whiter, D. P. Larsen, J. M. Omernik y R. M. Hughes (1989). *Regionalization as a Tool for Managing Environmental Resources*. Environmental Protection Agency. Environmental Research Laboratory, Corvallis, Oregon. USA. 152 p.

Gobierno Estatal del Estado de Michoacán (2006). *Ordenamiento Ecológico Regional de la Cuenca del Lago de Cuitzeo, Michoacán de Ocampo*. Periódico Oficial del Estado. Tomo CXXXVIII. Núm. 97. En: [http://bitacoraambiental.suma.michoacan.gob.mx/bitacora/publicador/publicacion/opr\\_consulta\\_ord.jsp?ord=2](http://bitacoraambiental.suma.michoacan.gob.mx/bitacora/publicador/publicacion/opr_consulta_ord.jsp?ord=2)

Meijerink, A. M. J. (1988). *Data Acquisition and Data Capture Through Terrain Mapping Units*. ITC Journal. ITC Publication 7. Enschede, the Netherlands. pp. 23-44.

Mendoza, M. E. y G. Bocco (1998a). *La Regionalización Geomorfológica como Base Geográfica para el Ordenamiento del Territorio: Una Revisión Bibliográfica*. Instituto de Geografía, UNAM. Serie Varia 17. pp. 25-55.

Mendoza, M. E. y G. Bocco (1998b). *El Relieve y las Políticas de Uso de Suelo: El Caso de la Costa Sur de Sonora*. Jaina 9 (4). pp. 2 -3.

Pulido, J., J. Pérez y S. Martínez (2001). *Evaluación de Tierras para Fines Agrícolas y Forestales*. En: Mendoza, M., E. López-Granados y G. Bocco, 2001. Regionalización ecológica, conservación de recursos y ordenamiento territorial. Informe Final presentado al Programa SIMORELOS-CONACyT. Departamento de Ecología de los Recursos Naturales, Instituto de Ecología, UNAM. 266 p.

Zinck, J. A. (1988). *Physiography and Soils. Soil Survey Course*. ITC. Enschede. The Netherlands. 156 p.

## 1.8 Cobertura Vegetal y Uso del Terreno

Chilar J. y L. J. Jansen (2001). *From Land Use: A Methodology for Efficient Land Use Mapping Over Large Areas*. Professional Geographer, 53 (2): 275-289.

INEGI (2001). *Anuario Estadístico de Michoacán de Ocampo*. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, México.

Jansen, L. J. M. y A. Di Gregorio (2002). *Parametric Land Cover and Land-Use Classification as Tools for Environmental Change Detection*. Agriculture, Ecosystems and Environment, 91: 89-100.

Lillesand, T. M. y R. W. Kiefer (2000). *Remote Sensing and Image Analysis*. 4ta Edición. John Wiley and Sons, Nueva York. 736 p.

Manson, S. (2006). *Land Use in the Southern Yucatán Peninsular Region of Mexico: Scenarios of Population and Institutional Change*. Computers, Environment and Urban Systems, 30: 230-253.

Xiao, J., Y. Shen, J. Ge, R. Tateishi, C. Tang, Y. Liang y Z. Huang (2006). *Evaluating Urban Expansion and Land Use Change in Shijiazhuang, China, by Using GIS and Remote Sensing*. Landscape and Urban Planning, 75: 69-80.

## 1.9 Complejidad Temática y Espacial en la Cobertura Vegetal y Uso del Suelo

Aspinall, R. y D. M. Pearson (1995). *Describing and Managing Uncertainty of Categorical Maps in GIS*. Fisher, P. (ed.). Innovations in GIS 2, Taylor & Francis, Londres. pp. 71-83.

Chrisman, N. R. (1989). *Modeling Error in Overlaid Categorical Maps*. The accuracy of spatial databases, M. Goodchild y S. Gopal (Eds.). Capítulo 2, Taylor & Francis, Londres, pp. 21-34.

Couturier, S. (2007). *Evaluación de Errores de Cartas de Cobertura Vegetal y Usos de Suelo con Enfoque Difuso y con la Simulación de Imágenes de Satélite*. Tesis de doctorado, Universidad Nacional Autónoma de México, México D.F. 276 p. En: [http://www.cesbio.ups-tlse.fr/data\\_all/theses/Th\\_Couturier\\_2007.pdf](http://www.cesbio.ups-tlse.fr/data_all/theses/Th_Couturier_2007.pdf)

Couturier, S., J. F. Mas, A. Vega y V. Tapia (2007). *Accuracy Assessment of Land Cover Maps in Sub-Tropical Countries: A Sampling Design for the Mexican National Forest Inventory Map*. Online Journal of Earth Sciences (Medwell Ed.). Vol. 1(3): 127-135. En: <http://www.medwelljournals.com/fulltext/ojes/2007/127-135.pdf>

Couturier, S., A. Vega, J. F. Mas, V. Tapia y E. López-Granados (2008). *Evaluación de Confiabilidad del Mapa del Inventario Forestal Nacional 2000: Diseños de Muestreo y Caracterización Difusa de Paisajes*. Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía, UNAM. 67, pp. 20-38.

Hord, R. M. y W. Brooner (1976). *Land-Use Map Accuracy Criteria*. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing. 42(5):671-677.

Khorram, S., J. Knight, H. Cakir, H. Yan, Z. Mao y X. Dai (2000). *Improving Estimates of the Accuracy of Thematic Maps when Using Aerial Photos as the Ground Reference Source*. Proceedings of the ASPRS Symposium. Washington, USA.

Laba, M., S. K. Gregory, J. Braden, D. Ogurcak, E. Hill, E. Fegraus, J. Fiore y S. D. DeGloria (2002). *Conventional and Fuzzy Accuracy Assessment of the New York Gap Analysis Project Land Cover Map*. Remote Sensing of Environment 81: 443-455.

Mas, J. F., A. Velázquez, J. L. Palacio-Prieto, G. Bocco, A. Peralta y J. Prado (2002). *Assessing Forest Resources in Mexico: Wall-to-Wall Land Use/Cover Mapping*. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, 68(10): 966-968. En: <http://asprs.org/asprs/publications/pe&rs/2002journal/october/highlight.html>.

## 1.10 Unidades Geohidrológicas de la Región de Morelia-Cuitzeo

Arredondo, J. (1983). *Levantamiento Gravimétrico en la Zona Central de la Laguna de Cuitzeo, Michoacán*. Informe 29=83 G.P.G. Comisión Federal de Electricidad, Reporte técnico. 11 p.

Garduño-Monroy V. H., R. Arreygue, I. Israde-Alcántara y G. Rodríguez-Torres (2001). *Efectos de las Fallas Asociadas a Sobre Explotación de Acuíferos y la Presencia de Fallas Potencialmente Sísmicas en Morelia, Michoacán, México*. Revista Mexicana de Ciencias Geológicas. Vol. 18-1: 37-54.

Israde-Alcántara, I. y V. H. Garduño-Monroy (1999). *Lacustrine Record in a Volcanic Intra-Arc Setting: The Evolution of the Late Neogene Cuitzeo Basin System (Central Western Mexico, Michoacán)*. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, 151: 209-227.

Israde-Alcántara I., O. Buenrostro Delgado y A. Carrillo Chávez (2005). *Geological Characterization and Environmental Implications of the Placement of the Morelia Dump, Michoacán, Central Mexico*. Journal of the Air and Waste management association. Vol. 55-6. pp. 755-764.

Moncayo Estrada R., I. Israde Alcántara y V. H. Garduño-Monroy (2001). *La cherehuita Hubbsina Turneri De Buen (1941) (Pices: Goodeidae)*. Origen y Distribución y su uso en la regionalización de la cuenca del Lerma. Hidrobiológica, 11 (1): pp.1-18.

Pasquare G., L. Ferrari L., V. H. Garduño, A. Tibaldi y L. Vezzoli (1991). *Geologic Map of the Central Mexican Volcanic Belt, States of Guanajuato and Michoacán, México*. University of Milano, Editado por the Geological Society of America, Map and Chart Series MCH072.

## 1.11 Hidrología y Regionalización Hidrogeográfica

- Brunt, B. M. (1995). *Regions and Western Europe*. Journal of Geography 94 (1), Texas University. pp. 306-316.
- De Buen, F. (1943). *Los Lagos Michoacanos. I. Caracteres Generales. El Lago de Zirahuén*. Revista de la Sociedad Mexicana de Historia Natural 4: 211-232.
- Diario Oficial*, Poder Ejecutivo, Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales. Miércoles 15 de octubre de 2003: 11 p.
- López-Granados, E., G. Bocco, M. E. Mendoza, A. Velázquez y R. Aguirre (2006). *Peasant Emigration and Land-Use Change at the Watershed Level. A GIS-based approach in Central Mexico*. Agricultural Systems, 90 (1-3): 62-78.
- Magas, D. (2003). *Contemporary Aspects of the Geographical Regionalisation and Administrative-Territorial Organization of Croatia*. Geoadria 8/1:127-147.
- PC-ORD. 1999. Software -Multivariate analysis and classification of ecological data. ESA Bolletin.

del Estado de Michoacán/Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Mich. México. 58 pp.

Martínez Murillo, E., G. Ibarra Contreras, A. Hernández Valdivia y F. Lorea-Hernández (1987). *Contribución al Conocimiento de la Flora y de la Vegetación de la Región de Los Azufres, Michoacán*. Trace 12: 22-37.

Martínez Solórzano, M. (1910-1911). *Lista de las Plantas Indígenas Más Comunes de la Municipalidad de Morelia y de Algunos Otros Lugares del Estado de Michoacán, que se Conservan en el Herbario del Museo Michoacano*. Bol. Soc. Mich. Geogr. Estad. 6: 147, 213, 232, 284, 300, 331, 366; 7: 9, 58, 83, 117, 191, 216, 247, 276.

Medina García, C. y L. S. Rodríguez Jiménez (1993). *Estudio Florístico de la Cuenca del Río Chiquito de Morelia, Michoacán, México*. Flora del Bajío y de regiones adyacentes. Fascículo complementario IV. Instituto de Ecología, A.C. Centro Regional del Bajío. Pátzcuaro, Mich. 71 p.

Oseguera Figueroa, L. (1987). *Las Gramíneas Silvestres del Valle de Morelia*. Tesis. Escuela de Biología. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Morelia, Mich. 121 p.

Pérez, G., A. L. (2002). *Plantas Vasculares Acuáticas y Subacuáticas de la Ciénega de Queréndaro*. Tesis. Facultad de Biología. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Mich. 90 p.

Robles del Valle, J. S. (2006). *Diversidad de la Familia Cactaceae en la Cuenca de Cuitzeo, Michoacán y Guanajuato, México*. Tesis. Facultad de Biología. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Mich. 124 p.

Rojas Moreno, J. y A. Novelo Retana (1995). *Flora y Vegetación del Lago de Cuitzeo, Michoacán, México*. Acta Bot. Mex. 31: 1-17.

Rzedowski, J. y G. Calderón de Rzedowski (1987). *El Bosque Tropical Caducifolio en la Región Mexicana del Bajío*. Trace 12: 12-21.

Tena, M. 1893. *Calendario botánico de Michoacán*. Morelia, Mich. 83 p.

Tena, M. y F. López Páramo (1877-1883). *Calendario botánico de Michoacán*. Bol. Min. Fom. Méx. 1(77, 78, 81, 82, 84); 2 (34, 37); 3 (4, 29, 51); 5 (62, 109, 189); 6 (163, 167, 177, 191); 7 (7, 30, 47, 50, 64, 65, 116); 8 (4, 36, 64, 90, 100, 109, 132, 150, 151).

## 2.2 Recursos Forestales

COFOM (Comisión Forestal del Estado de Michoacán) (2001). *Atlas Forestal del Estado de Michoacán*. Morelia, Mich. México. 97 p.

COFOM (Comisión Forestal del Estado de Michoacán) (2002). *Diagnóstico de la Cuenca Hidrográfica de Cuitzeo*. Morelia, Mich. México. 26 p. (inédito).

COFOM (Comisión Forestal del Estado de Michoacán) (2004). *Programa de Desarrollo Forestal Sustentable del Estado de Michoacán: (2004-2009)*. Tomo III. Asesoría Técnica. Gobierno del Estado de Michoacán. Morelia, Mich. México. 172 p. (inédito).

## Capítulo 2. Biodiversidad

### 2.1 Flora de la Cuenca

- Carranza González, E. (1987). *Aspectos Botánico-Ecológicos del Campo Geotérmico Los Azufres, Michoacán (México)*. Tesis. Escuela de Biología. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Mich. 60 p.
- Delgadillo M., C. (1998). *Floristic Corridors for Moss Distribution Across the Neovolcanic Belt of Mexico*. III. The Michoacán corridors. Journ. Bryol. 20: 27-39.
- García López, E. (1990). *Las Compuestas Silvestres del Valle de Morelia, Michoacán, México*. Tesis. Escuela de Biología. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Mich. 247 p.
- Gómez-Peralta, M. (1992). *Contribución al Conocimiento de los Líquenes del Campo Geotérmico Los Azufres, Michoacán, México*. Acta Bot. Mex. 18: 31-53.
- Guerrero Ulloa, M. L. (1997). *Árboles, Arbustos y Especies Trepadoras Cultivados en la Ciudad de Morelia, Mich. México*. Tesis. Facultad de Biología. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Mich. 64 + XL p.
- Huerta Badillo, V. M. (1990). *Estudio Florístico del Cerro del Quinceo, Municipio de Morelia*. Tesis. Escuela de Biología. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Mich. 79 p.
- Madrigal Sánchez, X. y L. I. Guridi Gómez (2002). *Los Árboles Silvestres del Municipio de Morelia*. Ciencia Nicolaita 33: 29-55.
- Madrigal-Sánchez, X. y L. I. Guridi Gómez (2009). *Especies Arbóreas en Riesgo de la Cuenca de Cuitzeo, Michoacán y Guanajuato, México*. Procuraduría de Protección al Ambiente-Gobierno

## BIBLIOGRAFÍA

- COFOM (Comisión Forestal del Estado de Michoacán) 2007. *Programa de Desarrollo Sustentable del Estado de Michoacán 2030*. Resumen Ejecutivo. Gobierno del Estado de Michoacán. Morelia, Mich. México. 37 p. (inédito).
- Chávez Carmona, A., P. Ferrer y A. Plascencia (1994). *La Cuenca del Lago de Cuitzeo*. En: El Deterioro Ambiental de la Cuenca del Lago de Cuitzeo. Comisión de Ecología. H. Congreso de Michoacán. (LXVI Legislatura). Morelia, Mich. México. pp. 9-18.
- Gómez Peralta, M. y M. del P. Angón Torres (2004). *Recursos No Maderables Aprovechados en Morelia*. En: Fuentes del conocimiento natural de Michoacán 7. Secretaría de Urbanismo y Medio Ambiente-Gobierno del Estado de Michoacán. Morelia, Mich. México. 110 p.
- Guridi Gómez, L. I. (1980). *La Madera en las Artesanías del Estado de Michoacán*. Bol. Div. No. 50. Inst. Nac. Invest. For.-SARH. México, D.F. 129 p.
- Guridi Gómez, L. I. y A. García López (1997). *Las Maderas en los Instrumentos Musicales de Cuerda de Paracho*. Editorial Universitaria. Secretaría de Difusión Cultural. Facultad de Ingeniería en Tecnología de la Madera-UMSNH. Morelia, Mich. México. 45 p.
- Hawksworth, F. G. y D. Wiens (1972). *Biology and Classification of Dwarf Mistletoes (Arceuthobium)*. Agriculture Handbook. Núm. 401. Forest Service. United States, Department of Agriculture. Washington, D.C. 234 p.
- Madrigal-Sánchez, X. y M. P. Trujillo García (2001). *Algunas Consideraciones para la Planeación de las Plantaciones en la Cuenca de Cuitzeo, Mich. México*. Rev. Ciencia Nicolaita. México. 27:45-61.
- Madrigal-Sánchez, X. y L. I. Guridi Gómez (2002). *Los Árboles Silvestres del Municipio de Morelia, Michoacán. México*. Rev. Ciencia Nicolaita. México. 33: 29-55.
- Madrigal-Sánchez, X. y L. I. Guridi-Gómez (2004). *Riqueza de la Vegetación en la Región de Morelia, Mich. México*. En: Garduño Monroy, V. H. (Editor). Contribuciones a la Geología e Impacto Ambiental de la Región de Morelia. Instituto de Investigaciones Metalúrgicas-UMSNH. Morelia, Mich. México. pp. 156-166.
- Madrigal-Sánchez, X. y L. I. Guridi Gómez (2009). *Especies Arbóreas en Riesgo de la Cuenca de Cuitzeo, Michoacán y Guanajuato. México*. Procuraduría de Protección al Ambiente-Gobierno del Estado de Michoacán/Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Mich. México. 58 pp.
- Mas Porras, J., G. Naranjo Chávez y H. J. Muñoz Flores (1990). *Evaluación del Desarrollo de Once Plantaciones Forestales Establecidas en el Municipio de Morelia, Michoacán*. Folleto Técnico Núm. 1. Campo Experimental Forestal y Agropecuario Morelia. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias-SARH. Morelia, Mich. México. 83 p.
- Norma Oficial Mexicana NOM-059-ECOL-2001. *Protección Ambiental-Especies Nativas de México de la Flora y Fauna Silvestres-Categorías de Riesgo y Especificaciones para su Inclusión, Exclusión o Cambio-Lista de Especies en Riesgo*. Diario Oficial de la Federación. México. 6 de marzo de 2002.
- Pompa López, I. Y. (1995). *Impacto del Deterioro Ambiental del Lago de Cuitzeo en Organizaciones de Pescadores de la Ribera*. Tesis de Maestría en Desarrollo Rural Regional. Dirección de Centros Regionales-Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo. México. 144 p.
- Rojas, J. y A. Novelo (1995). *Flora y Vegetación Acuática del Lago de Cuitzeo, Michoacán. México*. Acta Botánica Mexicana 31:1-32.
- Serrato Barajas, B. E. y V. E. Ascencio Cerda (1994). *Control del Descortezador Phloesinus tacubayae Hopkins (Coleoptera: Scolytidae) en Plantaciones de Cupressus lindleyi Klotszsch en Morelia, Michoacán*. Folleto Núm. 15. Centro de Investigación Pacífico Centro. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias-SARH. Morelia, Mich. México. 10 p.
- Vázquez-Collazo, I. (1993). *Contribución al Conocimiento del Muérdago Verdadero (Psittacanthus spp.) en México*. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias-SARH. Folleto Técnico Núm. 11. Uruapan, Mich. México. 41 p.
- Vázquez Gaviña, Y. y L. I. Guridi Gómez (2003). *Especies Forestales Utilizadas en las Artesanías*. Revista Bosques y Selvas de Michoacán. Comisión Forestal del Estado de Michoacán. Morelia, Mich. México. 1(3):18-22.

### 2.4 Insectos Acuáticos de los Ríos

- Bueno-Soria, J. y R. Barba-Álvarez R. (1992). *Entomofauna (Insectos Acuáticos): Biogeografía*. Instituto de Geografía, UNAM. Atlas Nacional de México, Naturaleza, IV. 8.5.
- Baumann, R. W. y B. C. Kondratieff (1996). *Plecoptera*. En J. Llorente Bousquets, A. N. García Aldrete y E. González Soriano (Eds.). Biodiversidad, Taxonomía y Biogeografía de Artrópodos de México: Hacia una Síntesis de su Conocimiento. Instituto de Biología de la Universidad Nacional Autónoma de México, Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad, México. pp. 170-174.
- Contreras-Ramos, A. (2000). *Megaloptera (Neuropterida)*. En: J. Llorente Bousquets, E. González Soriano y N. Papayero (Eds.). Biodiversidad, Taxonomía y Biogeografía de Artrópodos de México: Hacia una Síntesis de su Conocimiento. Vol. II. Instituto de Biología de la Universidad Nacional Autónoma de México, Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad, Bayer Sanidad Animal, México. pp. 355-362.
- González Soriano, E. y G. Novelo Gutiérrez (1996). *Odonata*. En: J. Llorente Bousquets, A. N. García Aldrete y E. González Soriano (Eds.). Biodiversidad, Taxonomía y Biogeografía de Artrópodos de México: Hacia una Síntesis de su Conocimiento. Instituto de Biología de la Universidad Nacional Autónoma de México, Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad, México. pp. 147-167.
- Hynes, H. B. N. (1984). *The Relationships Between the Taxonomy and Ecology of Aquatic Insects*. En: V. H. Reshn y D. M. Rosenberg (Eds.). The Ecology of Aquatic Insects. Praegers publishers, Nueva York. pp. 9-23.
- McCafferty, W. P. y Lugo-Ortiz, C. R. (1996). *Ephemeroptera*. En: J. Llorente Bousquets, A. N. García Aldrete y E. González Soriano (Eds.). Biodiversidad, Taxonomía y Biogeografía de Artrópodos de México: Hacia una Síntesis de su Conocimiento. Instituto de Biología de la UNAM, Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad, México. pp. 133-145.
- Ponce Saavedra, J. (2005). *Insectos y arácnidos*. En: L. Villaseñor G. (Ed.). La Biodiversidad en Michoacán: Estudio de Estado. Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad, Secretaria de Urbanismo y Medio Ambiente, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. México. pp. 90-94.

## BIBLIOGRAFÍA

Santiago-Fragoso, S. y P. J. Spangler (2000). *Elmidae (Coleoptera)*. En: J. Llorente Bousquets, E. González Soriano y N. Papayero (Eds.). Biodiversidad, Taxonomía y Biogeografía de Artrópodos de México: Hacia una Síntesis de su Conocimiento. Vol. II. Instituto de Biología de la Universidad Nacional Autónoma de México, Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad, Bayer Sanidad Animal, México. pp. 421-438.

### 2.5 Peces

Alvarado, D. J., R. T. Zubieta, M. R. Ortega, T. A. Chacón y R. Espinoza (1985). *Hipertroficación en un Lago Tropical Somero (Lago de Cuitzeo, Mich., México)*. Revista Biológicas de la Escuela de Biología. U.M.S.N.H. (1): 20 p.

Arriaga, L., J. M. Espinoza, C. Aguilar, E. Martínez, L. Gómez y E. Loa (Coord.) (2000). *Regiones Terrestres Prioritarias de México*. Comisión Nacional para el conocimiento y uso de la biodiversidad. México. 609 pp.

Campos, P., S., E. González L., M. Medina N. y J. A. Ortega V. (1985). *Ictiofauna de la Cuenca del Lago de Cuitzeo, Michoacán, México*. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Presentado en el II Congreso Nacional de Ictiología, Universidad Autónoma de Nuevo León.

Cortes, A. R. (1980). *Algunos Aspectos Físico Químicos y Consideraciones sobre la Pesca en el Lago de Cuitzeo, Michoacán*. (Estudio trimestral 1979-1977). Segundo Simposio Latinoamericano de Acuicultura.

De Buen, F. (1941). *Un Nuevo Género de la Familia Goodeidae Perteneciente a la Fauna Ictiológica Mexicana*. Anales de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, México 2:133-140 pp.

Medina-Nava, M. (2003). *Peces de Agua Dulce y Salobre de Michoacán*. En: Atlas de Michoacán. UMSNH, SEP, EDDISA. Michoacán México.

Miller R. R., W. L. Minckley y S. M. Norris (2009). *Peces Dulceacuícolas de México*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Sociedad Ictiológica Mexicana, El Colegio de la Frontera Sur, Consejo de Peces del Desierto. Ciudad de México. 606 pp.

Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2001. *Protección Ambiental-Especies Nativas de México de Flora y Fauna Silvestres-Categorías de Riesgo y Especificaciones para su Inclusión, Exclusión o Cambio-Lista de Especies en Riesgo*. Diario Oficial de la Federación. 6 de marzo del 2002.

Ortega, M. R. (2002). *Evolución del Lago de Cuitzeo en los Últimos Ca 18,000 años A.P. con Base en el Análisis de las Diatomeas del Presente y Pasado*. Tesis de Maestría. Facultad de Biología. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Mich. México 101 p.

Pérez-Arteaga, A., K. J. Gaston y M. Kershaw (2002). *Undesignated Sites in Mexico Qualifying as Wetlands of International Importance*. Biological Conservation 107 (2002) pp. 47-57.

SAGARPA (2007). *Registro Pesquero*. Subdelegación de pesca en Michoacán.

Solorio, O. E. y M. Medina N. (2004). *Ictiofauna del Arroyo San Marcos en la Subcuenca del Lago de Cuitzeo, Cuenca Lerma-Chapala*. Biológicas 6. Revista de la Facultad de Biología de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. pp. 27-36.

Soto-Galera, E., J. Paulo-Maya, E. López-López y J. A. Serna-Hernández (1999). *Change in Fish Fauna as Indication of Aquatic Ecosystem Condition in Río Grande de Morelia-Lago de*

*Cuitzeo Basin, Mexico*. Springer-Verlag New York Inc. Environmental Management. 24 (1). pp. 133-140.

### 2.6 Anfibios y Reptiles

Campbell, J. A. y W. W. Lamar (2004). *Venomous of the Reptiles of the Western Hemisphere*. Cornell University Press.

Faivovich, J., C. Haddad, P. Garcia, D. R. Frost, J. A. Campbell y W. C. Wheeler (2005). *Systematic Review of the Frog Family Hylidae, with special reference to Hylinae: Phylogenetic Analysis and Taxonomic Revision*. Bulletin of the American Museum of Natural History. 249: 240.

Flores Villela, O. (1993). *Herpetofauna of Mexico: Distribution and Endemism*. En: Ramamoorthy, T. P., R. Bye, A. Lot y J. Fa. (Eds.). Biological diversity of Mexico: origins and distributions. Oxford University Press. Nueva York. Cap. 7:253-280.

Flores-Villela, O. y L. Canseco-Márquez (2004). *Nuevas especies y cambios taxonómicos para la herpetofauna de México*. Acta Zoológica Mexicana (n.s.) 20: 115-144.

Frost, D. R., T. Grant, J. Faivovich, R. H. Bain, A. Haas, C. F. B. Haddad, R. O. De Sa, A. Channing, M. Wilkinson S. C. Donnellan, C. J. Raxworthy, J. A. Campbell, B. L. Blotto, P. Moler, R. C. Drewes, R. A. Nussbaum, J. D. Lynch, D. M. Gree y W. C. Wheeler (2006). *The Amphibian Tree of Life*. Bulletin of the American Museum of Natural History (297):1-370.

SEMARNAT (2002). *Norma Oficial Mexicana NOM-059-ECOL-2001*. Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión, o cambio-Lista de especies en riesgo. Publicada el 6 de marzo. Diario Oficial de la Federación.

### 2.7 Avifauna

AOU Check-list Supplement (2000). *Forty-second Supplement to the American Ornithologists' Union Check-list of North American Birds*. The Auk 117(3):847-858.

AOU Check-list Supplement (2002). *Forty-third supplement to the American Ornithologists' Union Check-list of North American Birds*. The Auk 119(3):897-906.

AOU Check-list Supplement (2003a). *Forty-fourth supplement to the American Ornithologists' Union Check-list of North American Birds*. The Auk 120(3):923-931.

AOU Check-list Supplement (2003b). *Forty-fifth supplement to the American Ornithologists' Union Check-list of North American Birds*. The Auk 121(3):985-995.

AOU (1998). *American Ornithologist's Union Check-list of North American Birds*. Seventh Edition. 829 p.

Arriaga, L., J. M. Espinoza, C. Aguilar, E. Martínez, L. Gómez y E. Loa (Coord.) (2000). *Regiones Terrestres Prioritarias de México*. Comisión Nacional para el conocimiento y uso de la biodiversidad. México. 609 p.

Arriaga, L., V. Aguilar y J. Alcocer. (Coord.) (2002). *Aguas Continentales y Diversidad Biológica de México*. Comisión Nacional para el conocimiento y uso de la Biodiversidad. México. 142 p.

## BIBLIOGRAFÍA

- BirdLife International (2003). *BirdLife's online World Bird Database: the site for bird conservation*. En: <http://www.birdlife.org>
- Ceballos, G., H. Gómez De Silva y M. C. Arizmendi (2002). *Áreas Prioritarias para la Conservación de las Aves de México*. En: [www.conabio.gob.mx/institucion/conabio\\_espanol/doctos/aves\\_mexico.html](http://www.conabio.gob.mx/institucion/conabio_espanol/doctos/aves_mexico.html)
- Escalante, P., P., A. G. Navarro S. y A. T. Peterson (1993). *A Geographic, Historical and Ecological Analysis of Land Bird Diversity in Mexico*. En: Rammamoorthy, T. P., R. Bye, J. Fa y A. Lot (Eds.). *Biological diversity in Mexico: Origins and Distributions*. Oxford Univ. Press. Nueva York. pp. 281-307.
- Escalante, P., P., A. M. Sada y J. Robles-Gil (1996). *Listado de Nombres Comunes de las Aves de México*. CONABIO y Sierra Madre, A.C. 32 p.
- Gómez De Silva, H. (1996). *The Conservation Importance of Semiendemic Species*. *Biology* 10:674-675.
- Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2001. *Protección ambiental- Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo*. Diario Oficial de la Federación. 6 de marzo del 2002.
- Olson, D. M. y E. Dinerstein (1998). *The Global 200: A Representation Approach to Conserving the Earth's Most Biologically Valuable Ecoregions* *Conservation Biology*. Vol. 12. Núm. 3. pp. 502-515.
- Pérez-Arteaga, A., K. J. Gaston y M. Kershaw (2002). *Undesignated Sites in Mexico Qualifying as Wetlands of International Importance*. *Biological Conservation* 107. pp. 47-57.
- Pérez-Arteaga, A., S. F. Jackson, E. Carrera y K. J. Gaston (2005). *Priority Sites for Wildfowl Conservation in Mexico*. *Animal Conservation*. 8, pp. 41-50.
- Stattersfield, A. J., M. J. Crosby, A. J. Long y D. C. Wege (1998). *Endemic Bird Areas of the World*. *Priorities for Biodiversity Conservation*. Birdlife Conservation Series Núm. 7. Birdlife International, Gran Bretaña.
- Villaseñor, G., J. F., L. E. Villaseñor G., G. Chávez L., R. M. Villalón C. y H. Benítez D. (2000). *Colaboración en la Descripción de las AICAS Cuitzeo 2, Pátzcuaro 3, Tumbiscatío 4, Tancítaro 5, Cuenca Baja del Balsas 23, Coalcomán-Pómaro 25, Sierra Chincua 36 y Tacámbaro 54*. En: Arizmendi y Márquez-Valdelamar (Eds.). *Áreas de importancia para la conservación de las aves en México*. CONABIO, CIPAMEX. pp. 440.
- Villaseñor, G., L. E. (1994). *Avifauna Terrestre y Acuática del Lago de Cuitzeo, México*. *Ciencia Nicolaita*. 6:48-62.
- Villaseñor, G., L. E. y J. F. Villaseñor G. (2007). *Base de Datos del Laboratorio de Ornitología de la Facultad de Biología de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo*. Versión Biotica 4.1.
- ### 2.8 Ecología Espacial de las Aves
- Chace, J. F. y J. J. Walsh (2006). *Urban Effects on Native Avifauna: a Review*. *Landscape and Urban Planning* 74:46-69.
- Chao, A. y T. J. Shen (2003). *Program SPADE (Species prediction and Diversity Estimation)*. En: <http://chao.stat.nthu.tw>
- Doherty, P. F. y T. C. Grubb (2002). *Survivorship of Permanent-Resident Birds in a Fragmented Forested Landscape*. *Ecology* 83:844-857.
- Freemark, K. (1995). *Assessing Effects of Agriculture on Terrestrial Wildlife: Developing a Hierarchical Approach for the US EPA*. *Landscape and Urban Planning* 31:99-115.
- Hilton-Taylor, C. (2000). *IUCN Red list of Threatened Species*. International Union for the Conservation of Nature. Gland, Suiza.
- MacGregor-Fors, I., L. Morales-Pérez y J. E. Schondube. (En prensa). *From Forests to Cities: Effects of Urbanization on Subtropical Mountain Bird communities*. *Studies in Avian Biology*. Número especial: New directions in urban bird ecology.
- Ralph, C. J., G. R. Geupel, P. Pyle, T. E. Martin, D. F. DeSante y B. Milá (1996). *Manual de Métodos de Campo para el Monitoreo de Aves Terrestres*. U.S. Department of Agriculture, Albany, EEUU.
- Rojas, E. (2004). *Los Desafíos de un Continente Urbano: La Acción del BID en Desarrollo Urbano*. Banco Interamericano de Desarrollo, Washington, D.C. EEUU.
- ### 2.9 Mamíferos Silvestres
- Correa Pérez, G. (1974). *Geografía del Estado de Michoacán*. Tomo I. Gobierno del Estado de Michoacán, 454 p.
- Hernández Mora, A. (1994). *Los Mamíferos Silvestres No Voladores del Lado este del Lago de Cuitzeo, Michoacán, México*. Tesis profesional. Escuela de Biología, U.M.S.N.H. 86 p.
- Núñez Garduño, A. (1994). *Distribución y Caracterización de Peromyscus difficilis (nuevo registro) y P. maniculatus (Rodentia: Cricetidae) en el Estado de Michoacán, México*. *Biológicas* 2:102-114. U.M.S.N.H. Morelia, Mich.
- Núñez Garduño, A. (2005). *Los Mamíferos Silvestres de Michoacán*. *Diversidad, Biología e importancia*. Edit. Universitaria, U.M.S.N.H. 448 pp.
- Núñez Garduño, A. y G. Pastrana Hernández (1990). *Los Roedores Michoacanos*. Manual de identificación. C.C.I. – U.M.S.N.H. Morelia, Mich. México. 124 p.
- Sayavedra, Negrete D. (1991). *Estudio sobre los Roedores del Valle de Tarímbaro, Michoacán*. México. Tesis profesional. Escuela de Biología, U.M.S.N.H. 62 p.
- ### 2.10 Áreas Naturales Protegidas
- Ávila, G. P. (1994). *Conflictos por la Contaminación y Gestión del Agua en el Distrito de Riego Morelia-Queréndaro*, Vol. XVI. Núm. 60. pp. 221-250.
- SUMA, 2007. *Proyecto del Programa de Ordenamiento Ecológico del Territorio del Estado de Michoacán*, documento en consulta pública.
- Vargas Uribe, G. J., C. L. Navarro Chávez, J. O. García García y C. Contreras Barriga (2005). *Realidad Socioeconómica Contemporánea*. En: Laura E. Villaseñor Gómez (Ed.) *La Biodiversidad en Michoacán: Estudio de Campo*. CONABIO-SUMA-UMSNH.
- Velázquez, A., N. Sosa, J. A. Navarrey y Torres A. (2005). *Bases para la Conformación del Sistema de Áreas de Conservación del Estado de Michoacán*. Programa de Conservación para el Estado de Michoacán 2003-2008. Secretaría de Urbanismo y Medio Ambiente-Universidad Nacional Autónoma de México. México: 90 p.

## Capítulo 3. Características Socioeconómicas

### 3.1 Reflejo de la Cultura

- Corona Núñez, J. (1979). *Cuitzeo*. Monografías municipales, Morelia, Gobierno del Estado.
- Corona Núñez, J. (1999). *Mitología Tarasca*. Morelia, Instituto Michoacano de Cultura, Quinta Edición.
- Basalencue, D. (1963). *Historia de la Provincia de San Nicolás de Tolentino de Michoacán del Orden de N.P.S. Agustín*. Introducción y notas de José Bravo Ugarte. Editorial Jus. México.
- López Lara, R. (1977). *Zinapécuaro. Monografías Municipales del Estado de Michoacán, Morelia*. Gobierno del Estado.
- Michoacán, Gobierno del Estado, Centro Estatal de Estudios Municipales (1987). *Los Municipios de Michoacan*. Colección Enciclopedia de los Municipios de Mexico. México. 532 pp.
- Paredes Martínez C., M. Piñón Flores, A. Escobar Olmedo y T. Pulido Solis (1984). *Michoacán en el Siglo XVI*. Colección estudios Michoacanos. Fimax, publicistas.
- Tortolero Villaseñor, A. (2000). *El Agua y su Historia*. México y sus desafíos hacia el siglo XXI. Siglo XXI. México.
- Vázquez de Espinoza, A. (1944). *Compendio y Descripción de las Indias Occidentales*. Comité Interdepartamental I de Cooperación Científica y Cultural de los Estados Unidos.

### 3.2 Situación Social

- Boltvinik, J. (1994). *Pobreza y Estratificación Social en México*. INEGI. Aguascalientes.
- CONAPO (2002). *Índices de Marginación a Nivel Localidad, 2000*. En: <http://www.conapo.gob.mx>
- CONAPO (2006). *Índices de Marginación, 2005*. En <http://www.conapo.gob.mx>
- INEGI (1993). *Niveles de Bienestar en México*. INEGI, Aguascalientes.
- INEGI (1997). *Conteo de Población y Vivienda, 1995. Resultados definitivos*. Michoacán. México.
- INEGI (2001). *Niveles de Bienestar en México*. INEGI, Aguascalientes. En: <http://www.inegi.gob.mx>
- INEGI (2001b). *Sistema Municipal de Bases de Datos (SIMBAD)*. XII Censo General de Población y Vivienda 2000. En: <http://sc.inegi.gob.mx/simbad/index.jsp> (Descarga: 01-04-07).
- INEGI (2006). *II Conteo de Población Vivienda, 2005*. Resultados definitivos. Consulta interactiva de datos. En: <http://www.inegi.gob.mx/est/contenidos/espanol/proyectos/conteos/conteo2005/bd/consulta2005/pt.asp> (Descarga: 01-04-07).
- INEGI (2006b). *II Conteo de Población y Vivienda, 2005. Principales resultados por localidad*. En: <http://www.inegi.gob.mx/est/contenidos/espanol/sistemas/conteo2005/localidad/iter/default.asp> (Descarga: 01-04-05).

INEGI-CEPAL (1993). *Magnitud y Evolución de la Pobreza en México, 1984-1992*. INEGI-CEPAL, Aguascalientes.

Torres, F. y J. Delgadillo (1990). *Bienestar Social y Metodología del Espacio Social*. Escuela Nacional de Trabajo Social e Instituto de Investigaciones Económicas (UNAM). México.

### 3.3 Población Económicamente Activa Ocupada Según Nivel de Ingreso

- INEGI (2001). *XII Censo General de Población y Vivienda 2000*. Principales resultados por localidad, Aguascalientes, Ags. (CD-ROM).
- INEGI. (2006a). *II Conteo de Población Vivienda, 2005*. Resultados definitivos. Consulta interactiva de datos. En: <http://www.inegi.gob.mx/est/contenidos/espanol/proyectos/conteos/conteo2005/bd/consulta2005/pt.asp> (Descarga: 01-04-07).
- INEGI. (2006b). *II Conteo de Población y Vivienda, 2005. Principales resultados por localidad*. En: <http://www.inegi.gob.mx/est/contenidos/espanol/sistemas/conteo2005/localidad/iter/default.asp>. (Descarga: 01-04-05).

### 3.4 Actividades Económicas

- INEGI (2005). *Sistema Automatizado de Información Censal*. SAIC 5.0. Censos Económicos 2004, Aguascalientes (CD-ROM).
- INEGI (2006a). *Sistema para la Consulta del Anuario Estadístico del Estado de Guanajuato, edición 2006*. En: <http://www.inegi.gob.mx/est/contenidos/espanol/sistemas/ae06/estatal/gto/index.htm> (Descarga: 27-03-07).
- INEGI (2006b). *Sistema para la Consulta del Anuario Estadístico del Estado de Michoacán de Ocampo, Edición 2006*. En: <http://www.inegi.gob.mx/est/contenidos/espanol/sistemas/ae06/estatal/mic/index.htm> (Descarga: 27-03-07).
- Palacio, J. L., M. T. Sánchez, J. M. Casado, E. Propin, J. Delgado, A. Velásquez, L. Chías, M. I. Ortiz, J. González, G. Negrete, J. G. Morales y R. Márquez (2004). *Indicadores para la Caracterización y Ordenamiento Territorial*, UNAM-SEDESOL-SEMARNAT-INE. México 161 p.

### 3.5 Migración

- Izazola, H. y C. Marquette (1999). *Emigración de la Ciudad de México ¿Estrategia de Supervivencia Frente al Deterioro Ambiental?* En: SOMEDE, Hacia la demografía del Siglo XXI, México, Sociedad Mexicana de Demografía, UNAM/IIS.
- Herrera, R. (2006). *La Perspectiva Teórica en el Estudio de las Migraciones*. México, Siglo XXI Editores.
- Valdés, L. M. (2000). *Población. Reto del Tercer Milenio*. Curso interactivo introductorio a la demografía. México, UNAM-Coordinación de Humanidades y Miguel Ángel Porrúa.
- Pérez, E. y C. Santos (2006). *Migración Urbana-Urbana en México. Primeras aproximaciones*. En: Memorias del 11º Encuentro Nacional Sobre Desarrollo Regional, AMECIDER. Disco Compacto.

SEDESOL, CONAPO e INEGI (2004). *Delimitación de las Zonas Metropolitanas de México*. México, SEDESOL, CONAPO e INEGI.

### 3.6 Sector Pesquero

Conapesca, SAGARPA (2005). *Información sobre Actividad Pesquera en el Lago de Cuitzeo, 2003*. Unidad de Enlace. Septiembre.

INEGI (2001). *Censos Económicos 1999. Sistema automatizado de información censal*. SAIC 4.0. SCIAN. Aguascalientes. México.

INEGI (2005). *Sistema Automatizado de Información Censal SAIC 5.0 Censos Económicos 2004*. Aguascalientes, Ags. (CD-ROM).

Hernández-Montaño, D. y A. Arellano-Torres (2002). *Alternativas de Desarrollo Pesquero en el Lago de Cuitzeo*. Memorias del I Foro Científico de Pesca Ribereña, 17-18 octubre. INP CRIP Guaymas, Sonora. s/p.

Pompa, I. Y., M. E. Valdivia, R. Raya y J. Romero (1998). *Deterioro Ambiental en la Cuenca del Lago de Cuitzeo y su Impacto en Organizaciones de Pescadores de la Ribera*. Revista de Geografía Agrícola, 26, enero, Universidad Autónoma de Chapingo. pp. 137-168.

### 3.7 Manejo Agrícola

Ávila, P. (2002). *Escasez y Contaminación del Agua en la Cuenca del Lago de Cuitzeo: El Caso de Morelia y su entorno rural*. En: Boemm, B., J. M. Durán, M. Sánchez y A. Torres (coord.). Los estudios del agua en la cuenca Lerma-Chapala-Santiago. El Colegio de Michoacán, A.C./ Universidad de Guadalajara. México. pp. 351-383.

INEGI (2003a). *Anuario Estadístico de Guanajuato, 2003*. Agricultura. México.

INEGI (2003b). *Anuario Estadístico de Michoacán de Ocampo, 2003*. Agricultura. México.

INEGI (2006a). *Sistema para la Consulta del Anuario Estadístico del Estado de Guanajuato, Edición 2006*. En: <http://www.inegi.gob.mx/est/contenidos/espanol/sistemas/ae06/estatal/gto/index.htm> (Descarga: 27-03-07).

INEGI (2006b). *Sistema para la Consulta del Anuario Estadístico del Estado de Michoacán de Ocampo, Edición 2006*. En: <http://www.inegi.gob.mx/est/contenidos/espanol/sistemas/ae06/estatal/mic/index.htm> (Descarga: 27-03-07).

### 3.8 Manejo Ganadero

INEGI (2006a). *Sistema para la Consulta del Anuario Estadístico del Estado de Guanajuato, Edición 2006*. En: <http://www.inegi.gob.mx/est/contenidos/espanol/sistemas/ae06/estatal/gto/index.htm> (Descarga: 27-03-07).

INEGI (2006b). *Sistema para la Consulta del Anuario Estadístico del Estado de Michoacán de Ocampo, Edición 2006*. En: <http://www.inegi.gob.mx/est/contenidos/espanol/sistemas/ae06/estatal/mic/index.htm>. (Descarga: 27-03-07).

### 3.9 Manejo Forestal

INEGI (2006a). *Sistema para la Consulta del Anuario Estadístico del Estado de Guanajuato, Edición 2006*. En: <http://www.inegi.gob.mx/est/contenidos/espanol/sistemas/ae06/estatal/gto/index.htm> (Descarga: 27-03-07).

INEGI (2006b). *Sistema para la Consulta del Anuario Estadístico del Estado de Michoacán de Ocampo, Edición 2006*. En: <http://www.inegi.gob.mx/est/contenidos/espanol/sistemas/ae06/estatal/mic/index.htm> (Descarga: 27-03-07).

SEMARNAT (2003). *Informe de la Situación del Medio Ambiente en México. 2002*. Compendio de estadísticas ambientales. Dirección General de Estadística e Información Ambiental. México.

## Capítulo 4. Infraestructura

### 4.1 Urbanización

Bassols, A. (1983). *México: Formación de Regiones Económicas. Influencias, Factores y Sistemas*. Instituto de Investigaciones Económicas-UNAM, México.

INEGI (1990). *Integración Territorial*. México. (Disco compacto).

INEGI (2000). *Integración Territorial*. México. (Disco compacto).

INEGI (2005). *Conteo de Población y Vivienda 2005*. México. (Disco compacto).

SEDESOL, CONAPO, INEGI (2007). *Delimitación de las Zonas Metropolitanas de México, 2005*. Secretaría de Desarrollo Social, Consejo Nacional de Población, Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, México, 182 p.

Quadratín (2007). *Situación del Lago de Cuitzeo es Frave: Investigadores de UMSNH, 27 de abril*. Consultado el 13 de febrero de 2008. En: <http://www.mimorelia.com/vernota.php?id=27003>

### 4.2 Disponibilidad de Drenaje y Agua en la Vivienda

INEGI (2006a). *II Conteo de Población y Vivienda, 2005. Resultados definitivos*. Consulta interactiva de datos. En: <http://www.inegi.gob.mx/est/contenidos/espanol/proyectos/conteos/conteo2005/bd/consulta2005/pt.asp> (Descarga: 01-04-07).

### 4.3 Actividades Secundarias y Terciarias

Fideicomiso de la Ciudad Industrial de Morelia (2004). *Directorio de las Empresas Instaladas en la Ciudad Industria del Morelia*. Mayo.

Hernández, V., R. (1991). *El Desarrollo del Capitalismo y la Urbanización de Morelia*. En: Urbanización y desarrollo en Michoacán. López C., G. (Coord.). El Colegio de Michoacán-Gobierno del estado de Michoacán. Zamora, Michoacán, México.



INEGI (2005). *Sistema Automatizado de Información Censal SAIC 5.0 Censos Económicos 2004*. Aguascalientes, Ags. (CD-ROM).

INEGI (2006a). *II Conteo de Población y Vivienda, 2005. Resultados Definitivos*. Consulta interactiva de datos. En: <http://www.inegi.gob.mx/est/contenidos/espanol/proyectos/conteos/conteo2005/bd/consulta2005/pt.asp> (Descarga: 01-04-07).

INEGI (2006b). *II Conteo de Población y Vivienda, 2005. Principales Resultados por Localidad*. En: <http://www.inegi.gob.mx/est/contenidos/espanol/sistemas/conteo2005/localidad/iter/default.asp> (Descarga: 01-04-05).

INEGI (2006c). *Sistema para la Consulta del Anuario Estadístico del Estado de Guanajuato, Edición 2006*. En: <http://www.inegi.gob.mx/est/contenidos/espanol/sistemas/ae06/estatal/gto/index.htm> (Descarga: 27-03-07).

INEGI (2006d). *Sistema para la Consulta del Anuario Estadístico del Estado de Michoacán de Ocampo, Edición 2006*. En: <http://www.inegi.gob.mx/est/contenidos/espanol/sistemas/ae06/estatal/mic/index.htm>

Pompa, I. Y., M. E. Valdivia, R. Raya y J. Romero (1998). *Deterioro Ambiental en la Cuenca del Lago de Cuitzeo y su Impacto en Organizaciones de Pescadores de la Ribera*. Revista de Geografía Agrícola, 26, enero. Universidad Autónoma de Chapingo. pp. 137-168.

#### 4.4 Infraestructura Vial

Instituto Mexicano del Transporte (IMT) (1997). *Datos Vectoriales. Inventario Nacional de Infraestructura para el Transporte*. Levantamiento GPS.

Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI) (2005). *Datos vectoriales. Brechas y terracerías*. Escala 1:1,000,000

Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI) (2005). *Datos vectoriales. Marco geoestadístico básico*. Escala 1:1,000,000.

Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI) (2005). *Datos vectoriales. Cuerpos de agua*. Escala 1:1,000,000

#### 4.5 Ubicación y Caracterización Geológica Ambiental de Tiraderos

Acosta Villegas, A. (2002). *Cambio en los Patrones de Consumo de Agua y Cambio de Uso del Suelo. El Caso de la Cuenca del Lago de Cuitzeo*. Tesis Profesional. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. 127 p.

Buenrostro, O. e I. Israde (2003). *La Gestión de los Residuos Sólidos en la Cuenca del Lago de Cuitzeo, México*. Revista Internacional de Contaminación Ambiental 19 (4), 161-169.

DOF (Diario Oficial de la Federación) (2003). *Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos*. 08/10/2003. México. 39 p.

DOF (Diario Oficial de la Federación) (2004). *Norma Oficial Mexicana NOM-083-SEMARNAT-2003, Especificaciones de protección ambiental para la selección del sitio, diseño, construcción, operación, monitoreo, clausura y obras complementarias de un sitio de disposición final de residuos sólidos urbanos y de manejo especial*. 20/10/2004. México. 16 p.

Israde-Alcántara, I., R. Rodríguez, T. Silva, A. Carrillo y A. García (1999). *El Tiradero de Morelia y sus Lixiviados*. Vinculación 6, 34-43.

Israde-Alcántara, I., O. Buenrostro y A. Carrillo-Chávez (2005). *Geological Characterization and Environmental Implications of the Placement of the Morelia Landfill, Michoacan, Central Mexico*. Journal of the Air and Waste Management Association 55(6).

Israde-Alcántara, I., O. Buenrostro-Delgado, V. H. Garduño-Monroy, V. M. Hernández-Madriral y E. López-Granados (2008). *Problemática Geológico-Ambiental de los Tiraderos de la Cuenca de Cuitzeo, Norte del Estado de Michoacán*. Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana; Vol. 2: 173-181.

Israde-Alcántara, I., O. Buenrostro- Delgado, V. H. Garduño-Monroy, V. M. Hernández- Madriral y E. López Granados (2009). *Problemática Geológico-Ambiental de los Tiraderos de la Cuenca de Cuitzeo, Norte del Estado de Michoacán*. Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana. Vol. 61(1) 203-211.

Mendoza, M., E. López y G. Bocco (2001). *Regionalización Ecológica, Conservación de Recursos Naturales y Ordenamiento Territorial en la Cuenca del Lago de Cuitzeo, Michoacán*. Informe Final presentado al SIMORELOS-CONACyT (Proyecto 98306024). Departamento de Ecología de los Recursos Naturales, Instituto de Ecología, UNAM. 266 p.

SEDESOL (Secretaría de Desarrollo Social) (2001). *Programa Nacional de Atención a Regiones Prioritarias*. Diario Oficial de la Federación 15 de marzo de 2001. México.

## Capítulo 5. Manejo del Agua

### 5.1 Agua Subterránea

Carrillo-Rivera, J. J., A. Cardona y W. M. Edmunds (2002). *Use of Abstraction Regime and Knowledge of Hydrogeological Conditions to Control High Fluoride Concentration in Abstracted Groundwater: Basin of San Luis Potosí, Mexico*. Journal of Hydrology. Vol. 261. pp. 24-47.

Carrillo-Rivera, J. J., M. Alconada, L. Peñuela-Arévalo, D. Romero, A. Godoy, J. Carbajal y G. Parada (2006). *Sistema de Información Hidrológica para el Diseño de un Programa de Pago por Servicios Ambientales en un Municipio con Potencial para la Instrumentación de un Mercado de Servicios Hidrológicos*. Instituto Nacional de Ecología. México D.F.

Carrillo-Rivera, J. J., R. Huizar, A. Cardona, G. Griselda, G. Varela, Graniel, CE, G. Centeno (2007). *Impactos Ambientales Relacionados al Uso Ineficiente del Agua Subterránea en México, Nuevo Atlas Nacional de México*. UNAM, Instituto de Geografía. Agua Subterránea, NA XI.1.

CONACYT-SEMARNAT (2005). *Interfase Rural Urbana en la Cuenca Alta del Lerma*. Hacia una metodología unificada del análisis ambiental y ciencias sociales. Convocatoria 2002-01. Convenio Instituto de Geografía-UNAM, CONACYT-SEMARNAT. México.

Contreras, S. y M. Cuesta (1990). *Flujo Subterráneo en el Sistema Acuífero del Área Morelia, Querétaro y Pátzcuaro Michoacán, México*. Tesis de licenciatura. Escuela Superior de Ingeniería y Arquitectura-Ciencias de la Tierra. IPN. México D.F.

- Huizar-Alvarez R., J. J. Carrillo-Rivera, G. Angeles-Serrano, T. Hergt y A. Cardona (2004). *Chemical Response to Groundwater Extraction Southeast of Mexico City*. Hydrogeology Journal. Vol. 12. pp 436-450.
- INEGI (1982). *Cartas Hidrológicas de Aguas Subterráneas: E14-1 Morelia, E14-2 Ciudad de México, F14-10 Guanajuato*. Escala 1:250,000.
- Peñuela-Arévalo, L. A. (2007). *Proceso de Recarga-Descarga de Agua Subterránea en Zonas Receptoras de Pago por Servicio Ambiental Hidrológico, Sierras Nevada y Las Cruces-México*. Tesis de maestría. Instituto de Geofísica, UNAM.
- Secretaría de Salud (2000). *Norma Oficial Mexicana NOM-127-SSA1-1994 de Salud Ambiental, Agua para Uso y Consumo Humano-Límites Permisibles de Calidad y Tratamientos a que debe Someterse al Agua para su Potabilización*. Diario Oficial de la Federación, 20 de junio de 2000.
- Tóth, J. (2000). *Las Aguas Subterráneas como Agente Geológico: Causas, Procesos y Manifestaciones*. Boletín Geológico y Minero de España, 111 (4) 9-26.

## 5.2 Usos del Agua Superficial y Subterránea

- Comisión Nacional del Agua (2007). *Estadísticas del Agua en México*. México, D.F. 259 p.
- Diario Oficial de la Federación (15 octubre 2003). *Acuerdo por el que se dan a conocer las denominaciones y la ubicación geográfica de las diecinueve cuencas localizadas en la zona hidrológica denominada Río Lerma-Chapala, así como la disponibilidad media anual de las aguas superficiales en las cuencas que comprende dicha zona hidrológica*.

## 5.3 Calidad del Agua Subterránea

- Diario Oficial de la Federación (2000). *Modificación a la Norma Oficial Mexicana NOM-127-SSA1-1994, Salud ambiental. Agua para uso y consumo humano. Límites permisibles de calidad y tratamientos a que debe someterse el agua a su potabilización*. Noviembre 22, 2000: 73-79.
- Unión Europea (2002). *Guidance for the Analysis of Pressures and Impacts in Accordance with the Water Framework Directive*. En: [www.eaufrance.tm.fr/francais/studes/pdf/etvde80.pdf](http://www.eaufrance.tm.fr/francais/studes/pdf/etvde80.pdf)
- FAO (1985). *Water Quality for Agriculture*. #29 rev. 1.
- Freeze, R. A. y J. A. Cherry (1979). *Groundwater*. Prentice-Hall. New Jersey. 604 p.
- Lesser y Asociados, S. A. de C. V. (2000). *Seguimiento del Estudio Hidrogeológico y Modelo Matemático del Acuífero del Valle de Cuitzeo, Guanajuato*. Comisión Estatal del Agua de Guanajuato.

## 5.4 Calidad del Agua Superficial

- Comisión Nacional del Agua (2001). *Calidad del Agua Superficial en la Región Lerma-Santiago-Pacífico a Diciembre del 2001*. Subdirección General Técnica Gerencia de Saneamiento y Calidad del Agua.

- Comisión Nacional del Agua (2006). *Estadísticas del Agua en México*. México, D.F., México.
- Diario Oficial de la Federación (20 octubre 2000). *Modificación a la Norma Oficial Mexicana NOM-127-SSA1-1994, salud ambiental. Agua para uso y consumo humano. Límites permisibles de calidad y tratamiento a que debe someterse el agua para su potabilización*.
- Diario Oficial de la Federación (2007). *Ley Federal de Derechos*. Capítulo VIII. Agua.
- León, V. L. F. (1991). *Índices de Calidad del Agua (ICA), Forma de Estimarlos y Aplicación en la Cuenca Lerma-Chapala*. Resumen Ejecutivo del Documento Índices de Calidad del Agua. Informe Técnico SH-9101/01. Marzo 1991. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. 43 p.
- Soto Galera, E., J. Paulo Maya, E. López López y J. A. Serna Hernández (1999). *Change in a Fish Fauna as Indication of Aquatic Ecosystem Condition in Río Grande de Morelia-Lago de Cuitzeo Basin, Mexico*. Environmental Management 24:133-140.

## 5.5 Descargas de Aguas Residuales

- Comisión Nacional del Agua (2007). *Estadísticas del Agua en México*. México, D.F. 259 p.
- Metcalf y Eddy Inc. (1991). *Wastewater Engineering. Treatment Disposal and Reuse*. 3rd edition, Mc-Graw Hill Book Co, Singapore.

## 5.7 Evaluación de la Calidad del Agua de los Ríos con Bioindicadores

- Aboal, M., M. Puig A. y M. Prefasi (1998). *Diatom Assemblages in Springs in Castellon Province, Eastern Spain*. Algological Studies 90: 79-95.
- Alba-Tercedor, J. (1996). *Macroinvertebrados Acuáticos y Calidad de las Aguas de los Ríos*. IV simposio del agua de Andalucía (SIAGA), Almería, España. pp. 203-213.
- Prygiel, J. y M. Coste (1995). *Les Diatomees et le Diagnostic de la Qualité des Eaux Continentales: Les Principales Méthodes Indicielles*. Vie et Milieu, 45 (3/4):179-186.
- Hilsenhoff, W. L. (1988). *Rapid Field Assesment of Organic Pollution with a Familiy Level Biotic Index*. Journal of the North American Benthological Society 7:65-68.
- Israde-Alcántara, I., V. Segura García, N. Abarca Mejía, L. Ector, Cantoral Uriza y M. Mendoza Cantú (2007). *Diatomeas del Río Lerma, Estimación de la Calidad del Agua de un Río Fuertemente Contaminado*. Resultados preliminares. Memorias del Congreso nacional y Reunión Mesoamericana de manejo de Cuencas hidrográficas. Querétaro.
- Prat, N. T., M. Munné y M. Rieradevall (1996). *La Calidad Ecológica de las Aguas*. Seminario internacional "Macroinvertebrados como bioindicadores de la calidad de agua". 17-20 febrero de 1997, Cali, Colombia.
- Prygiel, J. y M. Coste (1997). *Progress in the Use of Diatoms for Monitoring Rivers in France*. En: Prygiel J., B. A. Whitton y J. Bukowska (Eds.). Use of Algae for Monitoring Rivers III. Centre Tertiaire de l'Arsenal. pp. 165-179.
- Rosenberg, D. M. y V. H. Resh (1993). *Freshwater Biomonitoring and Benthic Macroinvertebrates*. Chapman & Hall, N.Y, USA.

## Capítulo 6. El Lago de Cuitzeo

### 6.1 Evolución del Lago en los Últimos 100 Mil Años

- Bradbury, J. P. (2000). *Limnologic History of Lago de Pátzcuaro, Michoacán, México for the Past 48,000 years: Impacts of Climate and Man*. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology. 163: 69-95.
- Israde-Alcantara, I. (1995). *Bacini Lacustri dal Settore Centrale dall'Arco Vulcanico Messicano. Stratigrafia ed evoluzione vulcanotettonica basata sulle diatomee*. Ph D Thesis. Università degli Studi di Milano. 254p.
- Israde-Alcantara, I., V. H. Garduño Monroy y R. Ortega Murillo (2002). *Paleoambiente Lacustre del Cuaternario Tardío en el Centro del Lago de Cuitzeo*. Hidrobiologica 2 (1): 61-78.
- Lozano García, S. y B. Ortega Guerrero (1993). *Palynological and Magnetic Susceptibility Records of Lake Chalco, Central Mexico*. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeogeography 109: 177-191.
- Metcalfe, S. E. (1995). *Holocene environmental change in the Zacapu basin, Mexico: a diatom based record*. The Holocene 5: 196-208.
- Ortega Guerrero, B., M. Caballero, S. Lozano García, I. Israde Alcantara y G. Vilaclara (2002). *52,000 Years of Environmental History in Zacapu Basin, Michoacán, México: The Magnetic Record*. Earth and Planetary Science Letters 202: 663-675.
- Velázquez Durán, R., I. Israde Alcántara y S. Lozano García (2001). *Significado Ecológico de los Palinomorfos Depositados en el Lago de Cuitzeo, Michoacán, Durante los Últimos 35,000 Años*. Ciencia Nicolaita 29: 45-61.

### 6.2 Dinámica del Lago

- Mendoza, M. E., G. Bocco y M. Bravo (2002). *Spatial Prediction in Hydrology: Status and Implications in the Estimation of Hydrological Processes for Applied Research*. Progress in Physical Geography, 26 (3): 319-338.
- Salas, J. D. (1992). *Analysis and Modeling of Hydrological Time Series*. En: Maidment (editor), Handbook of Hydrology. McGraw Hill, New York.
- Schneider, S. R., D. F. McGinnis y G. Stephens (1985). *Monitoring Africa's Lake Chad Basin with Landsat and NOAA Satellite Data*. International Journal of Remote Sensing, 6: 59-73.

### 6.3 Algas, Zooplancton y Macroinvertebrados

- Aguilera y Huacuz (1994). *Ribera Este*. En J. G. A. Ceballos, M. R. Ortega, M. Medina, M. Martínez, L. S. Rodríguez y S. González (1994). Análisis Limnológico del Lago de Cuitzeo, Michoacán, México. Revista Biológica Escuela de Biología. UMSNH. No.4: 45 p.

Alvarado, J., T. Zubieta, R. Ortega, A. Chacón y R. Espinoza (1984). *Hipertroficación en un Lago Tropical Somero (Lago de Cuitzeo, Michoacán, México)*. Revista Biológicas. Escuela de Biología. UNMSNH. No 1: 20 p.

Chacón T., A. (1980). *Contribución al Conocimiento de la Ecología y Composición de la Ictiofauna del Lago de Cuitzeo, Mich.* Tesis Profesional. Escuela de Biología. UMSNH, México. 75 pp.

Chacón-Torres A., C. Rosas-Monge y J. Alvarado-Díaz (2000). *The Effects of Hypereutrophication in a Tropical Mexican Lake*. Aquatic Ecosystems of Mexico: Status and Scope. Editores H. Munawar, S.G. lawrencen, I.F. Munawar y D.F. Malley: 89-101.

Israde-Alcantará, I. (1999). *Los Lagos Volcánicos y Tectónios en Michoacán*. En: Cartas Geológicas de Michoacan escala 1: 250,000. Instituto de Investigaciones Metalúrgicas. UMSNH: 45-74 en el centro del lago de Cuitzeo. Hidrobiológicas 12 (1):61-78.

Israde-Alcántara, I., V. H. Garduño Monroy y R. Ortega Murillo (2002). *Paleoambiente Lacustre del Cuaternario Tardío en el Centro del Lago de Cuitzeo*. Hidrobiológicas. Vol. 12 (1): 61-78.

Martínez P., M. A. (1994). *Macroinvertebrados Bentónicos del Lago de Cuitzeo, Michoacán, México*. Tesis de licenciatura. Facultad de Biología. UMSNH. 67 p.

Mendivil, R., O. R. Cortés A., C. Cuevas G. y J. L. García C. (1980). *Algunos Aspectos Físico-Químicos a Consideraciones sobre la Pesca en el Lago de Cuitzeo (estudio trimestral 1976-1977)*. Segundo Simposio Latinoamericano de Acuicultura 3: 1747-1782.

Ortega Murillo, M. R. (1985). *Contribución al conocimiento del Fitoplancton de Lago de Cuitzeo, Mich., México*. Tesis de Licenciatura Escuela de Biología UMSNH. 100 p.

Ortega Murillo, M. R. (2002). *Evolución del Lago de Cuitzeo en los Últimos Ca 18,000 Años A.P. Con Base en el Análisis de las Diatomeas del Presente y Pasado*. Tesis de Maestría. Facultad de Biología. UMSNH. 101 p.

Ortega Murillo, M. R., I. Israde Alcántara y R. Alvarado Villanueva (2004). *Diatomeas del Fitoplancton y Perifiton del Lago de Cuitzeo, Michoacán, México*. Biológicas No. 6: 68-78.

Pedraza Agustín, I. (2007). *Dinámica Poblacional Bacteriana del Lago de Cuitzeo, Michoacán, México*. Tesis de Maestría. Facultad de Biología. UMSNH. 101pp.

Pompa, L., I. Y. (1990). *Composición y Estructura del Perifiton Animal del Lago de Cuitzeo, Michoacán, México, en Base al Análisis en Componentes Principales*. Tesis Profesional. UMSNH, México. 83 p.

Round, F. E., R. M. Crawford y D. G. Mann (1991). *The Diatoms. Biology and Morphology of the Genera*. Cambridge University Press. Cambridge. 213 p.

### 6.4 Dinámica Poblacional Bacteriana

Beltrán, N. Ma. de los A. (1993). *Estudio de Contaminación Fecal de la Subcuenca del Lago de Cuitzeo, Utilizando como Indicadoras a las Bacterias Coliformes*. Tesis de Licenciatura. U.M.S.N.H. Morelia. 74 p.

- Byamukama, D., R. L. Mach, F. Kasiime, M. Manafi y H. A. Farleintner (2005). *Discrimination Efficacy of Fecal Pollution Detection in Different Aquatic Habitats of a High-Altitude Tropical Country, Using Presumptive Coliforms, Escherichia coli; and Clostridium perfringens Spores*. Appl. Environ. Microbiol. 71: 65-71.
- Ceballos, C. J. G. A., M. R. Ortega, M. Medina, M. Martínez y J. L. S. Rodríguez (1994). *Análisis Limnológico del Lago de Cuitzeo, Michoacán, México*. Secretaria de Difusión Cultural Editorial Universitaria.
- DOF (1993). *Diario Oficial de la Federación. NOM-014-SAAI-1993. Procedimientos sanitarios para el muestreo de agua para uso y consumo humano en sistemas de abastecimiento de agua públicos y privados*. México.
- Gordon, D. M. (2001). *Geographical Structure and Host Specificity in Bacteria and the Implications for Tracing the Source of Coliform Contamination*. Microbiol. 147: 1079-1085.
- Hood, M. A. y G. E. Ness (1982). *Survival of Vibrio cholerae and Escherichia coli in estuarine waters and sediments*. Appl. Environ. Microbiol. 43(3): 578-584.
- Lindström, E., M. P. Kamst-Van y G. Zwart (2005). *Distribution of Typical Freshwater Bacterial Groups is Associated with pH, Temperature, and Lake Water Retention Time*. Appl. Environ. Microbiol. 71: 8201-8206.
- Marchand, P.E.O. (2002). *Microorganismos Indicadores de la Calidad del Agua de Consumo Humano en Lima Metropolitana*. Tesis de Licenciatura. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. 69 p.
- McLellan, L. S., (2004). *Genetic Diversity of Escherichia coli Isolated from Urban Rivers and Beach Water*. Appl. Environ. Microbiol. 70: 4658-4665.
- Pelczar, J. M. (1997). *Microbiología*. 2da Edición. Mc Graw-Hill. España. 826 p.
- Prescott, M. L., P. J. Harley y A. D. Klein (2004). *Microbiología*. 5ta. Edición. España. 1240 p.
- Santos, M. A. R. (1995). *Estudio de Contaminación por Materia Fecal, Utilizando como Indicadores a las Bacterias Coliformes en el Lago de Zirahuén, Michoacán*. Tesis de Licenciatura. Facultad de Biología, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia. 66 p.
- Sayler, G. S., J. D. Nelson Jr., A. Justice y R. R. Colwell (1975). *Distribution and Significance of Fecal Indicator Organisms in the Upper Chesapeake Bay*. Appl. Microbiol. 30: 625-638.
- Winfield, M.D. y E. A. Groisman (2003). *Role of Nonhost Environments in the Lifestyles of Salmonella and Escherichia coli*. Appl. Environ. Microbiol. 69 (7): 3687-3694.
- 6.5 Flora del Lago**
- Ceballos, J. G. A., M. R. Ortega Murillo, M. Medina Nava, M. Martínez Trujillo, S. González Santollo, L. S. Rodríguez Jiménez (1994). *Análisis Limnológico del Lago de Cuitzeo, Michoacán, México*. Facultad de Biología, UMSNH.
- Galindo Obarrio, M. (2005). *Water Quality its Spatial Variability in Lake Cuitzeo, Mexico*. Tesis de Maestría. International Institute for Geo-information Science and Hearth Observation Enschede. The Netherlands. 100 p.
- Lozano García, M. S. (1996). *La Vegetación del Cuaternario Tardío en el Centro de México: Registros Palinológicos e Implicaciones Paleoclimáticas*. Boletín de la Sociedad Botánica de México 58: 113-127.
- Madrigal Guridi, X., A. Novelo Retana y A. Chacón Torres (2004). *Flora y Vegetación Acuáticas del Lago de Zirahuén, Michoacán, México*. Acta Botánica Mexicana 68: 1-38.
- Martínez, M. y A. García Mendoza (2001). *Flora y Vegetación Acuáticas de Localidades Selectas del Estado de Querétaro*. Acta Botánica Mexicana 54: 1-23.
- Rojas Moreno, J. y A. Novelo Retana (1995). *Flora y Vegetación Acuáticas del Lago de Cuitzeo, Michoacán, México*. Acta Botánica Mexicana 31: 1-17.
- Serpétegui Rámirez, J. (2006). *Monitoring of Watland Vegetation in Lake Cuitzeo, Mexico*. Tesis de Maestría. International Institute for Geo-information Science and Hearth Observation Enschede. The Netherlands. 71 p.
- Velázquez Durán, R. (2003). *Evolución Paleoambiental del Lago de Cuitzeo Durante el Pleistoceno Tardío: Historia de la Vegetación e Implicaciones Paleoclimáticas*. Tesis de Maestría. Instituto de Investigaciones Metalúrgicas, UMSNH. 192 p.
- 6.6 Tendencias Espaciales de la Contaminación**  
**6.6a Distribución de Elementos Geogéneos al Interior del Lago**
- Baize, D. y T. Sterckeman (2001). *Of the Necessity of Knowledge of the Natural Pedo-Geo-Chemical Background Contents in the Evaluation of the Contamination of Soils by Trace Elements*. The Science of the Total Environment 264 (2001) 127-139.
- Folkes, D. J., T. E. Kuehster y R. A. Litle (2001). *Contributions of Pesticide use to Urban Background Concentrations of Arsenic in Denver, Colorado, USA*. Environmental Forensics 2 (2001) 127-139.
- Gasparon, M. y J. Matschullat (2006). *Geogenic Sources and Links of Trace Elements in the Larsemann Hills, East Antarctica: Natural Processes and Human Impact*. Applied Geochemistry 21 (2006) 318-334.
- Oliver, M. A. y A. L. Kharyat (1999). *Investigating the Spatial Variation of Radon in Soil Geostatistically*. The IV International Conference on Geocomputation, Fredericksberg, Virginia. En: [http://www.geovista.psu.edu/sites/geocomp99/Gc99/095/gc\\_095.htm](http://www.geovista.psu.edu/sites/geocomp99/Gc99/095/gc_095.htm)
- Siegel, F. R. (2002). *Environmental Geochemistry of Potentially Toxic Metals*. Ed. Springer. 218 p.
- Soil Science Society of America (SSSA) (1996). *Methods of Soil Analysis # 5*. Part 1 Physical and Mineralogical Methods. Ed. A Klute. Part. 3. Chemical Methods. Ed. D.L. Sparks. 2da edición. Madison, Wisconsin, USA. 1390 p.
- Sommer, I., P. Fernández, H. Rivas, y M. Gutiérrez (2000). *La Geoestadística como Herramienta en Estudios de Contaminación de Suelos. Análisis de Caso: Afectación de Suelo por Arsénico, Plomo y Cadmio Contenidos en Jales Mineros*. Rev Int. de Contaminación Ambiental 4 (2000) 205-214.
- Webster R. y M. A. Oliver (1990). *Statistical Methods in Soil and Land Resources Survey*. Oxford University Press. Oxford. 316 p.

## 6.6b Elementos Contaminantes a Nivel Cuenca

- Alfaro, R., V. Martínez, N. Segovia, P. Pena, M. B. Lopez, M. Armienta, J. Rangel y J. L. Seidel (2002). *Radon Behavior in Springs and Wells Around Cuitzeo Lake, Lerma River Basin, Mexico*. Geofísica Internacional. Vol. 41. Núm. 4. pp. 439- 445.
- Birkle, P. y B. Merkel (2002). *Mineralogical-Chemical Composition and Environmental Risk Potential of Pond Sediments at the Geothermal Field of Los Azufres, Mexico*. Environmental Geology. 41: 583-582.
- Bhattacharya, P., J. Gunnar, S. Friesbie, E. Smith, R. Naidu y B. Sarkar (2002). *Arsenic in the Environment: A Global Perspective*. En: Heavy metals in the environment. Sarkar, B. (Ed.) Marcel Dekker, NY, USA. pp. 147-215.
- Buchman, M. F. (1999). *NOAA Screening Quick Referente Tables*. NOAA HAZMAT Report 99-1, Seattle, Coastal Protection and Restoration Division, National Oceanic, and Atmospheric Administration, 12 p.
- Galindo, M. (2005). *Water Quality and its Spatial Variability in Lake Cuitzeo, Mexico*. Master Thesis. International Institute for Geo-Information Science and Earth Observation. Enschede, The Netherlands. 100 p.
- Stout, S. y A. Uhler (2003). *Distinguishing "Background" Hydrocarbons from Contamination Using Chemical Fingerprinting*. Environmental Claims Journal 15 (2): 241 – 259.
- Tello Hinojosa, E. (1983). *Reconocimiento y Evaluación Geoquímica de las Zonas Termales del Lago de Cuitzeo*. Subgerencia de Estudios Geotérmicos, Depto de Exploración, CFE, México.
- Wayne G. Landis y Ming-Ho Yu (1999). *Introduction to Environmental Toxicology: Impacts of Chemicals Upon Ecological Systems*. Lewis Publishers, CRC Press, N. W., Boca Raton, Florida.

## 6.6c Elementos Contaminantes al Interior del Lago

- Buchman, M. F. (1999). *NOAA Screening Quick Referente Tables*. NOAA HAZMAT Report 99-1, Seattle, Coastal Protection and Restoration Division, National Oceanic and Atmospheric Administration, 12 p.

De la Lanza, G. y J. L. García (Eds.) (1995). *Lagos y Presas de México*. Centro de Ecología y Desarrollo. Mexico, D.F.

Folke, C., S. Carpenter, T. Elmqvist, L. Gunderson, C. S. Holling y B. Walker (2002). *Resilience and Sustainable Development: Building Adaptive Capacity in a World of Transformations*. AMBIO: A Journal of the Human Environment 31(5): 437–440.

ISO (Internacional Organization for Standarizarion) (1995). *Draft International Standard ISO/DIS 10381-5*. Soil quality-Sampling- Part 5: Guidance on investigation of soil contamination of urban and industrial sites.

Israde-Alcantara, I., J. Bischoff, S. Cram, C. Ruiz, J. Barron, S. Lozano-Garcia, B. Ortega-Guerrero y V. H. Garduño-Monroy (2007). *Holocene Record of The Cuitzeo Lake, Michoacan, Central Mexico*. American Geophysical Union, (Póster Núm. 1546\_GC01, Global Climate Change). Acapulco, México. Mayo 2007.

Izurieta Dávila, J. L., R. I. Huerto Delgadillo y C. Mijangos (2002). *Aporte de Nutrientes por Fuentes No Puntuales en la Cuenca del Lago de Cuitzeo, México*. XXVIII Congreso Interamericano de Ingeniería Sanitaria y Ambiental. 27 de octubre al 1 de noviembre de 2002. Cancún, Q. Roo.

Martínez, E. (2004). *Análisis de los Patrones Espaciales de la Contaminación por Metales y de la Materia Orgánica en los Sedimentos del Lago de Cuitzeo, Estado de Michoacán*. Tesis de licenciatura en Ingeniería Ambiental. Universidad Autónoma Metropolitana, México, D.F. 104 p.

Soil Science Society of America (SSSA) (1996). *Methods of Soil Análisis*. Part. 3. Chemical Methods. Ed. D. L. Sparks. Second edition. Madison, Wisconsin, USA. 1390 p.

## 6.7 Características Socioeconómicas de las Zonas Ribereñas 6.7b Actividad Pesquera

Compesca (2004). *Resumen de las Principales Acciones de Ordenamiento Pesquero y Acuícola en el Lago de Cuitzeo*. Comisión de Pesca de Michoacán.

Chambers, R. (1992). *Whose reality counts? Putting the First Last Intermediate Technology*. Publications. Great Britain. 294 p.

# ACERCA DE LOS AUTORES Y AGRADECIMIENTOS



Fotografía: Brenda Ávila Flores

## Capítulo 1. Características Físicas

### 1.1 Área de Estudio

Luis Miguel Morales Manilla  
**Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental, UNAM**  
moraman@ciga.unam.mx

### 1.2 Clima

Rosalía Vidal Zepeda  
**Instituto de Geografía, UNAM**  
clima@igg.unam.mx

### 1.3 Geología

Víctor Hugo Garduño-Monroy  
**Departamento de Geología y Mineralogía, Instituto de Investigaciones Metalúrgicas, U.M.S.N.H.**  
vgmonroy@umich.mx

Israde-Alcántara Isabel  
**Departamento de Geología y Mineralogía, Instituto de Investigaciones Metalúrgicas, U.M.S.N.H.**  
aisrade@umich.mx

*Agradecemos al OOAPAS y a la CNA, por todas las facilidades dadas en la búsqueda de información, este trabajo es fruto de su apoyo.  
Al Dr. Gerardo García Estrada de la Gerencia de Proyectos Geotermoeléctricos.  
Los recursos de este estudio fueron financiados por CONACyT 37334-T y por la Coordinación de la Investigación Científica-UMSNH (1.17).  
Queremos agradecer a la Contadora Irma Tzintzun y a todo su equipo su increíble apoyo.*

### 1.4 Susceptibilidad de la Inestabilidad de Laderas

Víctor Manuel Hernández-Madrigal  
**Departamento de Geología y Mineralogía, Instituto de Investigaciones Metalúrgicas, U.M.S.N.H.**  
vmhernan@umich.mx

Manuel E. Mendoza  
**Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental, UNAM – Campus Morelia**  
mmendoza@ciga.unam.mx

Víctor Hugo Garduño-Monroy  
**Departamento de Geología y Mineralogía, Instituto de Investigaciones Metalúrgicas, U.M.S.N.H.**  
vgmonroy@umich.mx

*Esta investigación fue parcialmente financiada por el PROMEP, a través del proyecto UMSNH-PTC-212, y por el Programa SIMORELOS (CONACyT), dentro del proyecto de investigación “Uso de técnicas de análisis multicriterio para la priorización de subcuencas y municipios para la conservación, restauración y el aprovechamiento de los recursos naturales en la Cuenca del Lago de Cuitzeo”, clave 2005-01-011, y la UNAM, a través del proyecto PAPIIT “Evaluación espacial y multitemporal de los cambios de cobertura y uso del terreno en la cuenca del lago de Cuitzeo: implicaciones para la sucesión forestal y el mantenimiento de la diversidad vegetal”, clave IN304408.*

### 1.5 Distribución de Cárcavas

Hugo Zepeda Castro  
**Laboratorio de Suelos, Departamento de Ciencias de la Tierra, Instituto de Investigaciones sobre los Recursos Naturales, U.M.S.N.H.-Servicios Integrales en Ecosistemas S.C.**  
aguianativo@gmail.com

Alberto Gómez Tagle Chávez  
**Laboratorio de Suelos, Departamento de Ciencias de la Tierra, Instituto de Investigaciones sobre los Recursos Naturales, U.M.S.N.H.**  
balberto.gomeztagle@gmail.com

Alberto F. Gómez Tagle Rojas  
**Laboratorio de Suelos, Departamento de Ciencias de la Tierra, Instituto de Investigaciones sobre los Recursos Naturales, U.M.S.N.H.**  
dr.alberto.gomez.tagle@gmail.com

Fabricio Mariano Domínguez  
**Laboratorio de Suelos, Departamento de Ciencias de la Tierra, Instituto de Investigaciones sobre los Recursos Naturales, U.M.S.N.H.**  
efabri\_md@yahoo.com.mx

*Los autores queremos agradecer al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) y a la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), por haber otorgado el financiamiento para este trabajo, a través del proyecto SEMARNAT-2002-C01-00012 “Diagnóstico Integrado y Priorización de Alternativas de Rehabilitación para la Sustentabilidad de la Cuenca de Morelia (Cuitzeo)”.  
Deseamos extender nuestro agradecimiento al Departamento de Ciencias de la Tierra, del Instituto de Investigaciones sobre los Recursos Naturales (INIRENA-UMSNH), y a la empresa consultora Servicios Integrales en Ecosistemas, S.C., por las facilidades logísticas y préstamo de equipo para la realización del vuelo aerofotográfico.  
Agradecemos también a los propietarios de los terrenos, sin cuyo permiso para acceder a su propiedad, hubiese sido imposible la verificación de campo de los mapas de este capítulo.*

### 1.6 Suelos

Arcelia Cabrera González  
**Facultad de Biología, U.M.S.N.H.**  
acabrera@zeus.umich.mx

Lenin Ejecatl Medina Orozco  
**Facultad de Biología, U.M.S.N.H.**  
leninmed@gmail.com

María Alcalá De Jesús  
**Facultad de Biología, U.M.S.N.H.**  
maalcala@terra.com

José Francisco Sánchez Espinoza  
**Centro de Investigación y Desarrollo del Estado de Michoacán**  
fsanchez86@hotmail.com

Juan Manuel Ayala Gómez  
**Facultad de Biología, U.M.S.N.H.**  
jmanuel@zeus.umich.mx

## ACERCA DE LOS AUTORES Y AGRADECIMIENTOS

### 1.7 Geomorfología

Manuel E. Mendoza  
**Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental, UNAM**  
mmendoza@ciga.unam.mx

Gerardo Bocco  
**Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental, UNAM**  
gbocco@ciga.unam.mx

*Esta investigación fue financiada por el Programa SIMORELOS (CONACyT), dentro del proyecto de investigación "Regionalización ecológica, conservación de recursos y ordenamiento territorial de la cuenca de Cuitzeo" (clave 98306024), el cual se realizó en la UNAM-Campus Morelia.*

*El primer autor agradece el apoyo proporcionado por el CONACyT y la UNAM a través de las becas de doctorado recibidas.*

### 1.8 Cobertura Vegetal y Uso del Terreno

Erna López  
**Instituto de Investigaciones Metalúrgicas, U.M.S.N.H.**  
ernalopez2004@yahoo.com.mx

Manuel E. Mendoza  
**Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental, UNAM – Campus Morelia**  
mmendoza@ciga.unam.mx

Gerardo Bocco  
**Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental, UNAM – Campus Morelia**  
gbocco@ciga.unam.mx

*Esta investigación fue parcialmente financiada por el Programa SIMORELOS (CONACyT), dentro del proyecto de investigación "Regionalización ecológica, conservación de recursos y ordenamiento territorial de la cuenca de Cuitzeo", clave 98306024, y la UNAM, a través del proyecto PAPIIT "Evaluación espacial y multitemporal de los cambios de cobertura y uso del terreno en la cuenca del lago de Cuitzeo: implicaciones para la sucesión forestal y el mantenimiento de la diversidad vegetal", clave IN304408.*

*El primer autor agradece el apoyo proporcionado por el CONACyT y por la UNAM a través de las becas de doctorado recibidas.*

### 1.9 Complejidad Temática y Espacial en la Cobertura Vegetal y Uso del Suelo

Stephane Couturier  
**Laboratorio de Análisis Geo-Espacial. Instituto de Geografía, UNAM**  
stephcamelo@lycos.com

*La investigación aquí reflejada se realizó parcialmente en el ámbito de la tesis de doctorado en geografía del autor, en la Facultad de Filosofía y Letras, UNAM, y en el ámbito de dos proyectos durante su estancia posdoctoral en el Instituto de Geografía, UNAM.*

*El autor recibió una beca CONACYT con matrícula 205000 y participó en los proyectos CONACYT-CONAFOR n° 47741 y PAPIIT n° IN-307410, por lo cual se les agradece a las instituciones respectivas.*

### 1.10 Unidades Geohidrológicas de la Región de Morelia-Cuitzeo

Víctor Hugo Garduño-Monroy  
**Instituto de Investigaciones Metalúrgicas, Departamento de Geología y Mineralogía, U.M.S.N.H.**  
vgmonroy@umich.mx

Víctor Hugo Medina-Vega  
**Instituto de Investigaciones Metalúrgicas, Departamento de Geología y Mineralogía, U.M.S.N.H.**  
victormedina01@yahoo.com.mx

Isabel Israde-Alcántara  
**Instituto de Investigaciones Metalúrgicas, Departamento de Geología y Mineralogía, U.M.S.N.H.**  
aisrade@umich.mx

Víctor Manuel Hernández-Madrigal  
**Instituto de Investigaciones Metalúrgicas, Departamento de Geología y Mineralogía, U.M.S.N.H.**  
vitorio\_manuel@yahoo.it

Jorge Alejandro Ávila-Olivera  
**Departamento de Ciencias de la Tierra, Instituto de Investigaciones sobre los Recursos Naturales (INI-RENA), U.M.S.N.H.**  
jao\_79@hotmail.com

*Agradecemos al OOAPAS y a la CNA, por todas las facilidades dadas en la búsqueda de información, este trabajo es fruto de su apoyo.*

*Al Dr. Gerardo García Estrada de la Gerencia de Proyectos Geotermoeléctricos.*

*Los recursos de este estudio fueron financiados por CONACyT 37334-T y por la Coordinación de la Investigación Científica-UMSNH (1.17).*

*Queremos agradecer a la Contadora Irma Tzintzun y todo su equipo su increíble apoyo.*

### 1.11 Hidrología y Regionalización Hidrogeográfica

Teodoro Carlón Allende  
**Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental, UNAM**  
teodoro\_allende@yahoo.com.mx

Manuel E. Mendoza  
**Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental, UNAM**  
mmendoza@ciga.unam.mx

Erna López  
**Instituto de Investigaciones Metalúrgicas, U.M.S.N.H.**  
ernalopez2004@yahoo.com.mx

*Los autores agradecen el apoyo proporcionado por los Fondos Mixtos CONACYT-Estado de Michoacán a través del proyecto "Regionalización hidrológica y cambio de cobertura vegetal y uso del suelo dentro de la cuenca de Cuitzeo. Bases para la planeación de los recursos hídrico en cuencas pobremente aforadas", clave 12469, y al CIECO-UNAM, a través de proyecto "Manejo de Ecosistemas y Desarrollo Humano", Clave SDEI-PTID-02.*



## Capítulo 2. Biodiversidad

### 2.1 Flora de la Cuenca

Jerzy Rzedowski  
**Instituto de Ecología, A.C., Centro Regional del Bajío. Pátzcuaro, Michoacán**  
jerzy.rzedowski@inecol.edu.mx

### 2.2 Recursos Forestales

Xavier Madrigal Sánchez  
**Facultad de Biología, U.M.S.N.H.**  
xsanchez@umich.mx

*A los CC. Ingenieros Jesús Ángeles López y Raúl Domínguez Cárdenas, de la Comisión Forestal del Estado de Michoacán, por las facilidades para consultar la información inédita de la dependencia.*

*A la Bióloga Lydía I. Guridi-Gómez, de la Facultad de Ingeniería en Tecnología de la Madera-UMSNH, por su apoyo en la estructuración del manuscrito.*

### 2.3 Insectos y Arácnidos

Javier Ponce Saavedra  
**Laboratorio de Entomología "Biól. Sócrates Cisneros Paz", Facultad de Biología, U.M.S.N.H.**  
javierpon@gmail.com

Ana F. Quijano Ravell  
**Laboratorio de Entomología "Biól. Sócrates Cisneros Paz", Facultad de Biología, U.M.S.N.H.**  
italyan18@gmail.com

*A la Coordinación de la Investigación Científica de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, cuyo financiamiento permitió la generación de la información sintetizada en el presente trabajo.*

### 2.4 Insectos Acuáticos de los Ríos

Catherine Mathuriau  
**Centro de Investigaciones en Ecosistemas, UNAM - Campus Morelia**  
mathuriau@oikos.unam.mx

Susana Herrejón Escutia  
**Centro de Investigaciones en Ecosistemas, UNAM - Campus Morelia**  
she\_3785@yahoo.com

*A la Técnico Carmen Herrera V. por su apoyo en el campo.*  
*Al Dr. Ken Oyama del Centro de Investigaciones en Ecosistemas (CIEco) - Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), por su apoyo financiero a través del macroproyecto "Manejo de ecosistemas y desarrollo humano" (UNAM-SDEI-PTID-02) <http://www.iztacala.unam.mx/mmr/mega/>*

*Al Dr. Christian Prat del IRD (Institut de Recherche pour le Développement) - LTHE (Laboratoire d'étude des Transferts en Hydrologie et Environnement) Grenoble, France, por su apoyo tanto financiero como logístico a través del programa de investigación europeo DESIRE*

*(Desertification mitigation and remediation of land: a global approach for local solutions) - UE FP6-2005-Global-4 (OJ 2005 C 177/15) <http://www.desire-project.eu>*  
*Al Dr. Manuel Maass del CIEco-UNAM por su firme apoyo científico, logístico y financiero.*

### 2.5 Peces

Martina Medina Nava  
**Laboratorio de Biología Acuática, Facultad de Biología, U.M.S.N.H.**  
martinamedi@gmail.com

Juan Manuel Ortega Rodríguez  
**Laboratorio de Percepción Remota y Sistemas de Información Geográfica, Facultad de Biología, U.M.S.N.H.**  
idrisi1959@gmail.com

*Los autores agradecen el apoyo otorgado por la Coordinación de la Investigación Científica de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo y de CONACYT, a través de la participación en el proyecto internacional UCMEXUS "Hotspots of Biodiversity in central Mexico: Implications and importance for habitat conservation in human-dominated watersheds."*

### 2.6 Anfibios y Reptiles

Uri Omar García-Vázquez  
**Museo de Zoología, Facultad de Ciencias, UNAM**  
urigarca@gmail.com

Oscar Alberto Flores Villela  
**Museo de Zoología, Facultad de Ciencias, UNAM**  
ofvq@servidor.unam.mx

*A Leticia Ochoa Ochoa, por la ayuda con las bases de datos.*

### 2.7 Avifauna

Laura E. Villaseñor Gómez  
**Laboratorio de Investigación en Ornitología, Facultad de Biología, U.M.S.N.H.**  
lauravillasenorgomez@gmail.com

Fernando Villaseñor Gómez  
**Laboratorio de Investigación en Ornitología, Facultad de Biología, U.M.S.N.H.**  
jfvillasenorg@hotmail.com

*La información presentada en el capítulo de las aves de la cuenca deriva de diferentes proyectos apoyados por la Coordinación de Investigación Científica de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo (CIC-UMSNH) y la Comisión Nacional para el conocimiento y el uso de la Biodiversidad (CONABIO). Tanto el personal, como los estudiantes del Laboratorio de Ornitología de la Facultad de Biología de la UMNSH han colaborado en las actividades de campo y gabinete, principalmente el Biól. Francisco R. Pineda Huerta, para ellos nuestro agradecimiento.*

### 2.8 Ecología Espacial de las Aves

Jorge E. Schondube  
**Centro de Investigaciones en Ecosistemas, UNAM**  
chon@oikos.unam.mx

## ACERCA DE LOS AUTORES Y AGRADECIMIENTOS

Ian MacGregor-Fors  
**Centro de Investigaciones en Ecosistemas, UNAM**  
ian@oikos.unam.mx

Lorena Morales-Pérez  
**Centro de Investigaciones en Ecosistemas, UNAM**  
lmorales@oikos.unam.mx

Erna López  
**Instituto de Investigaciones Metalúrgicas, U.M.S.N.H.**  
ernalopez2004@yahoo.com.mx

Manuel E. Mendoza  
**Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental, UNAM**  
mmendoza@ciga.unam.mx

*Los fondos para llevar a cabo esta investigación fueron proporcionados por la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) a través del Macroproyecto "Manejo de Ecosistemas y Desarrollo Humano" (SDEI-PTID-02), y del proyecto PAPITT No. IN228007-3. Ian MacGregor-Fors recibió una beca de maestría por parte del CONACyT (No. 203142).*

### 2.9 Mamíferos Silvestres

Arturo Núñez Garduño  
**Laboratorio de Mastozoología, Facultad de Biología, U.M.S.N.H.**  
anunez@umich.mx

### 2.10 Áreas Naturales Protegidas

Rocío Aguirre López  
**Secretaría de Urbanismo y Medio Ambiente, Gobierno del Estado de Michoacán**  
raguirre@michoacan.gob.mx

Neyra Sosa Gutiérrez  
**Secretaría de Urbanismo y Medio Ambiente, Gobierno del Estado de Michoacán**  
neyrasosa@hotmail.com

## Capítulo 3. Características Socioeconómicas

### 3.1 Reflejo de la Cultura

María del Carmen Carreón Nieto  
**Instituto de Investigaciones Históricas, U.M.S.N.H.**  
carmen\_carreonn@hotmail.com

**3.2 Situación Social, 3.3 Población Económicamente Activa Ocupada Según Nivel de Ingreso, 3.4 Actividades Económicas, 3.7 Manejo Agrícola, 3.8 Manejo Ganadero, 3.9 Manejo Forestal**

María Teresa Sánchez Salazar  
**Departamento de Geografía Económica, Instituto de Geografía, UNAM**  
mtss@igg.unam.mx

José María Casado Izquierdo  
**Departamento de Geografía Económica, Instituto de Geografía, UNAM**  
chema@igg.unam.mx

*Se agradece a Elvira Eva Saavedra Silva y a Flor Araceli Ruiz Peña por el apoyo brindado en la búsqueda y organización de la información bibliográfica y estadística para la elaboración del capítulo correspondiente a las Características socioeconómicas de la cuenca del lago de Cuitzeo: Situación Social, Población Económicamente Activa Ocupada Según Nivel de Ingreso, Actividades Económicas, Manejo Agrícola, Manejo Ganadero y Manejo Forestal. A Celia López Miguel por el apoyo brindado en la elaboración de los mapas y gráficos incluidos en el capítulo correspondiente a las Características socioeconómicas de la cuenca del lago de Cuitzeo: Situación Social, Población Económicamente Activa Ocupada Según Nivel de Ingreso, Actividades Económicas, Manejo Agrícola, Manejo Ganadero y Manejo Forestal.*

### 3.5 Migración

Clemencia Santos Cerquera  
**Departamento de Geografía Social, Instituto de Geografía, UNAM**  
csantos@igg.unam.mx

Enrique Pérez Campuzano  
**Centro Interdisciplinario de Investigaciones y Estudios sobre Medio Ambiente y Desarrollo-IPN**  
eperezc@ipn.mx

### 3.6 Sector Pesquero

María Teresa Sánchez Salazar  
**Departamento de Geografía Económica, Instituto de Geografía, UNAM**  
mtss@igg.unam.mx

José María Casado Izquierdo  
**Departamento de Geografía Económica, Instituto de Geografía, UNAM**  
chema@igg.unam.mx

*Se agradece a Elvira Eva Saavedra Silva y a Flor Araceli Ruiz Peña por el apoyo brindado en la búsqueda y organización de la información bibliográfica y estadística para la elaboración del capítulo correspondiente a Características socioeconómicas aledañas al lago de Cuitzeo: Sector pesquero. A Celia López Miguel por el apoyo brindado en la elaboración de los mapas y gráficos incluidos en el capítulo correspondiente a Características socioeconómicas aledañas al lago de Cuitzeo: Sector pesquero.*

## Capítulo 4. Infraestructura

### 4.1 Urbanización

Irma Escamilla Herrera  
**Departamento de Geografía Social, Instituto de Geografía, UNAM**  
ieh@igg.unam.mx

## ACERCA DE LOS AUTORES Y AGRADECIMIENTOS

Adrián Guillermo Aguilar  
**Departamento de Geografía Social, Instituto de Geografía, UNAM**  
adrian@servidor.unam.mx

*Los autores agradecen la colaboración de la Maestra Clemencia Santos y de Lizbeth Guarneros en el procesamiento estadístico y la elaboración del material cartográfico.*

### 4.2 Disponibilidad de Drenaje y Agua en la Vivienda, 4.3 Actividades Secundarias y Terciarias

María Teresa Sánchez Salazar  
**Departamento de Geografía Económica, Instituto de Geografía, UNAM**  
mtss@igg.unam.mx

José María Casado Izquierdo  
**Departamento de Geografía Económica, Instituto de Geografía, UNAM**  
chema@igg.unam.mx

*Se agradece a Elvira Eva Saavedra Silva y a Flor Araceli Ruiz Peña por el apoyo brindado en la búsqueda y organización de la información bibliográfica y estadística para la elaboración del capítulo correspondiente a la Infraestructura: Agua y Drenaje en la Vivienda y Actividades Secundarias y Terciarias.*  
*A Celia López Miguel por el apoyo brindado en la elaboración de los mapas y gráficos incluidos en el capítulo correspondiente a la Infraestructura: Agua y Drenaje en la Vivienda y Actividades Secundarias y Terciarias.*

### 4.4 Infraestructura Vial

Luis Chias Becerril  
**Departamento de Geografía Económica, Instituto de Geografía, UNAM**  
lchias@yahoo.com

Brenda Alcalá Escamilla  
**Departamento de Geografía Económica, Instituto de Geografía, UNAM**  
dotsinha@hotmail.com

María de Lourdes Hermsillo Plascencia  
**Departamento de Geografía Económica, Instituto de Geografía, UNAM**  
mlhp74@yahoo.com.mx

Héctor Daniel Reséndiz López  
**Departamento de Geografía Económica, Instituto de Geografía, UNAM**  
hresendizl@hotmail.com

### 4.5 Ubicación y Caracterización Geológica Ambiental de Tiraderos

Isabel Israde-Alcántara  
**Instituto de Investigaciones Metalúrgicas, Departamento de Geología y Mineralogía, U.M.S.N.H.**  
aisrade@umich.mx

Otoniel Buenrostro Delgado  
**Instituto de Investigaciones Agropecuarias y Forestales, U.M.S.N.H.**  
otonielb@umich.mx

Víctor Manuel Hernández-Madrigal  
**Instituto de Investigaciones Metalúrgicas, Departamento de Geología y Mineralogía, U.M.S.N.H.**  
vmhernan@umich.mx

Víctor Hugo Garduño Monroy  
**Instituto de Investigaciones Metalúrgicas, Departamento de Geología y Mineralogía, U.M.S.N.H.**  
vgmonroy@umich.mx

## Capítulo 5. Manejo del Agua

### 5.1 Agua Subterránea

Liliana Andrea Peñuela Arévalo  
**Departamento de Geografía Física, Instituto de Geografía, UNAM**  
lilianapenuela@gmail.com

José Joel Carrillo-Rivera  
**Departamento de Geografía Física, Instituto de Geografía, UNAM**  
joeljcr@igg.unam.mx

### 5.2 Usos del Agua superficial y Subterránea, 5.3 Calidad del Agua Subterránea, 5.4 Calidad del Agua Superficial, 5.5 Descargas de Aguas Residuales

Alba Esmeralda Zarco Arista  
**Dirección General de Investigación en Ordenamiento Ecológico y Conservación de los Ecosistemas, INE**  
azarco@ine.gob.mx

*A la Subdirección General de Administración del Agua, Gerencia del Registro Público de Derechos de Agua, CONAGUA, por proporcionar los datos de descargas de aguas residuales y extracción de agua concesionada.*  
*Asimismo, se agradece al Proyecto Fondo Sectorial SEMARNAT-CONACYT con clave SEMARNAT- 2002-C01-0249, por el apoyo dado para el desarrollo de este trabajo.*

### 5.6 Evaluación de la Calidad del Agua de los Ríos con la DQO y la DBO<sub>5</sub>

Catherine Mathuriau  
**Centro de Investigaciones en Ecosistemas, UNAM - Campus Morelia**  
mathuriau@oikos.unam.mx

Susana Herrejón Escutia  
**Centro de Investigaciones en Ecosistemas, UNAM - Campus Morelia**  
she\_3785@yahoo.com

Juan Rangel Camarena  
**Comisión Nacional del Agua, Dirección Local Michoacán**  
juan.rangel@conagua.gob.mx

*A la Técnico Carmen Herrera V. por su apoyo en el campo.*  
*Al Laboratorio de Calidad del Agua de la Dirección Local de la CONAGUA en Michoacán, por su apoyo con los análisis de algunos Parámetros de Calidad del Agua.*

## ACERCA DE LOS AUTORES Y AGRADECIMIENTOS

Al Dr. Ken Oyama del Centro de Investigaciones en Ecosistemas (CIEco) - Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) por su apoyo financiero a través del macroproyecto "Manejo de ecosistemas y desarrollo humano" (UNAM-SDEI-PTID-02) <http://www.iztacala.unam.mx/mmrg/mega/>

Al Dr. Christian Prat del IRD (Institut de Recherche pour le Développement) - LTHE (Laboratoire d'étude des Transferts en Hydrologie et Environnement) Grenoble, France, por su apoyo tanto financiero como logístico a través del programa de investigación europeo DESIRE (Desertification mitigation and remediation of land: a global approach for local solutions -UE FP6-2005-Global-4 (OJ 2005 C 177/15) <http://www.desire-project.eu>

Al Dr. Manuel Maass del CIEco-UNAM por su firme apoyo científico, logístico y financiero.

### 5.7 Evaluación de la Calidad del Agua de los Ríos con Bioindicadores

Catherine Mathuriau  
**Centro de Investigaciones en Ecosistemas, UNAM - Campus Morelia**  
mathuriau@oikos.unam.mx

Isabel Israde-Alcántara  
**Centro de Investigaciones en Metalúrgicas, U.M.S.N.H.**  
aisrade@umich.mx

Susana Herrejón Escutia  
**Centro de Investigaciones en Ecosistemas, UNAM - Campus Morelia**  
she\_3785@yahoo.com

Manuel Maass Moreno  
**Centro de Investigaciones en Ecosistemas, UNAM - Campus Morelia**  
maass@oikos.unam.mx

A la Técnico Carmen Herrera V. y al Biólogo Marco Vidales Núñez por el apoyo técnico en el campo.

Al Dr. Ken Oyama del Centro de Investigaciones en Ecosistemas (CIEco) - Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) por su apoyo financiero a través del macroproyecto "Manejo de ecosistemas y desarrollo humano" (UNAM-SDEI-PTID-02) <http://www.iztacala.unam.mx/mmrg/mega/>.

Al Dr. Christian Prat del IRD (Institut de Recherche pour le Développement) - LTHE (Laboratoire d'étude des Transferts en Hydrologie et Environnement) Grenoble, France, por su apoyo tanto financiero como logístico a través del programa de investigación europeo DESIRE (Desertification mitigation and remediation of land: a global approach for local solutions -UE FP6-2005-Global-4 (OJ 2005 C 177/15) <http://www.desire-project.eu>

Al proyecto CIC.1.1 "Estimación de la calidad del agua de río Grande y Río Chiquito basados en el estudio de las diatomeas.

## Capítulo 6. El Lago de Cuitzeo

### 6.1 Evolución del Lago en los Últimos 100 Mil Años

Isabel Israde-Alcántara  
**Instituto de Investigaciones Metalúrgicas, Departamento de Geología y Mineralogía, U.M.S.N.H.**  
aisrade@umich.mx

Rodrigo Velázquez Durán  
**Centro de Investigaciones en Ecosistemas (CIEco), UNAM**  
duran@oikos.unam.mx

Ma. Socorro Lozano Garcia  
**Departamento de Paleontología, Instituto de Geofísica, UNAM**  
mslozano@servidor.unam.mx

Víctor Hugo Garduño Monroy  
**Instituto de Investigaciones Metalúrgicas, Departamento de Geología y Mineralogía, U.M.S.N.H.**  
vgmonroy@umich.mx

Rosario Ortega Murillo  
**Laboratorio de Biología Acuática de la Facultad de Biología, U.M.S.N.H.**

Gabriela Domínguez Vázquez  
**Departamento de botánica, Facultad de Biología, U.M.S.N.H.**

### 6.2 Dinámica del Lago

Zoltan Vekerdy  
**Water Resources Department, Faculty for Geo-Information Science and Earth Observation (ITC), University of Twente**  
vekerdy@itc.nl

Manuel E. Mendoza  
**Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental, UNAM**  
mmendoza@mail.ciga.unam.mx

Este capítulo fue desarrollado en cooperación entre la UNAM y el ITC durante el transcurso de la investigación de Maestría en Ciencias de alumnos del ITC en México.

### 6.3 Algas, Zooplancton y Macroinvertebrados

María del Rosario Ortega-Murillo  
**Facultad de Biología, U.M.S.N.H.**  
mortega@zeus.umich.mx

Reyna Alvarado-Villanueva  
**Facultad de Biología, U.M.S.N.H.**  
alvareyna@yahoo.com

Isabel Israde-Alcántara  
**Instituto de Investigaciones Metalúrgicas, Departamento de Geología y Mineralogía, U.M.S.N.H.**  
aisrade@umich.mx

Marbella Ojeda-Arredondo  
**Facultad de Biología, U.M.S.N.H.**

Juan Diego Sánchez-Heredia  
**Facultad de Biología, U.M.S.N.H.**

Gabriel Soria-Luna  
**Facultad de Biología, U.M.S.N.H.**

## ACERCA DE LOS AUTORES Y AGRADECIMIENTOS

Ivón Martínez-Sánchez  
**Facultad de Biología, U.M.S.N.H.**

Isi Yadira Pompa-López  
**Facultad de Biología, U.M.S.N.H.**

María Araceli Martínez Pantoja  
**Facultad de Biología, U.M.S.N.H.**

*Se agradece a la M.C. Tohtli Zubieta Rojas por su aportaciones al escrito.*

### 6.4 Dinámica Poblacional Bacteriana

Iris Pedraza Agustin  
**Instituto de Investigaciones Químico Biológicas, U.M.S.N.H.**  
irish\_pmx@yahoo.es

Ruth Alfaro Cuevas-Villanueva  
**Instituto de Investigaciones Químico Biológicas, U.M.S.N.H.; CIRA-Facultad de Ingeniería, Universidad Autónoma del Estado de México**  
rvalfaro@umich.mx

Rodolfo Farías Rodríguez  
**Instituto de Investigaciones Químico Biológicas, U.M.S.N.H.**  
rffarias@umich.mx

Raúl Cortés Martínez  
**Facultad de Químico Farmacobiología, U.M.S.N.H.**  
raulcortesmtz@gmail.com

Juan Manuel Sánchez Yáñez  
**Instituto de Investigaciones Químico Biológicas, U.M.S.N.H.**  
syanez@umich.mx

*Los autores agradecen el apoyo técnico del Biólogo Benjamín Villalobos Castañeda y del Biólogo Miguel Ángel Herrera Ruiz. Este trabajo fue financiado por CONACYT mediante el proyecto 12445 de Fondos Mixtos.*

### 6.5 Flora del Lago

Rodrigo Velázquez-Durán  
**Centro de Investigaciones en Ecosistemas (CIEco), UNAM**  
duran@oikos.unam.mx

### 6.6 Tendencias Espaciales de la Contaminación

- Distribución de Elementos Geogéneos al Interior del Lago,
- Elementos Contaminantes a Nivel Cuenca,
- Elementos Contaminantes al Interior del Lago

Irene Sommer Cervantes  
**Departamento de Geografía Física, Instituto de Geografía, UNAM**  
irenes@igg.unam.mx

Pilar Fernández Lomelín  
**Departamento de Geografía Física, Instituto de Geografía, UNAM**  
pilarf@igg.unam.mx

Carlos Díaz Ávalos  
**Departamento de Probabilidad y Estadística, Instituto de Investigaciones en Matemáticas Aplicadas y en Sistemas, UNAM**  
carlos@sigma.iimas.unam.mx

Claudia Ponce de León Hill  
**Unidad de Análisis Ambiental, Facultad de Ciencias, UNAM**  
caplh@fciencias.unam.mx

Verónica Becerra  
**Departamento de Geografía Física, Instituto de Geografía, UNAM**  
veronica\_regin2000@yahoo.com.mx

Silke Cram Heydrich  
**Departamento de Geografía Física, Instituto de Geografía, UNAM**  
silre@servidor.unam.mx

Catherine Mathuriau  
**Centro de Investigaciones en Ecología, UNAM - Campus Morelia**  
mathuriau@oikos.unam.mx

Isabel Israde-Alcántara  
**Instituto de Investigaciones Metalúrgicas, Departamento de Geología y Mineralogía, U.M.S.N.H.**  
aisrade@umich.mx

*A CONACYT por su apoyo en el proyecto No. MICH-2003-COI-12041  
A Isabel Israde por el suministro de muestras del núcleo de sedimentos.  
A Manuel Hernández, Hilda Rivas, Estela Carmona y Rosaura Páez por apoyar con los análisis de laboratorio.*

### 6.7 Características Socioeconómicas de las Zonas Ribereñas a. Manejo del tule

Celia Franco Gaona  
**Departamento de Geografía Física, Instituto de Geografía, UNAM**  
cfranco40@hotmail.com

Silke Cram Heydrich  
**Departamento de Geografía Física, Instituto de Geografía, UNAM**  
silre@servidor.unam.mx

Leopoldo Galicia  
**Departamento de Geografía Física, Instituto de Geografía, UNAM**  
lgalicia@igg.unam.mx

*Agradecemos a las personas de San Agustín del Pulque por permitirnos conocer el trabajo que realizan sobre el manejo y la extracción del tule, y elaboración de petates.*

## ACERCA DE LOS AUTORES Y AGRADECIMIENTOS

### b. Actividad Pesquera

Celia Franco Gaona  
**Departamento de Geografía Física, Instituto de Geografía, UNAM**  
cfranco40@hotmail.com

Silke Cram Heydrich  
**Departamento de Geografía Física, Instituto de Geografía, UNAM**  
silre@servidor.unam.mx

Leopoldo Galicia  
**Departamento de Geografía Física, Instituto de Geografía, UNAM**  
lgalicia@igg.unam.mx

*Agradecemos a los pescadores de La Presa (Municipio de Álvaro Obregón), Mariano Escobedo y San Agustín del Pulque (Municipio de Cuitzeo) por participar en los talleres sobre el manejo pesquero y hacernos partícipes de su conocimiento y experiencia. A las autoridades de estas localidades por facilitarnos las condiciones para la realización del trabajo de investigación.*

### c. Prácticas Agrícolas en Áreas Ejidales d. Prácticas Ganaderas

Celia Franco Gaona  
**Departamento de Geografía Física, Instituto de Geografía, UNAM**  
cfranco40@hotmail.com

Silke Cram Heydrich  
**Departamento de Geografía Física, Instituto de Geografía, UNAM**  
silre@servidor.unam.mx

Leopoldo Galicia  
**Departamento de Geografía Física, Instituto de Geografía, UNAM**  
lgalicia@igg.unam.mx

*Agradecemos a las personas de las localidades de Tejaro (Municipio de Tarímbaro) y Los trojes (Municipio de Álvaro Obregón) que nos brindaron información sobre el manejo agrícola y ganadero. En particular, manifestamos nuestra gratitud a Lolita Zamudio, Isabel Franco y Rufina Franco por brindarnos su apoyo y hacer grata nuestra estancia.*



Imagen: Borde de la autopista federal 15.







# ANEXOS



Fotografía: Brenda Ávila Flores

# I. Lista de Especies de Aves Registradas en la Cuenca de Cuitzeo<sup>1</sup>

Familia	Nombre científico	Nombre en español	Nombre en inglés	NOM	END	EST
1. Anatidae	1. <i>Dendrocygna autumnalis</i>	Pijije ala blanca	Black-bellied Whistling-Duck			RP
	2. <i>Dendrocygna bicolor</i>	Pijije canelo	Fulvous Whistling-Duck			RP
	3. <i>Anser albifrons</i>	Ganso careto-mayor	Greater White-fronted Goose			VI
	4. <i>Anas strepera</i>	Pato friso	Gadwall			VI
	5. <i>Anas americana</i>	Pato chalcuán	American Wigeon			VI
	6. <i>Anas platyrhynchos (diazii)</i>	Pato de collar (mexicano)	Mallard	A		RP
	7. <i>Anas discors</i>	Cerceta ala azul	Blue-winged Teal			VI
	8. <i>Anas cyanoptera</i>	Cerceta canela	Cinnamon Teal			VI
	9. <i>Anas clypeata</i>	Pato cucharón-norteño	Northern Shoveler			VI
	10. <i>Anas acuta</i>	Pato golondrino	Northern Pintail			VI
	11. <i>Anas crecca</i>	Cerceta ala verde	Green-winged Teal			VI
	12. <i>Aythya valisineria</i>	Pato coacoxtle	Canvasback			VI
	13. <i>Aythya americana</i>	Pato cabeza roja	Redhead			VI
	14. <i>Aythya collaris</i>	Pato pico anillado	Ring-necked Duck			VI
	15. <i>Aythya affinis</i>	Pato boludo-menor	Lesser Scaup			VI
	16. <i>Bucephala albeola</i>	Pato monja	Bufflehead			VI
	17. <i>Oxyura jamaicensis</i>	Pato tepalcate	Ruddy Duck			RP
2. Odontophoridae	18. <i>Colinus virginianus</i>	Codorniz cotuí	Northern Bobwhite		E	RP
3. Podicipedidae	19. <i>Tachybaptus dominicus</i>	Zambullidor menor	Least Grebe	Pr		
	20. <i>Podilymbus podiceps</i>	Zambullidor pico grueso	Pied-billed Grebe			
	21. <i>Podiceps nigricollis</i>	Zambullidor orejudo	Eared Grebe			
	22. <i>Aechmophorus occidentalis</i>	Achichilique pico amarillo	Western Grebe			RP
	23. <i>Aechmophorus clarkii</i>	Achichilique pico naranja	Clark's Grebe			RP
4. Pelecanidae	24. <i>Pelecanus erythrorhynchos</i>	Pelicano blanco	American White Pelican			VI
5. Phalacrocoracidae	25. <i>Phalacrocorax brasilianus</i>	Cormorán olivaceo	Neotropical Cormorant			RP
6. Ardeidae	26. <i>Botaurus lentiginosus</i>	Avetoro norteño	American Bittern	A		RP
	27. <i>Ixobrychus exilis</i>	Avetoro mínimo	Least Bittern			RP
	28. <i>Ardea herodias</i>	Garza morena	Great Blue Heron			VI
	29. <i>Ardea alba</i>	Garza blanca	Great Egret			RP
	30. <i>Egretta thula</i>	Garceta pie-dorado	Snowy Egret			RP

Familia	Nombre científico	Nombre en español	Nombre en inglés	NOM	END	EST
6. Ardeidae	31. <i>Egretta caerulea</i>	Garceta azul	Little Blue Heron			RP
	32. <i>Egretta tricolor</i>	Garceta tricolor	Tricolored Heron			VI
	33. <i>Bubulcus ibis</i>	Garza ganadera	Cattle Egret			RP
	34. <i>Butorides virescens</i>	Garceta verde	Green Heron			RP
	35. <i>Nycticorax nycticorax</i>	Pedrete corona negra	Black-crowned Night-Heron			RP
7. Threskiornithidae	36. <i>Plegadis chihi</i>	Ibis cara blanca	White-faced Ibis			RP
8. Cathartidae	37. <i>Coragyps atratus</i>	Zopilote común	Black Vulture			RP
	38. <i>Cathartes aura</i>	Zopilote aura	Turkey Vulture			RP
9. Accipitridae	39. <i>Pandion haliaetus</i>	Gavilán pescador	Osprey			T
	40. <i>Elanus leucurus</i>	Milano cola blanca	White-tailed Kite			RP
	41. <i>Circus cyaneus</i>	Gavilán rastrero	Northern Harrier			VI
	42. <i>Accipiter striatus</i>	Gavilán pecho rufo	Sharp-shinned Hawk	Pr		RP
	43. <i>Accipiter cooperii</i>	Gavilán de Cooper	Cooper's Hawk	Pr		VI
	44. <i>Buteo brachyurus</i>	Aguililla cola corta	Short-tailed Hawk			RP
	45. <i>Buteo albicaudatus</i>	Aguililla cola blanca	White-tailed Hawk	Pr		RP
	46. <i>Buteo jamaicensis</i>	Águila cola roja	Red-tailed Hawk			RP
10. Falconidae	47. <i>Falco sparverius</i>	Cernícalo americano	American Kestrel			RP
11. Rallidae	48. <i>Rallus elegans</i>	Rascón real	King Rail	Pr		RP
	49. <i>Rallus limicola</i>	Rascón limicola	Virginia Rail	Pr		VI
	50. <i>Porzana carolina</i>	Polluela sora	Sora			VI
	51. <i>Porphyrio martinica</i>	Gallineta morada	Purple Gallinule			RP
	52. <i>Gallinula chloropus</i>	Gallineta frente roja	Common Moorhen			RP
	53. <i>Fulica americana</i>	Gallareta americana	American Coot			RP
	12. Charadriidae	54. <i>Charadrius vociferus</i>	Chorlo tildío	Killdeer		
13. Recurvirostridae	55. <i>Himantopus mexicanus</i>	Candelerio americano	Black-necked Stilt			RP
	56. <i>Recurvirostra americana</i>	Avoceta americana	American Avocet			RP
14. Jacanidae	57. <i>Jacana spinosa</i>	Jacana ñorteña	Northern Jacana			RP
15. Scolopacidae	58. <i>Tringa melanoleuca</i>	Patamarilla mayor	Greater Yellowlegs			VI
	59. <i>Actitis macularius</i>	Playero alzacolita	Spotted Sandpiper			VI
	60. <i>Bartramia longicauda</i>	Zarapito ganga	Upland Sandpiper			T
	61. <i>Numenius americanus</i>	Zarapito pico largo	Long-billed Curlew			VI
	62. <i>Calidris minutilla</i>	Playero chichicuilote	Least Sandpiper			VI
	63. <i>Limnodromus scolopaceus</i>	Costurero pico largo	Long-billed Dowitcher			VI
	64. <i>Gallinago delicata</i>	Agachona común	Wilson's Snipe			VI
	65. <i>Phalaropus tricolor</i>	Falaropo pico largo	Wilson's Phalarope			T

<sup>1</sup> Arreglo taxonómico y nomenclatura: American Ornithologists' Union (AOU 1998) y Suplementos 42-45 (AOU 2000, 2002, 2003a y 2003b).

Nombres comunes en español: Escalante et al. 1996. Nombres comunes en inglés: American Ornithologists' Union (AOU 1998).

NOM: Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2001: A, amenazada; P, en peligro de extinción; Pr, bajo protección especial.

END: Categorías de endemismos: E, endémica; CE, cuasiendémica, SE, semiendémica.

EST: Categorías de estacionalidad: RP, residente permanente; VI, visitante invernal; T, transitorio; RV, residente de verano.

# ANEXOS

Familia	Nombre científico	Nombre en español	Nombre en inglés	NOM	END	EST
16. Laridae	66. <i>Larus delawarensis</i>	Gaviota pico anillado	Ring-billed Gull			VI
	67. <i>Sterna forsteri</i>	Charrán de Foster	Forster's Tern			VI
17. Columbidae	68. <i>Columba livia</i>	Paloma doméstica	Rock Pigeon			RP
	69. <i>Zenaida macroura</i>	Paloma huilota	Mourning Dove			RP
	70. <i>Zenaida asiatica</i>	Paloma alas blancas	White-winged Dove			RP
	71. <i>Columbina inca</i>	Tórtola cola larga	Inca Dove			RP
	72. <i>Columbina passerina</i>	Tórtola coquita	Common Ground-Dove			RP
	73. <i>Leptotila verreauxi</i>	Paloma arroyera	White-tipped Dove			RP
18. Cuculidae	74. <i>Piaya cayana</i>	Cuclillo canela	Squirrel Cuckoo			RP
	75. <i>Geococcyx velox</i>	Correcaminos tropical	Lesser Roadrunner			RP
	76. <i>Geococcyx californianus</i>	Correcaminos norteño	Greater Roadrunner			RP
	77. <i>Crotophaga sulcirostris</i>	Garrapatero pijuy	Groove-billed Ani			RP
19. Tytonidae	78. <i>Tyto alba</i>	Lechuza de campanario	Barn Owl			RP
20. Strigidae	79. <i>Otus flammeolus</i>	Tecolote ojo oscuro	Flammulated Owl		SE	RP
	80. <i>Megascops kennicottii</i>	Tecolote occidental	Western Screech-Owl			RP
	81. <i>Megascops trichopsis</i>	Tecolote rítmico	Whiskered Screech-Owl			RP
	82. <i>Bubo virginianus</i>	Búho cornudo	Great Horned Owl	A		RP
	83. <i>Glaucidium gnoma</i>	Tecolote serrano	Northern Pygmy-Owl			RP
	84. <i>Glaucidium brasilianum</i>	Tecolote bajo	Ferruginous Pygmy-Owl			RP
	85. <i>Athene cunicularia</i>	Tecolote llanero	Burrowing Owl			VI
	86. <i>Asio otus</i>	Búho cara café	Long-eared Owl			VI
	87. <i>Asio flammeus</i>	Buhó cuerno corto	Short-eared Owl	Pr		VI
88. <i>Aegolius acadicus</i>	Tecolote afilador	Northern Saw-whet Owl			RP	
21. Caprimulgidae	89. <i>Chordeiles acutipennis</i>	Chotacabras menor	Lesser Nighthawk			RP
	90. <i>Caprimulgus ridgwayi</i>	Tapacamino tu-cuchillo	Buff-collared Nightjar			RP
	91. <i>Caprimulgus arizonae</i>	Tapacamino cuerporruín	Whip-poor-will			RP
22. Apodidae	92. <i>Chaetura vauxi</i>		Vaux's Swift			T
	93. <i>Aeronautes saxatalis</i>		White-throated Swift			RP
23. Trochilidae	94. <i>Colibri thalassinus</i>	Colibrí oreja violeta	Green Violet-ear			RP
	95. <i>Cyananthus latirostris</i>	Colibrí pico ancho	Broad-billed Hummingbird		SE	RP
	96. <i>Hylocharis leucotis</i>	Zafiro oreja blanca	White-eared Hummingbird			RP
	97. <i>Amazilia beryllina</i>	Colibrí berilo	Berylline Hummingbird			RP
	98. <i>Amazilia violiceps</i>	Colibrí corona violeta	Violet-crowned Hummingbird		SE	RP

Familia	Nombre científico	Nombre en español	Nombre en inglés	NOM	END	EST
23. Trochilidae	99. <i>Lampornis amethystinus</i>	Colibrí garganta amatista	Amethyst-throated Hummingbird			RP
	100. <i>Lampornis clemenciae</i>	Colibrí garganta azul	Blue-throated Hummingbird		SE	RP
	101. <i>Eugenes fulgens</i>	Colibrí magnífico	Magnificent Hummingbird			RP
	102. <i>Calothorax lucifer</i>	Colibrí lucifer	Lucifer Hummingbird		SE	RP
	103. <i>Archilochus colubris</i>	Colibrí garganta rubí	Ruby-throated Hummingbird			T
	104. <i>Archilochus alexandri</i>	Colibrí barba negra	Black-chinned Hummingbird		SE	T
	105. <i>Stellula calliope</i>	Colibrí garganta rayada	Calliope Hummingbird		SE	T
	106. <i>Atthis heloisa</i>	Zumbador mexicano	Bumblebee Hummingbird		E	RP
	107. <i>Selasphorus platycercus</i>	Zumbador cola ancha	Broad-tailed Hummingbird		SE	RP
	108. <i>Selasphorus rufus</i>	Zumbador rufo	Rufous Hummingbird			VI
24. Trogonidae	109. <i>Trogon mexicanus</i>	Trogón mexicano	Mountain Trogon			RP
	110. <i>Trogon elegans</i>	Trogón elegante	Elegant Trogon			RP
25. Momotidae	111. <i>Momotus mexicanus</i>	Momoto corona café	Russet-crowned Motmot			RP
26. Alcedinidae	112. <i>Ceryle alcyon</i>	Martín-pescador norteño	Belted Kingfisher			VI
27. Picidae	113. <i>Melanerpes formicivorus</i>	Carpintero bellotero	Acorn Woodpecker			RP
	114. <i>Melanerpes uropygialis</i>	Carpintero del desierto	Gila Woodpecker			RP
	115. <i>Melanerpes aurifrons</i>	Carpintero cheje	Golden-fronted Woodpecker			RP
	116. <i>Sphyrapicus thyroideus</i>	Chupasavia oscuro	Williamson's Sapsucker			VI
	117. <i>Sphyrapicus varius</i>	Chupasavia maculado	Yellow-bellied Sapsucker			VI
	118. <i>Picoides scalaris</i>	Carpintero mexicano	Ladder-backed Woodpecker			RP
	119. <i>Picoides villosus</i>	Carpintero veloso-mayor	Hairy Woodpecker			RP
	120. <i>Picoides stricklandi</i>	Carpintero de Strickland	Strickland's Woodpecker	Pr	E	RP
	121. <i>Picoides arizonae</i>	Carpintero de Arizona	Arizona Woodpecker	CE		RP
	122. <i>Colaptes auratus</i>	Carpintero de pechera	Northern Flicker			RP
28. Dendrocolaptidae	123. <i>Lepidocolaptes leucogaster</i>	Trepatroncos escarchado	White-striped Woodcreeper		E	RP
29. Tyrannidae	124. <i>Camptostoma imberbe</i>	Mosquero lampiño	Northern Beardless-Tyrannulet			RP
	125. <i>Myiopagis viridicata</i>	Elenia verdosa	Greenish Elaenia			RP
	126. <i>Mitrephanes phaeocercus</i>	Mosquero copetón	Tufted Flycatcher			RP
	127. <i>Contopus cooperi</i>	Pibí boreal	Olive-sided Flycatcher			T

Familia	Nombre científico	Nombre en español	Nombre en inglés	NOM	END	EST
29. Tyrannidae	128. <i>Contopus pertinax</i>	Pibí tengo frío	Greater Pewee			RP
	129. <i>Contopus sordidulus</i>	Pibí occidental	Western Wood-Pewee			VI
	130. <i>Empidonax albigularis</i>	Mosquero garganta blanca	White-throated Flycatcher			RP
	131. <i>Empidonax minimus</i>	Mosquero mínimo	Least Flycatcher			T
	132. <i>Empidonax hammondi</i>	Mosquero de Hammond	Hammond's Flycatcher			VI
	133. <i>Empidonax wrightii</i>	Mosquero gris	Gray Flycatcher		SE	VI
	134. <i>Empidonax oberholseri</i>	Mosquero oscuro	Dusky Flycatcher		SE	VI
	135. <i>Empidonax affinis</i>	Mosquero pinero	Pine Flycatcher		CE	RP
	136. <i>Empidonax occidentalis</i>	Mosquero barranqueño	Cordilleran Flycatcher		SE	RP
	137. <i>Empidonax fulvifrons</i>	Mosquero pequeño leonado	Buff-breasted Flycatcher			RP
	138. <i>Sayornis nigricans</i>	Papamoscas negro	Black Phoebe			RP
	139. <i>Sayornis phoebe</i>	Papamoscas fibí	Eastern Phoebe			VI
	140. <i>Sayornis saya</i>	Papamoscas llanero	Say's Phoebe			RP
	141. <i>Pyrocephalus rubinus</i>	Mosquero cardenal	Vermilion Flycatcher			RP
	142. <i>Myiarchus tuberculifer</i>	Papamoscas triste	Dusky-capped Flycatcher			RP
	143. <i>Myiarchus cinerascens</i>	Papamoscas cenizo	Ash-throated Flycatcher			RV/T
	144. <i>Myiarchus nuttingi</i>	Papamoscas de Nutting	Nutting's Flycatcher			RP
	145. <i>Myiarchus tyrannulus</i>	Papamoscas tirano	Brown-crested Flycatcher			RP
	146. <i>Pitangus sulphuratus</i>	Luis bienteveo	Great Kiskadee			RP
	147. <i>Myiozetetes similis</i>	Luis gregario	Social Flycatcher			RP
148. <i>Tyrannus melancholicus</i>	Tirano tropical	Tropical Kingbird			RP	
149. <i>Tyrannus vociferans</i>	Tirano gritón	Cassin's Kingbird		SE	RP	
150. <i>Pachyramphus major</i>	Mosquero-cabezón mexicano	Gray-collared Becard	Pr		RP	
151. <i>Pachyramphus aglaiae</i>	Mosquero-cabezón degollado	Rose-throated Becard			RP	
30. Laniidae	152. <i>Lanius ludovicianus</i>	Alcaudón verdugo	Loggerhead Shrike			RP
31. Vireonidae	153. <i>Vireo bellii</i>	Vireo de Bell	Bell's Vireo			T
	154. <i>Vireo atricapillus</i>	Vireo gorra negra	Black-capped Vireo	P	SE	VI
	155. <i>Vireo nelsoni</i>	Vireo enano	Dwarf Vireo	Pr		RP
	156. <i>Vireo plumbeus</i>	Vireo plumizo	Plumbeous Vireo			RP
	157. <i>Vireo cassinii</i>	Vireo de Cassin	Cassin's Vireo		SE	VI
	158. <i>Vireo huttoni</i>	Vireo reyezuelo	Hutton's Vireo			RP
	159. <i>Vireo hypochryseus</i>	Vireo dorado	Golden Vireo			RP
	160. <i>Vireo gilvus</i>	Vireo gorjeador	Warbling Vireo			RP
	161. <i>Vireolanius melitophrys</i>	Vireón pecho castaño	Chestnut-sided Shrike-Vireo		CE	RP

Familia	Nombre científico	Nombre en español	Nombre en inglés	NOM	END	EST
32. Corvidae	162. <i>Cyanocitta stelleri</i>	Chara crestada	Steller's Jay			RP
	163. <i>Aphelocoma ultramarina</i>	Chara pecho gris	Mexican Jay			RP
	164. <i>Corvus corax</i>	Cuervo común	Common Raven			RP
33. Alaudidae	165. <i>Eremophila alpestris</i>	Alondra cornuda	Horned Lark			RP
34. Hirundinidae	166. <i>Tachycineta bicolor</i>	Golondrina bicolor	Tree Swallow			VI
	167. <i>Tachycineta thalassina</i>	Golondrina verde mar	Violet-green Swallow			RP
	168. <i>Stelgidopteryx serripennis</i>	Golondrina ala aserrada	Northern Rough-winged Swallow			RP
	169. <i>Petrochelidon pyrrhonota</i>	Golondrina risquera	Cliff Swallow			VI
170. <i>Hirundo rustica</i>	Golondrina tijereta	Barn Swallow			RP	
35. Paridae	171. <i>Poecile sclateri</i>	Carbonero mexicano	Mexican Chickadee		CE	RP
36. Aegithalidae	172. <i>Psaltriparus minimus</i>	Sastrecillo	Bushtit			RP
37. Sittidae	173. <i>Sitta carolinensis</i>	Sita pecho blanco	White-breasted Nuthatch			RP
	174. <i>Sitta pygmaea</i>	Sita enana	Pygmy Nuthatch			RP
38. Certhiidae	175. <i>Certhia americana</i>	Trepador americano	Brown Creeper			RP
39. Troglodytidae	176. <i>Campylorhynchus megalopterus</i>	Matraca barrada	Gray-barred Wren		E	RP
	177. <i>Campylorhynchus gularis</i>	Matraca serrana	Spotted Wren		E	RP
	178. <i>Campylorhynchus brunneicapillus</i>	Matraca del desierto	Cactus Wren			RP
	179. <i>Catherpes mexicanus</i>	Chivirín barranqueño	Canyon Wren			RP
	180. <i>Salpinctes obsoletus</i>	Chivirín saltaroca	Rock Wren			RP
	181. <i>Thryothorus felix</i>	Chivirín feliz	Happy Wren		E	RP
	182. <i>Thryomanes bewickii</i>	Chivirín cola oscura	Bewick's Wren			RP
	183. <i>Troglodytes aedon</i>	Chivirín saltapared	House Wren		CE	RP/VI
	184. <i>Cistothorus platensis</i>	Chivirín sabanero	Sedge Wren			RP
	185. <i>Cistothorus palustris</i>	Chivirín vientre blanco	Marsh Wren		CE	VI
	186. <i>Henricorhina leucophrys</i>	Saltapared selvático	Gray-breasted Wood-Wren			RP
40. Regulidae	187. <i>Regulus satrapa</i>	Reyezuelo de oro	Golden-crowned Kinglet			RP
	188. <i>Regulus calendula</i>	Reyezuelo de rojo	Ruby-crowned Kinglet			VI
41. Sylviidae	189. <i>Poliophtila caerulea</i>	Perlita azulgris	Blue-gray Gnatcatcher			VI
42. Turdidae	190. <i>Sialia sialis</i>	Azulejo garganta canela	Eastern Bluebird			RP
	191. <i>Sialia mexicana</i>	Azulejo garganta azul	Western Bluebird			RP
	192. <i>Myadestes occidentalis</i>	Clarín jilguero	Brown-backed Solitaire	Pr		RP
	193. <i>Catharus aurantirostris</i>	Zorzal pico naranja	Orange-billed Nightingale-Thrush			RP
	194. <i>Catharus occidentalis</i>	Zorzal mexicano	Russet Nightingale-Thrush		E	RP

Familia	Nombre científico	Nombre en español	Nombre en inglés	NOM	END	EST
42. Turdidae	195. <i>Catharus frantzii</i>	Zorzal de Frantzius	Ruddy-capped Nightingale-Thrush	A		RP
	196. <i>Catharus ustulatus</i>	Zorzal de Swainson	Swainson's Thrush			T
	197. <i>Catharus guttatus</i>	Zorzal cola rufa	Hermit Thrush			VI
	198. <i>Turdus assimilis</i>	Mirlo garganta blanca	White-throated Robin			RP
	199. <i>Turdus rufopalliatu</i>	Mirlo dorso rufo	Rufous-backed Robin		CE	RP
	200. <i>Turdus migratorius</i>	Mirlo primavera	American Robin			RP
	201. <i>Ridgwayia pinicola</i>	Mirlo pinto	Aztec Thrush	Pr	E	RP
	43. Mimidae	202. <i>Mimus polyglottos</i>	Cenzontle norteño	Northern Mockingbird		
203. <i>Toxostoma curvirostre</i>		Cuitlacoche pico curvo	Curve-billed Thrasher			RP
204. <i>Melanotis caerulescens</i>		Mulato azul	Blue Mockingbird		E	RP
44. Motacillidae	205. <i>Anthus rubescens</i>	Bisbita de agua	American Pipit			VI
45. Bombycillidae	206. <i>Bombycilla cedrorum</i>	Ampelis chinito	Cedar Waxwing			VI
46. Ptilonotidae	207. <i>Ptilonotus cinereus</i>	Capulinerio gris	Gray Silky-flycatcher		CE	RP
47. Peucedramidae	208. <i>Peucedramus taeniatus</i>	Ocotero enmascarado	Olive Warbler			RP
48. Parulidae	209. <i>Vermivora celata</i>	Chipe corona naranja	Orange-crowned Warbler			VI
	210. <i>Vermivora ruficapilla</i>	Chipe de coronilla	Nashville Warbler			VI
	211. <i>Vermivora virginiae</i>	Chipe de Virginia	Virginia's Warbler		SE	VI
	212. <i>Vermivora crissalis</i>	Chipe crisal	Colima Warbler		SE	VI
	213. <i>Parula superciliosa</i>	Parula ceja blanca	Crescent-chested Warbler			RP
	214. <i>Dendroica petechia</i>	Chipe amarillo	Yellow Warbler			RV
	215. <i>Dendroica coronata</i>	Chipe coronado	Yellow-rumped Warbler			VI
	216. <i>Dendroica nigrescens</i>	Chipe negro-gris	Black-throated Gray Warbler		SE	VI
	217. <i>Dendroica townsendi</i>	Chipe negroamarillo	Townsend's Warbler			VI
	218. <i>Dendroica occidentalis</i>	Chipe cabeza amarilla	Hermit Warbler			VI
	219. <i>Dendroica graciae</i>	Chipe ceja amarilla	Grace's Warbler			RP
	220. <i>Mniotilta varia</i>	Chipe trepador	Black-and-white Warbler			VI
	221. <i>Setophaga ruticilla</i>	Chipe flameante	American Redstart			T
	222. <i>Helmitheros vermivorum</i>	Chipe gusanero	Worm-eating Warbler			T
	223. <i>Seiurus aurocapilla</i>	Chipe suelero	Ovenbird			VI
	224. <i>Seiurus noveboracensis</i>	Chipe charquero	Northern Waterthrush			VI
225. <i>Seiurus motacilla</i>	Chipe arroyero	Louisiana Waterthrush			VI	
226. <i>Oporornis tolmiei</i>	Chipe de Tolmie	MacGillivray's Warbler			VI	

Familia	Nombre científico	Nombre en español	Nombre en inglés	NOM	END	EST	
48. Parulidae	227. <i>Geothlypis trichas</i>	Mascarita común	Common Yellowthroat			RP	
	228. <i>Geothlypis speciosa</i>	Mascarita transvolcánica	Black-polled Yellowthroat	P/	E	RP	
	229. <i>Geothlypis poliocephala</i>	Mascarita pico grueso	Gray-crowned Yellowthroat			RP	
	230. <i>Wilsonia pusilla</i>	Chipe corona negra	Wilson's Warbler			VI	
	231. <i>Cardellina rubrifrons</i>	Chipe cara roja	Red-faced Warbler		SE	VI	
	232. <i>Ergaticus ruber</i>	Chipe rojo	Red Warbler		E	RP	
	233. <i>Myioborus pictus</i>	Chipe ala blanca	Painted Redstart			RP	
	234. <i>Myioborus miniatus</i>	Chipe de montaña	Slate-throated Redstart			RP	
	235. <i>Basileuterus rufifrons</i>	Chipe gorra rufa	Rufous-capped Warbler			RP	
	236. <i>Basileuterus belli</i>	Chipe ceja dorada	Golden-browed Warbler			RP	
	237. <i>Icteria virens</i>	Buscabrefia	Yellow-breasted Chat			RP	
	49. Thraupidae	238. <i>Piranga flava</i>	Tángara encinera	Hepatic Tanager			RP
		239. <i>Piranga rubra</i>	Tángara roja	Summer Tanager			VI
		240. <i>Piranga ludoviciana</i>	Tángara capucha roja	Western Tanager			VI
241. <i>Piranga bidentata</i>		Tángara dorso rayado	Flame-colored Tanager			RP	
242. <i>Piranga erythrocephala</i>		Tángara cabeza roja	Red-headed Tanager		E	RP	
50. Emberizidae	243. <i>Volatinia jacarina</i>	Semillero brincador	Blue-black Grassquit			RP	
	244. <i>Sporophila torqueola</i>	Semillero de collar	White-collared Seedeater			RP	
	245. <i>Diglossa baritula</i>	Picaflor canela	Cinnamon-bellied Flowerpiercer			RP	
	246. <i>Atlapetes pileatus</i>	Atlapetes gorra rufa	Rufous-capped Brush-Finch		E	RP	
	247. <i>Buarremon virenticeps</i>	Atlapetes rayas verdes	Green-striped Brush-Finch		E	RP	
	248. <i>Melospiza kieneri</i>	Rascador nuca rufa	Rusty-crowned Ground-Sparrow		E	RP	
	249. <i>Pipilo chlorurus</i>	Toquí cola verde	Green-tailed Towhee			RP	
	250. <i>Pipilo maculatus</i>	Toquí pinto	Spotted Towhee			RP	
	251. <i>Pipilo fuscus</i>	Toquí pardo	Canyon Towhee			RP	
	252. <i>Aimophila ruficauda</i>	Zacatonero corona rayada	Stripe-headed Sparrow			RP	
	253. <i>Aimophila cassinii</i>	Zacatonero de Cassini	Cassin's Sparrow			VI	
	254. <i>Aimophila botterii</i>	Zacatonero de Botteri	Botteri's Sparrow			RP	
	255. <i>Aimophila ruficeps</i>	Zacatonero corona rufa	Rufous-crowned Sparrow			RP	
	256. <i>Aimophila rufescens</i>	Zacatonero rojizo	Rusty Sparrow			RP	
	257. <i>Oriturus superciliosus</i>	Zacatonero rayado	Striped Sparrow		E	RP	
	258. <i>Spizella passerina</i>	Gorrión ceja blanca	Chipping Sparrow			RP	

Familia	Nombre científico	Nombre en español	Nombre en inglés	NOM	END	EST
50. Emberizidae	259. <i>Spizella pallida</i>	Gorrión pálido	Clay-colored Sparrow		SE	VI
	260. <i>Spizella breweri</i>	Gorrión de Brewer	Brewer's Sparrow			VI
	261. <i>Spizella atrogularis</i>	Gorrión barba negra	Black-chinned Sparrow			RP
	262. <i>Poocetes gramineus</i>	Gorrión cola blanca	Vesper Sparrow			VI
	263. <i>Chondestes grammacus</i>	Gorrión arlequín	Lark Sparrow			VI
	264. <i>Passerculus sandwichensis</i>	Gorrión sabanero	Savannah Sparrow			RP
	265. <i>Ammodramus savannarum</i>	Gorrión chapulín	Grasshopper Sparrow			VI
	266. <i>Melospiza melodia</i>	Gorrión cantor	Song Sparrow			RP
	267. <i>Melospiza lincolni</i>	Gorrión de Lincoln	Lincoln's Sparrow			VI
	268. <i>Junco phaeonotus</i>	Junco ojo de lumbre	Yellow-eyed Junco		CE	RP
51. Cardinalidae	269. <i>Cardinalis sinuatus</i>	Cardenal pardo	Pyrrhuloxia			RP
	270. <i>Pheucticus ludovicianus</i>	Picogordo pecho rosa	Rose-breasted Grosbeak			T
	271. <i>Pheucticus melanocephalus</i>	Picogordo tigrillo	Black-headed Grosbeak		SE	RP
	272. <i>Passerina caerulea</i>	Picogordo azul	Blue Grosbeak			RP
	273. <i>Passerina cyanea</i>	Colorín azul	Indigo Bunting			VI
	274. <i>Passerina versicolor</i>	Colorín morado	Varied Bunting		SE	RP
275. <i>Passerina ciris</i>	Colorín sietecolores	Painted Bunting			T	
52. Icteridae	276. <i>Agelaius phoeniceus</i>	Tordo sargento	Red-winged Blackbird			RP
	277. <i>Sturnella magna</i>	Pradero tortilla-conchile	Eastern Meadowlark			RP

Familia	Nombre científico	Nombre en español	Nombre en inglés	NOM	END	EST
52. Icteridae	278. <i>Xanthocephalus xanthocephalus</i>	Tordo cabeza amarilla	Yellow-headed Blackbird			VI
	279. <i>Euphagus cyanocephalus</i>	Tordo ojo amarillo	Brewer's Blackbird			VI
	280. <i>Quiscalus mexicanus</i>	Zanate mexicano	Great-tailed Grackle			RP
	281. <i>Molothrus aeneus</i>	Tordo ojo rojo	Bronzed Cowbird			RP
	282. <i>Molothrus ater</i>	Tordo cabeza café	Brown-headed Cowbird			RP
	283. <i>Icterus wagleri</i>	Bolsero de Wagler	Black-vented Oriole			RP
	284. <i>Icterus spurius</i>	Bolsero castaño	Orchard Oriole			RV
	285. <i>Icterus cucullatus</i>	Bolsero encapuchado	Hooded Oriole		SE	VI
	286. <i>Icterus pustulatus</i>	Bolsero dorso rayado	Streak-backed Oriole			RP
	287. <i>Icterus bullockii</i>	Bolsero calandria	Bullock's Oriole			RP
	288. <i>Icterus parisorum</i>	Bolsero tunero	Scott's Oriole		SE	RP
	53. Fringillidae	289. <i>Euphonia elegantissima</i>	Eufonia capucha azul	Elegant Euphonia		
290. <i>Carpodacus mexicanus</i>		Pinzón mexicano	House Finch			RP
291. <i>Loxia curvirostra</i>		Picotuerto rojo	Red Crossbill			RP
292. <i>Carduelis pinus</i>		Jilguero pinero	Pine Siskin			RP
293. <i>Carduelis notata</i>		Jilguero encapuchado	Black-headed Siskin			RP
294. <i>Carduelis psaltria</i>		Jilguero dominico	Lesser Goldfinch			RP
54. Passeridae	295. <i>Coccothraustes abeillei</i>	Picogrueso encapuchado	Hooded Grosbeak		CE	RP
	296. <i>Passer domesticus</i>	Gorrión casero	House Sparrow			RP

## II. Aves de la Cuenca del Lago de Cuitzeo

Núm.	Nombre científico	Nombre común	Autor fotos
1	<i>Accipiter striatus</i>	Gavilán pecho rufo	Laura E. Villaseñor G.
2	<i>Aimophila ruficauda</i>	Zacatonero corona rayada	Jorge E. Schondube
3	<i>Aimophila ruficeps</i>	Zacatonero corona rufa	Ian MacGregor-Fors
4	<i>Atlapetes pileatus</i>	Atlapetes gorra rufa	Jorge E. Schondube
5	<i>Attila spadiceus</i>	Atila	Jorge E. Schondube
6	<i>Basileuterus belli</i>	Chipe ceja dorada	Ian MacGregor-Fors
7	<i>Basileuterus rufifrons</i>	Chipe gorra rufa	Laura E. Villaseñor G.
8	<i>Campylorhynchus gularis</i>	Matraca serrana	Ian MacGregor-Fors
9	<i>Ptilogonys cinereus</i>	Capulínero gris	Laura E. Villaseñor G.
10	<i>Carduelis psaltria</i>	Jilguero dominico	Jorge E. Schondube
11	<i>Carpodacus mexicanus</i>	Pinzón mexicano	Javier Quesada Lara
12	<i>Catharus occidentalis</i>	Zorzal mexicano	Ian MacGregor-Fors
13	<i>Catharus guttatus</i>	Zorzal cola rufa	Laura E. Villaseñor G.
14	<i>Catherpes mexicanus</i>	Chivirín barranqueño	Jorge E. Schondube
15	<i>Chondestes grammacus</i>	Gorrión arlequín	Ian MacGregor-Fors
16	<i>Columba livia</i>	Paloma doméstica	Ian MacGregor-Fors
17	<i>Columbina inca</i>	Tórtola cola larga	Jorge E. Schondube
18	<i>Coragyps atratus</i>	Zopilote común	Ian MacGregor-Fors
19	<i>Cyananthus latirostris</i>	Colibrí pico ancho	Jorge E. Schondube
20	<i>Dendroica coronata</i>	Chipe coronado	Ian MacGregor-Fors
21	<i>Dendroica nigrescens</i>	Chipe negro-gris	Javier Quesada Lara
22	<i>Dendroica occidentalis</i>	Chipe cabeza-amarilla	Ian MacGregor-Fors
23	<i>Dendroica petechia</i>	Chipe amarillo	Jorge E. Schondube
24	<i>Diglossa baritula</i>	Picaflor canelo	Jorge E. Schondube
25	<i>Ergaticus ruber</i>	Chipe rojo	Javier Quesada Lara
26	<i>Eugenes fulgens</i>	Colibrí magnífico	Laura E. Villaseñor G.
27	<i>Geothlypis poliocephala</i>	Mascarita pico grueso	Jorge E. Schondube
28	<i>Glaucidium brasilianum</i>	Tecolote bajeño	Jorge E. Schondube
29	<i>Hylocharis leucotis</i>	Zafiro oreja blanca	Jorge E. Schondube
30	<i>Icteria virens</i>	Buscabreña	Jorge E. Schondube
31	<i>Icterus abeillei</i>	Bolsero calandria	Javier Quesada Lara
32	<i>Icterus bullockii</i>	Bolsero de Bullock	Ian MacGregor-Fors
33	<i>Icterus pustulatus</i>	Bolsero dorso rayado	Jorge E. Schondube
34	<i>Icterus wagleri</i>	Bolsero de Wagler	Laura E. Villaseñor G.

Núm.	Nombre científico	Nombre común	Autor fotos
35	<i>Junco phaeonotus</i>	Junco ojo de lumbre	Jorge E. Schondube
36	<i>Lepidocolaptes leucogaster</i>	Trepatroncos escarchado	Laura E. Villaseñor G.
37	<i>Leptotila verreauxi</i>	Paloma arroyera	Jorge E. Schondube
38	<i>Melanerpes formicivorus</i>	Carpintero bellotero	Laura E. Villaseñor G.
39	<i>Mniotilta varia</i>	Chipe trepador	Ian MacGregor-Fors
40	<i>Molothrus aeneus</i>	Tordo ojo rojo	Jorge E. Schondube
41	<i>Myadestes occidentalis</i>	Clarín jilguero	Ian MacGregor-Fors
42	<i>Myiarchus tyrannulus</i>	Papamoscas tirano	Jorge E. Schondube
43	<i>Myiarchus tuberculifer</i>	Papamoscas triste	Laura E. Villaseñor G.
44	<i>Myioborus miniatus</i>	Chipe de montaña	Laura E. Villaseñor G.
45	<i>Pachyrhamphus aglaiae</i>	Mosquero-cabezón degollado	Carlos A. Chávez Zichinelli
46	<i>Parula superciliosa</i>	Parula ceja blanca	Laura E. Villaseñor G.
47	<i>Passer domesticus</i>	Gorrión casero	Ian MacGregor-Fors
48	<i>Pheucticus melanocephalus</i>	Picogordo tigrillo	Laura E. Villaseñor G.
49	<i>Picoides scalaris</i>	Carpintero mexicano	Ian MacGregor-Fors
50	<i>Pipilo fuscus</i>	Toquí pardo	Ian MacGregor-Fors
51	<i>Pipilo maculatus</i>	Toquí manchado	Laura E. Villaseñor G.
52	<i>Piranga bidentata</i>	Tángara dorso rayado	Laura E. Villaseñor G.
53	<i>Pitangus sulphuratus</i>	Luis bienteveo	Javier Quesada Lara
54	<i>Pyrocephalus rubinus</i>	Mosquero cardenal	Ian MacGregor-Fors
55	<i>Seiurus aurocapillus</i>	Chipe suelero	Jorge E. Schondube
56	<i>Spizella passerina</i>	Gorrión ceja blanca	Ian MacGregor-Fors
57	<i>Sporophila torqueola</i>	Semillero de collar	Jorge E. Schondube
58	<i>Thryothorus felix</i>	Chivirín feliz	Jorge E. Schondube
59	<i>Toxostoma curvirostre</i>	Cuitlacoche pico curvo	Jorge E. Schondube
60	<i>Trogon elegans</i>	Trogón elegante	Carlos A. Chávez Zichinelli
61	<i>Vermivora celata</i>	Chipe corona anaranjada	Javier Quesada Lara
62	<i>Vireo gilvus</i>	Vireo gorjeador	Javier Quesada Lara e Ian MacGregor-Fors
63	<i>Vireo huttoni</i>	Vireo reyezuelo	Laura E. Villaseñor G.
64	<i>Volatinia jacarina</i>	Semillero brincador	Jorge E. Schondube
65	<i>Wilsonia pusilla</i>	Chipe corona negra	Ian MacGregor-Fors





1. *Accipiter striatus* - Gavilán pecho rufo



2. *Aimophila ruficauda* - Zacatonero corona rayada



3. *Aimophila ruficeps* - Zacatonero corona rufa



4. *Atlapetes pileatus* - Atlapetes gorra rufa



5. *Attila spadiceus* - Atila



6. *Basileuterus belli* - Chipe ceja dorada



7. *Basileuterus rufifrons* - Chipe gorra rufa



8. *Campylorhynchus gularis* - Matraca serrana



9. *Ptilogonys cinereus* - Capulinerio gris

ANEXOS



10. *Carduelis psaltria* - Jilguero dominico



11. *Carpodacus mexicanus* - Pinzón mexicano



12. *Catharus occidentalis* - Zorzal mexicano



13. *Catharus guttatus* - Zorzal cola rufa



14. *Catherpes mexicanus* - Chivirín barranqueño



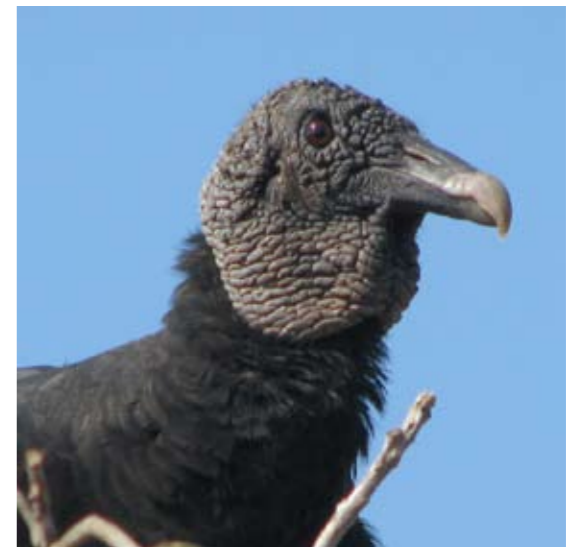
15. *Chondestes grammacus* - Gorrión arlequín



16. *Columba livia* - Paloma doméstica



17. *Columbina inca* - Tórtola cola larga



18. *Coragyps atratus* - Zopilote común



19. *Cynanthus latirostris* - Colibrí pico ancho



20. *Dendroica coronata* - Chipe coronado



21. *Dendroica nigrescens* - Chipe negro-gris



22. *Dendroica occidentalis* - Chipe cabeza-amarilla



23. *Dendroica petechia* - Chipe amarillo



24. *Diglossa baritula* - Picaflor canelo



25. *Ergaticus ruber* - Chipe rojo



26. *Eugenes fulgens* - Colibrí magnífico

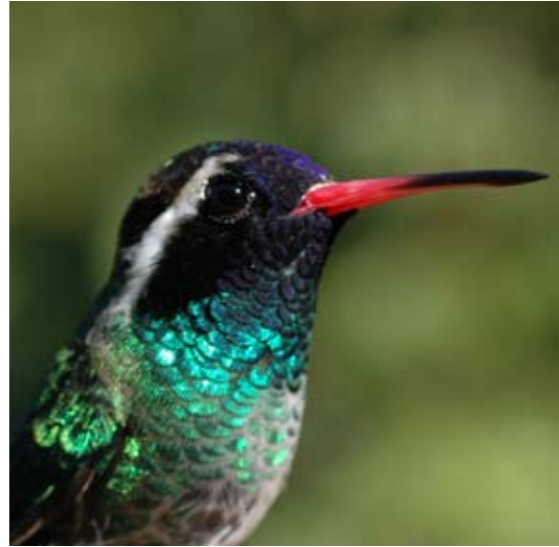


27. *Geothlypis poliocephala* - Mascarita pico grueso

ANEXOS



28. *Glaucidium brasilianum* - Tecolote bajoño



29. *Hylocharis leucotis* - Zafiro oreja blanca



30. *Icteria virens* - Buscabreña



31. *Icterus abeillei* - Bolsero calandria



32. *Icterus bullockii* - Bolsero de Bullock



33. *Icterus pustulatus* - Bolsero dorso rayado



34. *Icterus wagleri* - Bolsero de Wagler



35. *Junco phaeonotus* - Junco ojo de lumbre



36. *Lepidocolaptes leucogaster* - Trepatroncos escarchado



37. *Leptotila verreauxi* - Paloma arroyera



38. *Melanerpes formicivorus* - Carpintero bellotero



39. *Mniotilta varia* - Chipe trepador



40. *Molothrus aeneus* - Tordo ojo rojo



41. *Myadestes occidentalis*- Clarín jilguero



42. *Myiarchus tyrannulus* - Papamoscas tirano



43. *Myiarchus tuberculifer* - Papamoscas triste



44. *Myioborus miniatus* - Chipe de montaña



45. *Pachyramphus aglaiae* - Mosquero-cabezón degollado



46. *Parula superciliosa* - Parula ceja blanca



47. *Passer domesticus* - Gorrión casero



48. *Pheucticus melanocephalus* - Picogordo tigrillo



49. *Picoides scalaris* - Carpintero mexicano



52. *Piranga bidentata* - Tángara dorso rayado



50. *Pipilo fuscus* - Toquí pardo



51. *Pipilo maculatus* - Toquí manchado



53. *Pitangus sulphuratus* - Luis bienteveo



54. *Pyrocephalus rubinus* - Mosquero cardenal



55. *Seiurus aurocapillus* - Chipe suelero



56. *Spizella passerina* - Gorrión ceja blanca



57. *Sporophila torqueola* - Semillero de collar



58. *Thryothorus felix* - Chivirín feliz



59. *Toxostoma curvirostre* - Cuitlacoche pico curvo



60. *Trogon elegans* - Trogón elegante



61. *Vermivora celata* - Chipe corona anaranjada



62. *Vireo gilvus* - Vireo gorjeador



63. *Vireo huttoni* - Vireo reyezuelo



64. *Volatinia jacarina* - Semillero brincador



65. *Wilsonia pusilla* - Chipe corona negra



*Atlas de la Cuenca del Lago de Cuitzeo: Análisis de su Geografía y Entorno Socioambiental*

Se terminó de imprimir el 15 de diciembre de 2010, en  
“Grupo Publicitario Pau, Diseño, Impresión, Papelería y Publicidad”.  
Calle Francisco Enciso Rivera No. 147 Col. Ejército de Agua Prieta C.P. 09578  
México, D.F., Teléfono (55) 57454956

El tiraje consta de 500 ejemplares impresos en offset sobre papel couché de 115 gramos para interiores y cartulina sulfatada de 12 puntos para forros.

Edición realizada a cargo del Instituto de Geografía de la Universidad Nacional Autónoma de México.  
Revisión, corrección de estilo y cuidado de la impresión: Brenda Ávila Flores.  
Fotografía de portada: Zoltan Vekerdy.

# ATLAS DE LA CUENCA DEL LAGO DE CUITZEO: ANÁLISIS DE SU GEOGRAFÍA Y ENTORNO SOCIOAMBIENTAL



MEDIO FÍSICO



BIODIVERSIDAD



SOCIOECONOMÍA



INFRAESTRUCTURA



AGUA



EL LAGO